AFD
AGENCE FRANÇAISE
DE DÉVELOPPEMENT

MINISTÈRE DE L'AGRICULTURE,
DES RESSOURCES HYDRAULIQUES
ET DE LA PÊCHE

Direction Générale du Génie Rural et
de l'Exploitation des Eaux

Adapt'Action

Elaboration du Plan Directeur National de Réutilisation des Eaux Usées Traitées en Tunisie - WATER REUSE 2050

Phase 2 – Prospective de la filière à l'horizon 2050

25 avril 2022



LIVRABLE n°2 – Version 4.0 – Edition finale
[marché n° AFD/DCP-2017-060 I CZZ2|52-MS-2018-03]

BRL Ingénierie
CERTIFIED ISO 9001:2015

Baastel
30 Years Promoting Sustainable Development

ONF International

	**BRL ingénierie** **1105 Av Pierre Mendès-France BP 94001** **30001 NIMES CEDEX 5** **FRANCE**	***En charge de la réalisation de la présente étude***
	Groupe-conseil baastel sprl Boulevard Adolphe Max, 55 1000 Bruxelles BELGIQUE	*Membre du groupement ayant répondu à l'appel d'offre. N'intervient pas techniquement sur le projet.*
	ONF International 5 Avenue de la Belle Gabrielle 75012 Paris FRANCE	*Membre du groupement ayant répondu à l'appel d'offre. N'intervient pas techniquement sur le projet.*

Date de création du document	
Contact	**Sébastien Chazot** Sebastien.chazot@brl.fr

Titre du document	Elaboration du Plan Directeur National de réutilisation des eaux usées traitées en Tunisie Phase 2 – Analyse prospective
Référence du document	A00437

Date émission	Indice	Observation	Dressé par	Vérifié et Validé par
06/08/2021	1.1		Equipe projet	S Chazot
20/12/2021	2.1	Prise en compte remarques sur V1.1	Equipe projet	S Chazot
04/03/2022	3.1	Prise en compte remarques sur V2.1	Equipe projet	S Chazot
25/04/2022	4.0	Prise en compte remarques sur V3.1	Equipe projet	S Chazot

Cette opération d'assistance technique est financée par l'Agence Française de Développement (AFD) dans le cadre de la Facilité Adapt'Action. Cette Facilité, démarrée en mai 2017, appuie les pays africains, les PMA et les PEID dans la mise en œuvre de leurs engagements pris dans le cadre de l'Accord de Paris sur le Climat, par le financement d'études, d'activités de renforcement des capacités et d'assistance technique, dans le secteur de l'adaptation en particulier.

Les auteurs assument l'entière responsabilité du contenu du présent document. Les opinions exprimées ne reflètent pas nécessairement celle de l'AFD ni de ses partenaires.

ELABORATION DU PLAN DIRECTEUR NATIONAL DE REUTILISATION DES EAUX USEES TRAITEES EN TUNISIE

Phase 2 – Analyse prospective - Version définitive

PREAMBULE 3

RESUME 5

PARTIE A. METHODOLOGIE ADOPTEE POUR L'ANALYSE PROSPECTIVE DE LA REUT 37

1. OBJECTIFS DE L'ANALYSE PROSPECTIVE ET GRANDS PRINCIPES METHODOLOGIQUES 37

2. APPROCHE RETENUE POUR L'ELABORATION DES SCENARIOS DE DEVELOPPEMENT DE LA REUT A L'ECHELLE REGIONALE 40

2.1 Découpage géographique retenu pour l'approche prospective 40

2.2 Etude de marché des EUT 41

2.2.1 Evaluation de l'offre en EUT et mise en perspective avec le bilan hydrique régional 41

2.2.2 Identification de la demande potentielle en EUT 42

2.2.3 Identification des impacts environnementaux actuels des rejets d'eaux usées 42

2.2.4 Inventaire des valorisations potentielles des EUT adaptées aux contextes territoriaux 43

2.3 Elaboration des scénarios régionaux de développement de la REUT 44

2.3.1 Formulation des scénarios 44

2.3.2 Traduction locale des scénarios 44

2.3.3 Description technique des scénarios 45

2.3.4 Comparaison des scénarios 46

2.4 Approche participative aux niveaux régional et local 48
2.4.1 Réunions et entretiens régionaux 48
2.4.2 Enquêtes auprès des usagers potentiels 49
2.4.3 Ateliers de concertation régionaux 49
2.5 Synthèse des étapes de l'approche prospective développée à l'échelle régionale 50

PARTIE B. PROSPECTIVE ET REFLEXIONS STRATEGIQUES AU NIVEAU NATIONAL 52

3. EVOLUTION POSSIBLE DES FLUX D'EUT EN TUNISIE AUX HORIZONS 2025, 2030, 2040 ET 2050..... 52
3.1 Méthodologie pour la quantification des flux d'EUT 52
3.1.1 Approche méthodologique globale 52
3.1.2 Prospective démographique 54
3.1.3 Flux domestique 55
3.1.4 Part du collectif 56
3.1.5 Flux industriel 57
3.1.6 Flux touristique 58
3.2 Des flux d'EUT qui vont plus que doubler d'ici 2050, évoluant de 300 Mm^3 à près de 640 Mm^3 60
3.2.1 Evolution globale du flux d'EUT à l'échelle nationale et régionale 60
3.2.2 Localisation des flux d'EUT 62
3.2.3 Variabilité du flux d'EUT en fonction des hypothèses d'évolution démographique et de consommation unitaire en eau potable 65

4. QUEL EST LE MIX DE RESSOURCES EN EAU DANS LEQUEL S'INSERERONT POTENTIELLEMENT LES EUT ? QUEL ROLE PEUVENT-ELLES JOUER POUR ADAPTER LE PAYS AUX EVOLUTIONS CLIMATIQUES ET SOCIO-ECONOMIQUES ? 67
4.1 Un potentiel significatif de substitution des eaux conventionnelles par les EUT 67
4.2 Des EUT qui pourraient représenter jusqu'à ¼ des ressources en eau du pays en 2050 lors des années sèches 69
4.3 Une ressource inégalement répartie en fonction des régions 69

5. GAMME DES OPTIONS TECHNOLOGIQUES APPLICABLES A COURT ET MOYEN TERME POUR DISPOSER DE RESSOURCES EN EAU ISSUES DES EUT EN PHASE AVEC LES USAGES..... 72

5.1 Quels niveaux d'exigence en termes de qualité ? 72
5.2 Description des options technologiques possibles pour relever les défis 73
5.2.1 Importance du traitement primaire et secondaire 73
5.2.2 Les traitements complémentaires en lien avec la REUT 74
5.2.3 Autres facteurs qualitatifs à considérer pour la REUT et ne pouvant être facilement résolus par un traitement complémentaire 79
5.2.4 Conclusion 86
5.3 Les contraintes énergétiques associées 87
5.3.1 Le lien entre REUT et énergie 87
5.3.2 Pistes opérationnelles de réduction de la consommation énergétique 92
5.3.3 Solutions de récupération d'énergie intégrée au traitement de l'eau 98
5.3.4 Est-il possible d'utiliser de l'énergie solaire pour le petit cycle de l'eau ? Et plus spécifiquement pour la REUT ? 101
5.4 En pratique, quels scénarios de traitement à court moyen/terme pour la REUT en Tunisie ? 103
5.4.1 Les ambitions de l'ONAS 103
5.4.2 Quels scénarios de traitement complémentaire pour quels usages ? 104
5.4.3 Quels coûts d'investissement et d'exploitation pour atteindre les performances de traitement en Tunisie ? 108
5.4.4 Recommandations 114
5.5 Quelles solutions possibles pour les STEP de faible capacité en milieu rural ? 116
6. QUELLES EVOLUTIONS TECHNOLOGIQUES SONT POSSIBLES A PLUS LONG TERME POUR L'ASSAINISSEMENT ET LA REUT ?..... 118
6.1 Les innovations possibles dans le domaine en lien avec l'énergie 118
6.2 Changements de paradigmes possibles pour l'assainissement du futur 122
6.2.1 Séparation à la source 122
6.2.2 Le recyclage 125
6.3 Les nouveaux questionnements appliquées au territoire tunisien 126
7. PROPOSITIONS CONCERNANT LES ASPECTS REGLEMENTAIRES..... 128
7.1 Des normes et réglementations de plus en plus strictes au niveau international 128
7.2 Une réglementation à compléter pour cadrer la REUT en Tunisie 132
7.3 Propositions pour un nouveau référentiel réglementaire 135
7.3.1 Proposition de niveaux de qualité pour la REUT en Tunisie 136
7.3.2 L'approche multi-barrières pour élargir les conditions de REUT 137
7.3.3 Pour garantir la gestion maîtrisée des risques : une mise en œuvre de la réglementation par étape et l'application d'un contrôle indépendant 139
7.3.4 Des outils réglementaires visant à dynamiser la filière REUT 142

8. PROPOSITIONS CONCERNANT LES ASPECTS INSTITUTIONNELS 143

8.1 Considérations générales 143
8.1.1 La réorganisation globale du mode de gouvernance en Tunisie est à prendre en compte dans la formulation des recommandations. 143
8.1.2 Le projet de code des eaux prévoit un certain nombre de dispositions relatives à la REUT 143
8.1.3 Une approche « ressources » est à favoriser, à la place de l'approche « usages » actuelle 144
8.1.4 Pérennité et opérationnalité de la commission nationale (CNREUT) et des commissions régionales (CRREUT) sont nécessaires 144
8.1.5 La sensibilisation doit être renforcée 145

8.2 Recommandations pour les différentes étapes de la filière 146
8.2.1 Réflexion stratégique : le plan directeur national doit être décliné à une échelle inférieure 147
8.2.2 Portage de la filière : la structure porteuse doit avoir les compétences, les moyens humains et matériels pour gérer l'ensemble des problématiques du secteur 147
8.2.3 Emergence des projets : le rôle essentiel de l'animation territoriale 148
8.2.4 Autorisation des projets : le rôle du gouvernorat à renforcer 149
8.2.5 Mise en œuvre et vie des projets : il est important d'engager tous les acteurs concernés par le projet 150
8.2.6 Contrôle : des autocontrôles à favoriser 152
8.2.7 Système d'information : l'importance de rendre publiques les données de qualité de l'eau pour gagner la confiance des usagers 153
8.2.8 Synthèse des recommandations 153

9. PROPOSITIONS CONCERNANT LES ASPECTS ECONOMIQUES..... 158

9.1 Tour d'horizon des stratégies de financement de la REUT 158
9.1.1 Objectifs d'une politique tarifaire 158
9.1.2 Principe de tarification pour l'EUT 159
9.1.3 Retours d'expérience 160

9.2 Les questions stratégiques pour la Tunisie 163

9.3 Résultats de l'atelier national 164
9.3.1 Sondage 1 : Quel niveau de tarification des EUT en fonction des usages ? 164
9.3.2 Sondage 2 : Comment financer la différence entre le tarif et le coût complet des EUT ? 167

9.4 Feuille de route pour la phase 3 168

PARTIE C. REFLEXIONS STRATEGIQUES AU NIVEAU REGIONAL..... 170

10. ETUDE PROSPECTIVE DE LA REUT POUR LA ZONE DU CAP BON 170

10.1 Offre potentielle en EUT au Cap Bon d'ici 2050. Comment cette offre s'inscrit dans le mix de ressources en eau global de la région ? 170
10.1.1 Une augmentation conséquente des flux d'EUT de 25 à 45 Mm^3 d'ici 2050 170
10.1.2 Une offre en EUT qui pourrait réduire le déficit hydrique régional de 20 à 30 % 175
10.2 Contexte socio-économique au Cap Bon et ses perspectives d'évolution d'ici 2050 en lien avec la REUT. Quelle acceptabilité sociale pour la REUT auprès des usagers potentiels ? 181
10.2.1 Une REUT agricole souhaitée par les agriculteurs pour sauver leurs cultures intensives menacées par la dégradation des ressources souterraines 181
10.2.2 Un secteur industriel actif aux consommations d'eau concentrées à Soliman et Grombalia 186
10.2.3 Des zones touristiques d'importance nationale regroupées au niveau de Nabeul et Hammamet 187
10.2.4 Des besoins en eau municipaux qui nécessiteront des ressources alternatives pour améliorer le cadre de vie 187
10.2.5 Des nappes phréatiques littorales menacées, un contexte hydrogéologique favorable à la recharge artificielle 188
10.3 Impacts actuels des rejets d'eaux usées sur l'environnement et les activités socio-économiques au Cap Bon 191
10.3.1 Des milieux de rejets des STEP sensibles au niveau du littoral 191
10.3.2 Des communes rurales pas encore raccordées au réseau collectif d'assainissement 192
10.3.3 Des pollutions visibles liées aux rejets d'industries agro-alimentaires et d'usines textiles 192
10.4 Valorisations possibles des EUT en fonction des différents contextes territoriaux du Cap Bon 194
10.4.1 Sous-zone 1 : Plaine de Grombalia 194
10.4.2 Sous-zone 2 : Région de Nabeul-Hammamet 196
10.4.3 Sous-zone 3 : Littoral oriental de Korba à Tazerka 198
10.4.4 Sous-zone 4 : Littoral oriental de Menzel Horr à Kelibia 200
10.4.5 Sous-zone 5 : plaine d'El Haouria 201
10.4.6 Sous-zone 6 : Cap Bon occidental 202
10.4.7 Synthèse des valorisations possibles des EUT par sous zones 203
10.5 Quels sont les scénarios possibles et cohérents pour valoriser les EUT du Cap Bon ? 204
10.5.1 Formulation des scénarios prospectifs proposés 204
10.5.2 Traduction locale à l'échelle des sous zones des scénarios 206
10.5.3 Description technique des scénarios et part de réutilisation des EUT produites en fonction des usages et des horizons temporels 209
10.5.4 Comparaison des scénarios proposés 212
10.5.5 Conclusion sur la situation du Cap Bon et les opportunités de développement de la REUT 217

11. ETUDE PROSPECTIVE DE LA REUT POUR LA ZONE SAHEL - SFAX... 218

11.1 Offre potentielle en EUT dans la zone Sahel - Sfax d'ici 2050. Comment cette offre s'inscrit dans le mix de ressources en eau global de la région ? 218
11.1.1 Une augmentation conséquente des flux d'EUT d'environ 75 à 170 Mm^3 d'ici 2050 218
11.1.2 Une offre en EUT qui pourrait combler le déficit hydrique régional tout en réduisant la dépendance aux ressources des autres régions 228

11.2 Contexte socio-économique de la zone Sahel - Sfax et ses perspectives d'évolution d'ici 2050 en lien avec la REUT. Quelle acceptabilité sociale pour la REUT auprès des usagers potentiels ? 234
11.2.1 Une agriculture irriguée et intensive sur le littoral, une agriculture extensive et pluviale dans les zones intérieures : dans les 2 cas, des agriculteurs à la recherche de ressources en eau alternatives 234
11.2.2 Des pôles industriels d'importance nationale à Sousse, Monastir et Sfax 239
11.2.3 Un secteur touristique très important, avec 40% de la capacité hôtelière du pays, concentré sur le littoral de Sousse, Monastir et Mahdia 240
11.2.4 Une volonté d'extension des espaces verts municipaux 241
11.2.5 Un contexte hydrogéologique peu favorable à la recharge de nappe 241

11.3 Impacts actuels des rejets d'eaux usées sur l'environnement et les activités socio-économiques dans la zone Sahel-Sfax 246
11.3.1 Des rejets de STEP qui impactent les activités touristiques du littoral 246
11.3.2 Des volumes conséquents d'effluents industriels rejetés dans des sebkhas 247

11.4 Valorisations possibles des EUT en fonction des différents contextes territoriaux de la zone Sahel - Sfax 249
11.4.1 Sous-zone 1 : Nord de Sousse 250
11.4.2 Sous-zone 2 : Complexe littoral Sousse Monastir 251
11.4.3 Sous-zone 3 : Littoral de Mahdia 253
11.4.4 Sous-zone 4 : intérieure de Mahdia 254
11.4.5 Sous-zone 5 : Pôle urbain de Sfax 255
11.4.6 Sous-zone 6 : Zone rurale de Sfax 257
11.4.7 Synthèse des valorisations possibles des EUT par sous zones 258

11.5 Quels sont les scénarios possibles et cohérents pour valoriser les EUT de la zone Sahel-Sfax ? 260
11.5.1 Formulation des scénarios prospectifs proposés 260
11.5.2 Traduction locale à l'échelle des sous zones des scénarios 262
11.5.3 Description technique des scénarios et part de réutilisation des EUT produites en fonction des usages et des horizons temporels 265
11.5.4 Comparaison des scénarios proposés 268
11.5.5 Conclusion sur la situation de la zone Sahel - Sfax et les opportunités de développement de la REUT 273

12. ETUDE PROSPECTIVE DE LA REUT POUR LA ZONE GRAND TUNIS - ZAGHOUAN 275

12.1 Offre potentielle en EUT dans la zone Grand Tunis -Zaghouan d'ici 2050. Comment cette offre s'inscrit dans le mix de ressources en eau global de la région ? 275
12.1.1 Une production d'EUT abondante à hauteur de près de 120 Mm^3 et en forte augmentation, jusqu'à plus de 240 Mm^3 d'ici 2050 275
12.1.2 Une offre en EUT qui permettrait de réduire la dépendance de la région aux transferts des Eaux du Nord 281
12.2 Contexte socio-économique de la zone Grand Tunis-Zaghouan et ses perspectives d'évolution d'ici 2050 en lien avec la REUT. Quelle acceptabilité sociale pour la REUT auprès des usagers potentiels ? 287
12.2.1 Des agriculteurs intéressés pour exploiter les EUT afin de préserver une agriculture périurbaine menacée 287
12.2.2 Un pôle industriel incontournable d'importance nationale 292
12.2.3 Un secteur touristique concentré au Nord de Tunis 293
12.2.4 Des parcs urbains qui cherchent à se développer 294
12.2.5 Un potentiel de recharge de nappe réduit sauf pour la nappe de Mornag 294
12.3 Impacts actuels des rejets d'eaux usées sur l'environnement et les activités socio-économiques au Grand Tunis et Zaghouan 298
12.3.1 Le Golfe de Tunis fortement impacté par les rejets des STEP urbaines 298
12.3.2 Des flux d'eaux usées industrielles et domestiques non traitées sources de pollutions pour les oueds et les sebkhas 298
12.4 Valorisations possibles des EUT en fonction des différents contextes territoriaux du Grand Tunis et de Zaghouan 301
12.4.1 Sous-zones en capacité d'absorber leurs flux d'EUT 303
12.4.2 Sous zones émettrices nettes de flux d'EUT 308
12.4.3 Synthèse des valorisations possibles des EUT par sous zones 313
12.5 Quels sont les scénarios possibles et cohérents pour valoriser les EUT du Grand Tunis et de Zaghouan ? 315
12.5.1 Formulation des scénarios prospectifs proposés 315
12.5.2 Traduction locale à l'échelle des sous zones des scénarios 317
12.5.3 Description technique des scénarios et part de réutilisation des EUT produites en fonction des usages et des horizons temporels 320
12.5.4 Comparaison des scénarios proposés 324
12.5.5 Conclusion sur la situation du Grand Tunis et de Zaghouan et les opportunités de développement de la REUT 330

13. ETUDE PROSPECTIVE DE LA REUT POUR LA ZONE DU GRAND SUD 332

13.1 Offre potentielle en EUT dans le Grand Sud d'ici 2050. Comment cette offre s'inscrit dans le mix de ressources en eau global de la région ? 332
13.1.1 Un développement important du parc épuratoire, qui pourrait faire passer les flux d'EUT de 35 Mm^3 à près de 100 Mm^3 d'ici 2050 332
13.1.2 Une offre en EUT qui pourrait réduire le déficit hydrique régional d'environ 15% 339

13.2 Contexte socio-économique au Grand Sud et ses perspectives d'évolution d'ici 2050 en lien avec la REUT. Quelle acceptabilité sociale pour la REUT auprès des usagers potentiels ? 345
13.2.1 Des agriculteurs sans autres ressources en eau motivés pour irriguer avec les EUT 345
13.2.2 Le secteur des phosphates, principal consommateur d'eau au niveau industriel 348
13.2.3 Un secteur touristique, concentré autour du pôle balnéaire de Djerba et de Zarzis, qui cherche à se diversifier 349
13.2.4 Des expérimentations en cours pour réutiliser les EUT en milieu urbain 350
13.2.5 Un potentiel de recharge faible face aux déficits existants des nappes phréatiques les plus surexploitées 350
13.3 Impacts actuels des rejets d'eaux usées sur l'environnement et les activités socio-économiques au Grand Sud 354
13.3.1 Des milieux de rejets sensibles 354
13.3.2 Des zones rurales intérieures avec peu d'infrastructures d'assainissement collectif 355
13.3.3 Des rejets de l'industrie du phosphate sources de pollution hydrique 355
13.4 Valorisations possibles des EUT en fonction des différents contextes territoriaux du Grand Sud 357
13.4.1 Sous-zone 1 : Gouvernorat de Gafsa 357
13.4.2 Sous-zone 2 : Gouvernorat de Tozeur 359
13.4.3 Sous-zone 3 : Gouvernorat de Kebili 361
13.4.4 Sous-zone 4 : Littoral de Gabes 362
13.4.5 Sous-zone 5 : Zone intérieure de Gabes 364
13.4.6 Sous-zone 6 : Ile de Djerba et Zarzis 365
13.4.7 Sous-zone 7 : Medenine 366
13.4.8 Sous-zone 8 : Gouvernorat de Tataouine 368
13.4.9 Synthèse des valorisations possibles des EUT par sous zones 369
13.5 Quels sont les scénarios possibles et cohérents pour valoriser les EUT de la zone du Grand Sud ? 370
13.5.1 Formulation des scénarios prospectifs proposés 370
13.5.2 Traduction locale à l'échelle des sous-zones des scénarios 371
13.5.3 Description technique des scénarios et part de réutilisation des EUT produites en fonction des usages et des horizons temporels 374
13.5.4 Comparaison des scénarios proposés 376
13.5.5 Conclusion sur la situation du Grand Sud et les opportunités de développement de la REUT 380
14. ETUDE PROSPECTIVE DE LA REUT POUR LA ZONE DU CENTRE 381
14.1 Offre potentielle en EUT dans le Centre d'ici 2050. Comment cette offre s'inscrit dans le mix de ressources en eau global de la région ? 381
14.1.1 Une production d'EUT de 15 Mm^3 à plus de 30 Mm^3 d'ici 2050 381
14.1.2 Une offre en EUT qui pourrait réduire le déficit hydrique régional de près de 10 % 385
14.2 Contexte socio-économique de la zone Centre et ses perspectives d'évolution d'ici 2050. Quelle acceptabilité sociale pour la REUT auprès des usagers potentiels ? 391

14.2.1 Des niveaux d'acceptabilité de la REUT divers chez les agriculteurs, en fonction de l'accessibilité des ressources conventionnelles et des craintes liées à la qualité 391
14.2.2 Un secteur industriel régional à la marge 396
14.2.3 Un potentiel touristique non développé 396
14.2.4 Des besoins municipaux en eau réduits 397
14.2.5 Un potentiel de recharge faible face aux déficits existants des nappes phréatiques les plus surexploitées 397

14.3 Impacts actuels des rejets d'eaux usées sur l'environnement et les activités socio-économiques dans la zone du Centre 402
14.3.1 Des milieux de rejets continentaux mais vulnérables 402
14.3.2 Des petites localités encore impactées par des rejets d'eaux usées non traitées 403
14.3.3 Quelques rejets industriels non raccordés au réseau avec un fort impact négatif local 403

14.4 Valorisations possibles des EUT en fonction des différents contextes territoriaux du Centre 405
14.4.1 Sous zone 1 : Villes de Kairouan et Sbikha 405
14.4.2 Sous zone 2 : Zone rurale de Kairouan 406
14.4.3 Sous zone 3 : Gouvernorat de Kasserine 407
14.4.4 Sous zone 4 : Gouvernorat de Sidi Bouzid 408
14.4.5 Synthèse des valorisations possibles des EUT par sous zones 410

14.5 Conclusion sur la situation de la zone du Centre et les opportunités de développement de la REUT 411
14.5.1 Une production faible d'EUT, disséminée sur un vaste territoire qui ne permettra pas d'avoir un impact conséquent sur le déficit hydrique régional 411
14.5.2 Des EUT encore perçues comme une source de pollution plutôt qu'une ressource potentielle 411
14.5.3 Des EUT à gérer localement en fonction des opportunités à saisir à proximité des STEP 411

15. ETUDE PROSPECTIVE DE LA REUT POUR LA ZONE DU NORD-OUEST 413

15.1 Offre potentielle en EUT dans le Nord-Ouest d'ici 2050. Comment cette offre s'inscrit dans le mix de ressources en eau global de la région ? 413
15.1.1 Une production d'EUT de 30 Mm^3 aujourd'hui à plus de 50 Mm^3 d'ici 2050 413
15.1.2 Un bilan hydrique régional excédentaire et bien supérieur à l'offre en EUT 419

15.2 Contexte socio-économique au Nord-Ouest et ses perspectives d'évolution d'ici 2050 en lien avec la REUT. Quelle acceptabilité sociale pour la REUT auprès des usagers potentiels ? 425
15.2.1 Des réticences à développer l'agriculture irriguée avec les EUT liées à la disponibilité des eaux conventionnelles et à la qualité des EUT 425
15.2.2 Un secteur industriel réparti sur les 5 gouvernorats, avec un pôle majeur à Bizerte 429
15.2.3 Un secteur touristique axé sur le littoral qui cherche à se diversifier 430

15.2.4 Un potentiel faible de réutilisation pour des usages urbains 431
15.2.5 Quelques possibilités de recharge de nappes avec les EUT, localisées au Kef et à Bizerte 431
15.3 Impacts actuels des rejets d'eaux usées sur l'environnement et les activités socio-économiques dans la zone du Nord-Ouest 435
15.3.1 De nombreuses sources de pollution dans les cours d'eau de la Medjerdah qui expliquent les craintes sur la qualité des EUT 435
15.3.2 Des rejets dans les lagunes littorales à surveiller 435
15.4 Valorisations possibles des EUT en fonction des différents contextes territoriaux du Nord-Ouest 437
15.4.1 Sous zone 1 : Pôle urbain de Bizerte et Menzel Bourguiba 437
15.4.2 Sous zone 2 : Beja et Ouest de Bizerte 439
15.4.3 Sous zone 3 : Littoral de Tabarka à Nefza 440
15.4.4 Sous zone 4 : Jendouba 441
15.4.5 Sous zone 5 : Gouvernorat du Kef 442
15.4.6 Sous zone 6 : Gouvernorat de Siliana 443
15.4.7 Synthèse des valorisations possibles des EUT par sous zones 445
15.5 Conclusion sur la situation de la zone du Nord-Ouest et les opportunités de développement de la REUT 445
15.5.1 Le développement local de la REUT, une action qui restera marginale dans la gestion l'eau à l'échelle de la région 445
15.5.2 Des EUT à gérer localement en fonction des opportunités à saisir à proximité des STEP 446

PARTIE D. ELEMENTS D'AIDE A LA DECISION POUR DES GRANDES ORIENTATIONS NATIONALES OU REGIONALES EN MATIERE DE REUT 447

16. ANALYSES COUTS BENEFICES 447
16.1 ACB n°1 : Emissaire en mer vs Transfert : Est-il intéressant de transférer des EUT à x km du littoral pour irriguer des oliveraies actuellement non irriguées ? 451
16.2 ACB 2 : EUT vs Ressource conventionnelle - Est-il intéressant de remplacer une ressource conventionnelle par des EUT sur un périmètre irrigue existant ? 458
16.2.1 ACB n°2A : Cas d'un territoire en forte tension hydrique qui envisage de mettre en place du dessalement pour son alimentation en eau potable 458
16.2.2 ACB n°2B : Cas d'un territoire en moindre tension où le dessalement n'est pas forcément envisagé à ce stade 470

17. ELEMENTS DE CONCLUSION 475
17.1 Messages clés 475

17.2 Lignes directrices pour répondre aux objectifs formulés lors du diagnostic de la phase 1 483
17.3 Les futurs possibles et souhaitables de la REUT en Tunisie 486

BIBLIOGRAPHIE 489

ANNEXES 493

Annexe 1 : Justification du découpage retenu pour l'étude 495
Annexe 2 : Détails sur les options technologiques de traitement 502
Annexe 3 : Présentation des éléments de benchmark du cadre institutionnel 526
Annexe 4 : Hypothèses retenues pour l'établissement des scénarios régionaux 534
Annexe 5 : Volumes d'EUT substitués aux eaux conventionnelles par régions, usages et scénarios 537
Annexe 6 : Hypothèses retenues pour les ACB 539
Annexe 7 : Articles prospectifs sur la filière REUT 545

TABLE DES ILLUSTRATIONS

LISTE DES FIGURES

Figure 1 : Etapes méthodologiques pour l'approche régionale de l'analyse prospective....13
Figure 2 : Schéma des objectifs territoriraux possibles auxquels peut répondre la REUT 38
Figure 3 : Triptyque prospectif « Anticipation – Appropriation – Action » tel que proposé par M. GODET 39
Figure 4 : Zonage retenu pour l'approche prospective 41
Figure 5 : Schéma méthodologique des étapes de l'analyse propsecitve et participative à différentes échelles géographiques 51
Figure 6 : Schéma des étapes méthdologiques mises en œuvre pour calculer les flux domestiques à l'horizon 2050 53
Figure 7 : Schéma des étapes méthdologiques mises en œuvre pour calculer les flux touristiques à l'horizon 2050 53
Figure 8 : Schéma des étapes méthdologiques mises en œuvre pour calculer les flux industriels à l'horizon 2050 54
Figure 9 : Projections de la population communale jusqu'en 2050 par régions de l'étude – données INS et calculs BRLi 55
Figure 10 : Flux domestique d'EUT en Mm3/an (sans prise en compte des activités collectives) par régions aux différents horizons temporels 56
Figure 11 : Flux d'EUT en Mm3/an liés aux activités collectives par régions aux différents horizons temporels 57
Figure 12 : Flux industriel d'EUT en Mm3/an par régions aux différents horizons temporels 58
Figure 13 : Flux touristique d'EUT en Mm^3/an par régions aux différents horizons temporels selon 2 hypothèses de taux d'occupation des zones touristiques....59
Figure 14 : Evolution historique et projetée du flux total d'EUT en Tunisie de 1980 à 2050....60
Figure 15 : Evolution historique et projetée des flux domestiques, industriels et touristiques des EUT de 1975 à 2050 61
Figure 16 : Evolution du flux total d'EUT avec la part produite par des STEP existantes en 2020 et celle produite par des STEP programmées....61
Figure 17 : Parc des STEP en 2018 63
Figure 18 : Evolution possible du parc des STEP dentre 2018 et 2050....64
Figure 19 : Variation des flux d'EUT projetés en fonction de différentes hypothèses d'évolution de la croissance démographique 65
Figure 20 : Variation des flux d'EUT projetés en fonction de différentes hypothèses d'évolution de la consommation unitaire en eau potable 66
Figure 21 : Carte de comparaison des potentiels d'EUT avec les prélèvements en eau actuels par usages et par régions 68
Figure 22 : Part des EUT dans le mix des ressources en eau au niveau national en 2020 et 2050 en année moyenne et sèche selon plusieurs hypothèses de changement climatique 69
Figure 23 : Carte de comparaison des potentiels d'EUT avec les ressources en eau par région....71
Figure 24 : Positionnement des procédés de filtration en fonction du diamètre des pores membranaires et des molécules à retenir....75
Figure 25 : Exemples de filtres sur tamis....75
Figure 26 : Schéma d'un filtre à sable 76
Figure 27 : Exemple d'une filtration membranaire dans des modules spécifiques 76
Figure 28 : Schéma de fonctionnement d'une filtration membranaire....77
Figure 29: Consommation énergétique en fonction du type de procédé de traitement en Tunisie 87
Figure 30 : Consommations relatives par sous-postes au sein du poste Eau à l'échelle annuelle (8 cas étudiés) (prétraitement et traitement secondaire) 88
Figure 31 : Consommations relatives par sous-poste au sein du traitement tertiaire 89
Figure 32 : Dépenses énergétiques liées à la REUT à l'échelle du petit cycle de l'eau....91
Figure 33 : Utilisation créative des eaux usées chez Carbery Milk Products, Cork, Irlande 96
Figure 34 : Possibilité d'installations de turbinage des eaux usées (Bousquet, 2015)....99
Figure 35 : Quelle surface d'installation photovoltaïque pour un projet de REUT ?....102
Figure 36 : Coût global du traitement tertiaire pour différents scénarios technologiques (cas où on se situe à l'aval d'un traitement secondaire par boues activées) 111

Figure 37 : Coût global du traitement tertiaire pour différents scénarios technologiques (cas où on se situe à l'aval d'un traitement secondaire par lagunage)....112
Figure 38 : Décomposition du coût global du traitement tertiaire pour différents scénarios technologiques (Distinction des postes investissement+renouvellement / Energie / Autres frais de fonctionnement) – Cas des STEP de taille comprise entre 10 000 et 80 000 eq.hab....113
Figure 39 : Calcul théorique de la surface en olivier et arboriculture irrigable à partir d'une STEP rurale, avec et sans stockage....117
Figure 40 : Les EUT ressources de matières et d'énergie (Roche, 2019)....118
Figure 41 : Possibilités de récupération de la chaleur des eaux usées (Azam & Horsin Molinaro, 2017)....119
Figure 42 : Représentation du contenu des eaux usées rejetées par une personne (LISBP, s.d.)....122
Figure 43 : Flux d'azote rejeté au passage de la station d'épuration (LISBP, s.d.)....124
Figure 44: Approches réglementaires pour la REUT à travers le monde....129
Figure 45: Schéma de l'approche barrière pour l'usage agricole....137
Figure 46 :Les différents niveaux d'engagement selon le type de processus participatif....146
Figure 47 : Nombre de cas selon les considérations prises en compte pour établir la politique tarifaire de la REUT aux Etats-Unis (AWWA, 2019)....160
Figure 48 : Coût de la REUT (hors transport) par rapport au coût actuel de l'assainissement....163
Figure 49 : Les différents niveaux de tarification possibles....165
Figure 50 : Résultats du sondage 1 : quel niveau de tarification en fonction des usages ?....166
Figure 51 : Résultats du sondage 2 : comment financer la différence entre le tarif et le coût complet des EUT ?....167
Figure 52 : Part des EUT dans le mix de ressources en eau (haut) et dans le déficit (bas) à l'échelle du Cap Bon....180
Figure 53 : Zone Cap Bon : Carte agricole – Carte 1 : Vigne et arboriculture, périmètres irrigués (en rouge)....182
Figure 54 : Zone Cap Bon, Carte agricole – Carte 2 : Céréales (en jaune) et fourrages (en violet), périmètres irrigués (en rouge)....183
Figure 55 : Zone Cap Bon, Carte agricole – Carte 3 : maraîchage et périmètres irrigués (en rouge)....184
Figure 56 : Niveaux d'acceptabilité des agriculteurs à exploiter les EUT en fonction des sous zones du Cap Bon....186
Figure 57 : Panneau d'interdiction à la baignade au niveau du rejet de la STEP SE4 et vision de la plage impactée par le rejet....191
Figure 58 : Découpage de la région du Cap Bon en sous zones d'étude....194
Figure 59 : Synthèse des valorisations des EUT possibles par sous zones du Cap Bon....203
Figure 60 : Principales composates considérées pour la construction des scénarios du Cap Bon....206
Figure 61 : Valorisations des EUT proposées pour chacun des 3 scénarios (cartographie)....208
Figure 62 : Part des EUT dans le mix de ressources en eau (haut) et das le déficit (bas) à l'échelle du Sahel et de Sfax....233
Figure 63 : Zone Sahel - Sfax : Carte agricole – Carte 1 : Vigne et arboriculture, périmètres irrigués (en rouge) 235
Figure 64 : Zone Sahel – Sfax : Carte agricole – Carte 2 Céréales (en jaune) et fourrages (en violet), périmètres irrigués (en rouge)....236
Figure 65 : Zone Sahel – Sfax : Carte agricole – Carte 3 : Maraîchage et périmètres irrigués (en rouge)....237
Figure 66 : Niveaux d'acceptabilité des agriculteurs à exploiter les EUT en fonction des sous zones du Sahel et Sfax....239
Figure 67 : Emissaire en mer rejettant les EUT de la STEP EL Frina dans la baie de Monastir et zone de pêche à proximité....246
Figure 68 : Rejet de la STEP de Sayada Lamta et dégradation du littoral de la baie de Monastir....247
Figure 69 : Découpage de la région du Sahel et Sfax en sous zones d'étude....249
Figure 70 : Synthèse des valorisations des EUT possibles par sous zones du Sahel et Sfax....259
Figure 71 : Principales composantes considérées pour la construction des scénarios....262
Figure 72 : Valorisations des EUT proposées pour chacun des 3 scénarios du Sahel et de Sfax (cartographie) 264
Figure 73 : Part des EUT dans le mix de ressources en eau (haut) et das le déficit (bas) à l'échelle du Grand Tunis et de Zaghouan....286
Figure 74 : Zone Tunis – Zaghouan : Carte agricole – Carte 1 : Vigne et arboriculture, périmètres irrigués (en rouge)....288
Figure 75 : Zone Grand Tunis et Zaghouan : Carte agricole – Carte 2 : céréales (en jaune) et fourrages (en violet), périmètres irrigués (en rouge)....289
Figure 76 : Zone Grand Tunis et Zaghouan : Carte agricole – Carte 1 : Maraîchage et périmètres irrigués (en rouge)....290
Figure 77 : Niveaux d'acceptabilité des agriculteurs à exploiter les EUT en fonction des sous zones du Grand Tunis et Zaghouan....292
Figure 78 : Découpage de la région du Grand Tunis et Zaghouan en sous zones d'étude....302
Figure 79 : Synthèse des valorisations des EUT possibles pour les 5 sous zones de la zone Grand Tunis - Zaghouan....313
Figure 80 : Schéma des possibilités des valorisations des EUT pour les principales STEP du Grand Tunis....314

Figure 81 : Principales composantes considérées pour la construction des scénarios pour le Grand Tunis et Zaghouan....317
Figure 82 : Valorisations des EUT proposées pour chacun des 4 scénarios sur la zone Grand Tunis - Zaghouan (cartographie)....319
Figure 83 : Part des EUT dans le mix de ressources en eau (haut) et dans le déficit (bas) à l'échelle du Grand Sud....344
Figure 84 : Zone Grand Sud : Carte agricole – Arboriculture et périmètres irrigués (en rouge) 346
Figure 85 : Niveaux d'acceptabilité des agriculteurs pour exploiter les EUT en fonction des sous zones du Grand Sud....347
Figure 86 : Rejet de la STEP de Medenine dans l'Oued Smar....354
Figure 87 : Découpage de la région du Grand Sud en sous zones d'étude 357
Figure 88 : Synthèse des valorisations des EUT possibles par sous zones du Grand Sud....369
Figure 89 : Principales composantes considérées pour la construction des scénarios 371
Figure 90 : Valorisations des EUT proposées pour chacun des 3 scénarios (cartographie) 373
Figure 91 : Part des EUT dans le mix de ressources en eau (haut) et dans le déficit (bas) à l'échelle du Centre 390
Figure 92 : Zone Centre : Carte agricole – Carte 1 : Arboriculture et périmètres irrigués (en rouge) 392
Figure 93 : Zone Centre : Carte agricole – Carte 2 : Céréales (en jaune) et fourrages (en violet), périmètres irrigués (en rouge)....393
Figure 94 : Zone Centre : Carte agricole – Carte 3 : Maraîchage et périmètres irrigués (en rouge)....394
Figure 95 : Niveaux d'acceptabilité des agriculteurs à exploiter les EUT en fonction des sous zones du Centre 396
Figure 96 : Stagnation des EUT et infiltration dans la nappe au niveau du rejet de la STEP de Hajeb El Ayoun (gouvernorat de Kairouan) 402
Figure 97 : Découpage de la région du Centre en sous zones d'étude....405
Figure 98 : Synthèse des valorisations des EUT possibles par sous zones du Centre 410
Figure 99 : Part des EUT dans le mix de ressources en eau (haut) et dans le déficit (bas) à l'échelle du Nord Ouest 424
Figure 100 : Zone Nord Ouest : Carte agricole – Carte 1 : arboriculture et périmètres irrigués (en rouge) 426
Figure 101 : Zone Nord Ouest : Carte agricole – Carte 2 : Céréales (en jaune) et fourrages (en violet), périmètres irrigués (en rouge)....427
Figure 102 : Niveaux d'acceptabilité des agriculteurs à exploiter les EUT en fonction des sous zones du Nord Ouest 429
Figure 103 : Synthèse des valorisations des EUT possibles par sous zones du Nord Ouest....445
Figure 104 : Localisation des pôles épuratoire des EUT d'importance nationale et régional....482
Figure 105 : Schéma de principe de l'électrodyalyse 523
Figure 106 : Exemple d'installations d'électrodyalyse 524

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1 : Traitement complémentaire conseillé pour les principaux usages des EUT, avec les coûts et consommations énergétiques associés pour une STEP de capacité moyenne (entre 10 000 et 80 000 EH)....9
Tableau 2 : Synthèse de l'étude de marché et formulation des scénarios pour la région du Cap Bon....16
Tableau 3 : Elements pour comparer les scénarios de la zone Cap Bon 17
Tableau 4 : Synthèse de l'étude de marché et formulation des scénarios pour la région Sahel - Sfax 20
Tableau 5 : Elements pour comparer les scénarios pour le Sahel et Sfax 21
Tableau 6 : Synthèse de l'étude de marché et formulation des scénarios pour la région du Grand Tunis et Zaghouan....23
Tableau 7 : Elements de comparaions des scénarios pour la zone Tunis - Zaghouan....24
Tableau 8 : Synthèse de l'étude de marché et formulation des scénarios pour la région du Grand Sud....26
Tableau 9 : Elements de comparaions des scénarios pour la zone Grand Sud 27
Tableau 10 : Zonage retenu pour l'approche prospective 40
Tableau 11 : Rappel synthétique des niveaux de traitment possibles en fonction des usages 45
Tableau 12 : Description des différents niveaux d'ambition en fonction des contraintes liées aux valorisations des EUT....47
Tableau 13 : Liste des réunions régionales conduites en Phase 2 en amont de la phase d'enquête....48
Tableau 14 : Liste des réunions de travail conduites avec l'ONAS en Phase 2 48
Tableau 15 : Nombre d'enquêtes réalisées par régions et par usagers potentiels des EUT 49
Tableau 16 : Liste des ateliers de concertation régionaux réalisés 50
Tableau 17 : Projections nationales de l'INS de la population tunisienne (INS, 2015) 54
Tableau 18 : Flux d'EUT total produits par régions et aux différents horizons temporels de l'étude 62
Tableau 19 : Impact du traitement secondaire sur les paramètres microbiologiques 74
Tableau 20 : Tableau de classification des membranes....77

Tableau 21 : Tableau comparatif des différentes techniques de filtration 77
Tableau 22 : Tableau comparatif des différentes techniques de désinfection 78
Tableau 23 : Volumes d'EUT produits en fonction de la salinité des EUT en sortie de STEP (ONAS, 2017) 81
Tableau 24 : Liste des STEP industrielle programmées par l'ONAS (ONAS, 2020) 85
Tableau 25 : Part de la consommation en énergie du traitement III dans la consommation énergétique totale de la file Eau d'une STEP 89
Tableau 26 : Approche de la consommation énergétique selon les procédés de traitement en France (Roche, 2019) 94
Tableau 27 : Résumé des enjeux liés à chaque usage et exemples de filières de traitement tertiaire associées 105
Tableau 28 : Matrice Usages potentiels x Scénarios de traitement III 107
Tableau 29 : Base des hypothèses concernant le coût de renouvellement 108
Tableau 30 : Tableau des scénarios de traitement – nutriments, énergie, coûts et appréciation de l'applicabilité 110
Tableau 31 : Traitement complémentaire conseillé pour les principaux usages des EUT, avec les coûts et consommations énergétiques associés pour une STEP de capacité moyenne (entre 10 000 et 80 000 EH) 115
Tableau 32 : Liste des STEP rurales existantes et projetées par l'ONAS (ONAS, 2020) 116
Tableau 33: Caractérisation de la qualité microbiologique en fonction des pays (Condom, Lefebvre, & Vandome, 2012) 128
Tableau 34: Réglementation existante, en fonction des usages, à l'échelle du bassin méditerranéen (Condom, Lefebvre, & Vandome, 2012) 129
Tableau 35: Normes internationales pour la REUT en application ou en préparation 131
Tableau 36: Avantages et inconvénients des approches réglementaires 135
Tableau 37 :Exigences minimales issues de la norme ISO 16075 136
Tableau 38: Liste des mesures barrières inscrites dans la norme ISO 16075 138
Tableau 39 :Evolution de la réglementation en fonction de la projection possible de l'applicabilité de la REUT aux usages 141
Tableau 40 :Options envisageables pour le pilotage de la REUT en Tunisie 148
Tableau 41: Propositions faites concernant le cadre institutionnel de la REUT en Tunisie 154
Tableau 42 : Système tarifaire de la REUT pour les cas étudiés dans le cadre de l'enquête AWWA, 2019, Etats-Unis 161
Tableau 43 : Synthèse des remarques des participants 166
Tableau 44 : Exemple de typologie d'usage et de structuration des coûts (BRLi) 169
Tableau 45 : Liste des STEP existantes et projetées au Cap Bon et flux d'EUT aux différents horizons temporels (calculs BRLi) 173
Tableau 46 : Salinité des eaux en sortie des STEP du Cap Bon pour l'année 2017 (ONAS, 2017) 174
Tableau 47 : STEP rurales existantes et projetées au Cap Bon (ONAS, 2018) 174
Tableau 48 : Industries non raccordées au réseau d'assainissement collectif où le volume de rejet est évalué (ONAS, 2019) 175
Tableau 49 : Liste des STEP associées à chaque nappe et potentiel de recharge par les EUT 190
Tableau 50 : Possibilités de valorisation des EUT pour la sous-zone 1 : plaine de Grombalia 195
Tableau 51 : Possibilités de valorisation des EUT pour sous-zone 2 : région de Nabeul-Hammamet 197
Tableau 52 : Possibilités de valorisation des EUT pour la sous-zone 3 : littoral oriental de Korba à Tazerka 199
Tableau 53 : Possibilités de valorisation des EUT pour la sous-zone 4 : littoral oriental au Nord de Kelibia 200
Tableau 54 : Possibilités de valorisation des EUT pour la sous-zone 5 : plaine d'El Haouaria 201
Tableau 55 : Possibilités de valorisation des EUT pour la sous-zone 6 : Cap Bon occidental 203
Tableau 56 : Valorisations des EUT proposées pour chacun des 3 scénarios 207
Tableau 57 : Valorisations des EUT à favoriser et besoins technologiques par scénarios aux différents horizons temporels 211
Tableau 58 : Coûts globaux (investissement et exploitation) des principaux maillons des filières de REUT à mettre en place dans chaque scénario 213
Tableau 59 : Impact des scénarios sur le déficit hydrique du Cap Bon à l'horizon 2050 214
Tableau 60 : Bénéfices territoriaux apportés dans les différents scénarios proposés 215
Tableau 61 : Comparaison des scénarios proposées pour le Cap Bon en fonction des niveaux d'ambitions par contraintes 216
Tableau 62 : Liste des STEP existantes et futures au Sahel et Sfax et flux d'EUT aux différents horizons temporels 220
Tableau 63 : Salinité des eaux en sortie des STEP de la zone Sahel - Sfax pour l'année 2017 (ONAS, 2017) 225
Tableau 64 : Principales industries non raccordées au réseau d'assainissement collectif où le volume de rejet est évalué (ONAS, 2019) 226
Tableau 65 : Liste des STEP associées à chaque nappe et potentiel de recharge par les EUT 244
Tableau 66 : Possibilités de valorisation des EUT pour la sous-zone 1 : Nord de Sousse 250
Tableau 67 : Possibilités de valorisation des EUT pour la sous-zone 2 : complexe littoral Sousse Monastir 252

Tableau 68 : Possibilités de valorisation des EUT pour la sous-zone 3 : littoral de Mahdia 254
Tableau 69 : Possibilités de valorisation des EUT pour la sous-zone 4 : zone intérieure de Mahdia 255
Tableau 70 : Possibilités de valorisation des EUT pour la sous-zone 5 : pôle urbain de Sfax.....255
Tableau 71 : Possibilités de valorisation des EUT pour la sous-zone 6 : zone rurale de Sfax 257
Tableau 72 : Valorisations des EUT proposées pour chacun des 3 scénarios.....263
Tableau 73 : Valorisations des EUT à favoriser et besoins technologiques par scénarios aux différents horizons temporels 267
Tableau 74 : Coûts globaux (investissement et exploitation) des principaux maillons des filières de REUT à mettre en place dans chaque scénario 268
Tableau 75 : Impact des scénarios sur le déficit hydrique du Sahel et de Sfax à l'horizon 2050.....269
Tableau 76 : Bénéfices territoriaux apportés dans les différents scénarios proposés 270
Tableau 77 : Comparaison des scénarios proposées pour la zone Sahel - Sfax en fonction des niveaux d'ambitions par contraintes 272
Tableau 78 : Liste des STEP existantes et futures au Grand Tunis et Zaghouan et flux d'EUT aux différents horizons temporels.....277
Tableau 79 : Salinité des eaux en sortie des STEP de la zone Grand Tunis - Zaghouan pour l'année 2017 (ONAS, 2017) 280
Tableau 80 : Industries non raccordées au réseau d'assainissement collectif où le volume de rejet est évalué (ONAS, 2019) 280
Tableau 81 : Liste des STEP associées à chaque nappe et potentiel de recharge par les EUT 297
Tableau 82 : Possibilités de valorisation des EUT pour la sous-zone 1 : l'Ariana.....303
Tableau 83 : Possibilités de valorisation des EUT pour la sous-zone 2 de la Manouba.....305
Tableau 84 : Possibilités de valorisation des EUT pour la sous-zone 3 : gouvernorat de Zaghouan 306
Tableau 85 : Synthèse des valorisations des EUT envisagées dans des études antérieures sur le Grand Tunis308
Tableau 86 : Possibilités de valorisation des EUT pour la plaine de Mornag -.....309
Tableau 87 : Possibilités de valorisation des EUT pour la sous zone 5 : pôle urbain du Grand Tunis 311
Tableau 88 : Valorisations des EUT proposées pour chacun des 4scénarios.....318
Tableau 89 : Valorisations des EUT à favoriser et besoins technologiques par scénarios aux différents horizons temporels 322
Tableau 90 : Coûts globaux (investissement et exploitation) des principaux maillons des filières de REUT à mettre en place dans chaque scénario 324
Tableau 91 : Impact des scénarios sur le déficit hydrique dela zone Grand Tunis - Zaghouan à l'horizon 2050 .326
Tableau 92 : Bénéfices territoriaux apportés dans les différents scénarios proposés 327
Tableau 93 : Comparaison des scénarios proposées pour le Grand Tunis et Zaghouan en fonction des niveaux d'ambitions par contraintes 329
Tableau 94 : Liste des STEP existantes et futures au Grand Sud et flux d'EUT aux différents horizons temporels 334
Tableau 95 : Salinité des eaux en sortie des STEP du Grand Sud pour l'année 2017 (ONAS, 2017) 338
Tableau 96 : Industries non raccordées au réseau d'assainissement collectif où le volume de rejet est évalué (ONAS, 2019) 338
Tableau 97 : Liste des STEP associées à chaque nappe et potentiel de recharge par les EUT 353
Tableau 98 : Possibilités de valorisation des EUT pour la sous-zone 1 : Gouvernorat de Gafsa 358
Tableau 99 : Possibilités de valorisation des EUT pour la sous-zone 2 : Gouvernorat de Tozeur.....360
Tableau 100 : Possibilités de valorisation des EUT pour la sous-zone 3 : Gouvernorat de Kebili.....361
Tableau 101 : Possibilités de valorisation des EUT pour la sous-zone 4 : littoral de Gabes 363
Tableau 102 : Possibilités de valorisation des EUT pour la sous-zone 5 : zone intérieure de Gabes 364
Tableau 103 : Possibilités de valorisation des EUT pour la sous-zone 6 : île de Djerba et Zarzis.....365
Tableau 104 : Possibilités de valorisation des EUT pour la sous-zone 7 : Medenine.....367
Tableau 105 : Possibilités de valorisation des EUT pour la sous-zone 8 : Gouvernorat de Tataouine.....368
Tableau 106 : Valorisations des EUT proposées pour chacun des 2 scénarios.....372
Tableau 107 : Valorisations des EUT à favoriser et besoins technologiques par scénario aux différents horizons temporels 375
Tableau 108 : Coûts globaux (investissement et exploitation) des principaux maillons des filières de REUT à mettre en place dans chaque scénario 376
Tableau 109 : Impact des scénarios sur le déficit hydrique du Grand Sud à l'horizon 2050.....377
Tableau 110 : Bénéfices territoriaux apportés dans les différents scénarios proposés 378
Tableau 111 : Comparaison des scénarios proposées pour le Grand Sud en fonction des niveaux d'ambitions par contraintes 379
Tableau 112 : Liste des STEP existantes et futures au Centre et flux d'EUT aux différents horizons temporels .382
Tableau 113 : Salinité des eaux en sortie des STEP de la zone Centre pour l'année 2017 (ONAS, 2017) 385
Tableau 114 : Liste des STEP associées à chaque nappe et potentiel de recharge par les EUT 401
Tableau 115 : Possibilités de valorisation des EUT pour la sous zone 1 : villes de Kairouan et Sbikha.....406
Tableau 116 : Possibilités de valorisation des EUT pour la sous zone 2 : zone rurale de Kairouan.....407

Tableau 117 : Possibilités de valorisation des EUT pour la sous zone 3 : Gouvernorat de Kasserine 408
Tableau 118 : Possibilités de valorisation des EUT pour la sous zone 4 : Gouvernorat de Sidi Bouzid 409
Tableau 119 : Liste des STEP existantes et futures au Nord-Ouest et flux d'EUT aux différents horizons temporels 414
Tableau 120 : Salinité des eaux en sortie des STEP de la zone Nord Ouest pour l'année 2017 (ONAS, 2017) ..418
Tableau 121 : Industries non raccordées au réseau d'assainissement collectif où le volume de rejet est évalué (ONAS, 2019) 418
Tableau 122 : Liste des STEP associées à chaque nappe et potentiel de recharge par les EUT 434
Tableau 123 : Possibilités de valorisation des EUT pour la sous zone 1 : pôle urbain de Bizerte et Menzel Bourguiba 438
Tableau 124 : Possibilités de valorisation des EUT pour la sous zone 2 : Beja et Ouest de Bizerte 440
Tableau 125 : Possibilités de valorisation des EUT pour la sous zone 3 : littoral de Tabarka à Nefza 441
Tableau 126 : Possibilités de valorisation des EUT pour la sous zone 4 : Jendouba 442
Tableau 127 : Possibilités de valorisation des EUT pour la sous zone 5 : Gouvernorat du Kef 443
Tableau 128 : Possibilités de valorisation des EUT pour la sous zone 6 : Gouvernorat de Siliana 444
Tableau 129 : Comparaison entre (i) les volumes d'eau conventionnelle pouvant être substitués par des EUT selon différents scénarios régionaux et (ii) les différentes projections de déficit hydrique à l''horizon 2050 476
Tableau 130 : Pôles de production des EUT 495
Tableau 131 : Zonage de la DGRE pour la pluviométrie 496
Tableau 132 : Régions hydrographiques 496
Tableau 133 : Systèmes aquifères 497
Tableau 134 : Electrodyalyse – Qualité de l'eau produite en dessalement 525
Tableau 135 : Electrodyalyse – Avantages et inconvénients 525
Tableau 136 : Hypothèses utilisées pour les besoins en eau actuels des cultures par régions 534
Tableau 137 : Hypothèses utilisées pour les besoins en eau futurs (2050) des cultures par régions 535
Tableau 138 : Hypothèses des horizons temporels de mise en œuvre des différentes valorisations des EUT 535
Tableau 139 : Coût d'ordre des canalisations 539
Tableau 140 : Coût d'ordre des stations de pompage 540

ACRONYMES ET ABREVIATIONS

ACB	Analyse Coûts Bénéfices
AEP	Alimentation en Eau Potable
AFD	Agence Française de Développement
ANCSEP	Agence Nationale de Contrôle Sanitaire et Environnemental des Produits
ANPE	Agence Nationale pour la Protection de l'Environnement
APAL	Agence de Protection et d'Aménagement du Littoral
AVFA	Agence de la Vulgarisation et de la Formation Agricole
BA	Boues Activées
BPEH	Bureau de la Planification et des Equilibres Hydrauliques
CERTE	Centre de Recherche et des Technologies des Eaux
CES	Conservation des Eaux et des Sol
CPG	Compagnies des Phosphates de Gafsa
CRET	Carte des Ressources en Eau de la Tunisie
CTV	Cellules Territoriales de Vulgarisation
DBO5	Demande Biochimique en Oxygène
DCO	Demande Chimique en Oxygène
DGACTA	Direction Générale de l'Aménagement et de la Conservation des Terres Agricoles
DGEQV	Direction Générale de l'Environnement et de la Qualité de Vie
DGGREE	Direction Générale du Génie Rural et de L'Exploitation des Eaux
DGPA	Direction Générale des Productions Animales
DGPCQPA	Direction Générale de la Protection et du Contrôle de la Qualité des Produits Agricoles
DGRE	Direction Générale des Ressources en Eau
DHMPE	Direction de l'Hygiène du Milieu et de la Protection de l'Environnement
DPH	Domaine Public Hydraulique
EIES	Etude d'Impact Environnemental et Social
EPA	Etablissement Public à caractère Administratif
EPNA	Etablissement Public à caractère Non Administratif
ETM	Eléments Traces Métalliques
EUB	Eaux Usées Brutes
EUT	Eaux Usées Traitées
FAO	Organisation des Nations Unies pour Alimentation et l'Agriculture
GCT	Groupe Chimique Tunisien
GDA/P	Groupement de Développement Agricole/et de la Pêche
GIEC	Groupements d'Experts Intergouvernemental sur l'évolution du Climat
GIRE	Gestion Intégrée des Ressources en Eau
HAP	Hydrocarbure Aromatique Polycyclique
HMT	Hauteur Manométrique Totale
INAT	Institut National Agronomique de Tunis
INRGREF	Institut National de Recherche en Génie Rural, Eaux et Forêts
INS	Institut National de la Statistique
INSSPA	Institut National de la Sécurité Sanitaire des Produits Alimentaires
IRD	Institut de Recherche pour le Développement
ITES	Institut Tunisien des Etudes Stratégiques
IWA	Israeli Water Authority
MARHP	Ministère de l'Agriculture, des Ressources Hydrauliques et de la Pêche
ME	Ministère de l'Environnement
MES	Matières En Suspension
MS	Ministère de la Santé
OACA	Office de l'Aviation Civile et des Aéroports
ODD	Objectifs de Développement Durable
OMS	Organisation Mondiale de la Santé
ONAGRI	Observatoire National de l'Agriculture
ONAS	Office National de l'Assainissement

ONTT	Office National du Tourisme Tunisien
OTD	Office des Terres Domaniales
PI	Périmètres Irrigués
PNUD	Programme des Nations Unies pour le Développement
PPI	Périmètres publics d'Irrigation
PPP	Partenariat Public Privé
REUT	Réutilisation des Eaux Usées Traitées
SCP	Société du Canal de Provence
SDA	Schéma Directeur d'Aménagement
SMSA	Sociétés Mutuelles de Services Agricoles
SMVDA	Société de Mise en Valeur et de Développement Agricole
SONEDE	Société Nationale d'Exploitation et de Distribution de l'Eau
SP	Station de Pompage
STEP	Stations d'Epuration
STDG	Société Tunisienne de Développement des Golfs
SYNAGRI	Syndicats des Agriculteurs de Tunisie
UE	Union Européenne
UFC	Unité Formant Colonie
ULAP	Union Locale de l'Agriculture et de la Pêche
URAP	Union Régionale de l'Agriculture et de la Pêche
UTAP	Union Tunisienne de l'Agriculture et de la Pêche
UTICA	Union Tunisienne de l'Industrie, du Commerce et de l'Artisanat
VAN	Valeur Actualisée Nette

PREAMBULE

CADRE GENERAL DE L'ETUDE

Cette étude est réalisée dans le cadre de la facilité Adapt'Action qui s'inscrit elle-même dans le cadre de l'Accord de Paris sur le climat et de l'engagement de la Tunisie à intégrer les Objectifs de Développement Durable (ODD) d'ici 2030 dans ses plans de développement.

Elle vise à l'élaboration d'un Plan Directeur National « Water reuse 2050 » qui permettra d'établir les fondations pour l'amélioration de la Réutilisation des Eaux Usées Traitées (REUT) en Tunisie.

Cette étude sera intégrée dans un Plan Directeur à grande échelle des ressources en eau de la Tunisie à l'horizon 2050 nommé « EAU 2050 » dont elle constitue le focus consacré à la réutilisation des eaux usées traitées.

Le processus d'élaboration de la présente étude s'articule en trois grandes phases :

- Phase n°1 : Diagnostic de la filière
- **Phase n°2 : Évaluation du futur de la REUT et définition d'une stratégie pour le secteur**
- Phase n°3 : Rédaction du plan Directeur « Water Reuse 2050 »

Ce rapport a été rédigé pendant la phase 2 de l'étude et constitue le rapport de prospective à l'horizon 2050.

TERMINOLOGIE

La **réutilisation des eaux usées traitées** consiste en leur réutilisation après passage par un système de traitement. On différencie ce type de réutilisation avec la réutilisation des eaux usées brutes, qui n'ont pas été traitées.

Il existe différents types de réutilisation des Eaux Usées Traitées (EUT) :

- **Réutilisation directe** : Réutilisation des eaux usées traitées via le transfert direct de l'effluent traité depuis le site de production vers le site d'utilisation, sans dilution préalable avec une autre source d'eau. Il peut il y avoir un système de stockage entre la STEP et l'usage, via des bassins par exemple. Ce type de réutilisation concerne l'irrigation agricole ou des espaces verts par exemple.
- **Réutilisation indirecte** : Réutilisation des eaux usées traitées, après leur rejet préalable dans un cours d'eau ou une nappe, milieux dans lesquels elles sont ensuite prélevées. Ce type de réutilisation concerne donc la recharge de nappe ou le rejet dans un oued avant un repompage pour un usage agricole par exemple. Le mélange des EUT avec une autre ressource en eau, en amont d'un usage, peut aussi être considéré comme une forme indirecte de REUT.
- **Recyclage** : l'eau usée est réutilisée directement au sein d'un même établissement après un traitement spécifique sans passer par une STEP, pour le même ou un nouvel usage. Cette pratique a souvent lieu au niveau d'un site industriel et sort un peu du cadre de la REUT au sens classique du terme.

La présente phase de prospective aborde tout un panel de réutilisations possibles des EUT en Tunisie. On utilise ainsi, dans le présent rapport, le terme de **« REUT »** pour désigner les types de réutilisation suivants :

REUT directe

- **Secteur agricole :** Pâturage/parcours, arboriculture (oliviers/agrumes/autres), pépinières et arbustes et autres cultures florales, céréales, fourrages, cultures industrielles (tabac …), plantes médicinales, maraîchage
- **Secteur touristique :** alimentation des blocs sanitaires des hôtels, golfs, espaces verts hôteliers
- **Secteur urbain :** hydrocurage des réseaux d'assainissement, lavages des rues/véhicules, espaces verts d'ornement ou recevant du public, alimentation de blocs sanitaires des établissements publics
- **Secteur industriel :** nettoyage de carrières, dilution des saumures provenant du dessalement, eaux de process hors IAA (Textiles, phosphates…), eaux de refroidissement
- **Valorisation environnementale :** alimentation de zones humides, revégétalisation d'espaces forestiers, pépinières (lutte contre la désertification)
- **Alimentation en Eau Potable (AEP)**

REUT indirecte

- **Recharge de nappe :** recharge sans prélèvements, barrière anti-sel, recharge avec prélèvements agricoles, recharge avec utilisation pour l'eau potable
- **Rejets en surface :** rejets dans un oued puis pompage pour l'agriculture, rejets dans un barrage sans utilisation AEP, rejets dans un barrage avec utilisation AEP
- Mélange des EUT avec une autre ressource en eau (eaux de barrages, eaux souterraines, eaux dessalées…)

Les rejets vers le milieu naturel ne sont pas comptabilisés ici comme des réutilisations à part entière. Cela ne signifie pas qu'ils n'ont pas un rôle important pour ces milieux (en y maintenant par exemple un *débit minimal*) et/ou pour des usages situés plus à l'aval qui vont au final utiliser l'eau pour un nouvel usage (*réutilisation indirecte*).

Enfin, on utilisera aussi la notion de **« filière de la REUT »** pour caractériser « *l'ensemble du processus et des impacts depuis la production des eaux usées jusqu'à leur devenir final après usage. Cette notion regroupe l'ensemble des opérateurs et activités sur la ressource* » (ECOFILAE, 2016).

RESUME

La Tunisie réutilise aujourd'hui moins de 10% des environ 300 Mm^3 d'eaux usées traitées (EUT) qu'elle produit et les rejets des EUT non réutilisées continuent à soulever des questions environnementales et sociales dans plusieurs points du pays.

Ceci alors même que se dessinent, dès à présent, des perspectives qui interrogent fortement le bilan hydrique national, déjà très tendu. Le climat de 2050, et plus loin celui de 2100, n'auront en effet rien à voir avec celui d'aujourd'hui. La hausse des températures se sera poursuivie, même si les accords internationaux sur les émissions de gaz à effet de serre devaient aboutir et être appliqués effectivement dès aujourd'hui. Les précipitations auront probablement diminué, comme pour l'ensemble du bassin méditerranéen, considéré comme un hot spot pour cette question. Les nappes se rechargeront moins, les débits des oueds auront diminué. La population du pays sera plus nombreuse et très certainement souhaitera consommer plus d'eau pour ses usages quotidiens. Sans changement structurel, l'agriculture du pays réclamera plus d'eau pour compenser la hausse de 20 % ou plus de l'évapotranspiration liée au réchauffement.

Comment passer de cet état de fait à une politique nationale de Réutilisation des Eaux Usées Traitées (REUT) véritablement ambitieuse ? Comment mettre en place les conditions pour faire des EUT – 300 Mm^3 en 2020, possiblement plus du double en 2050 - une véritable ressource pour le pays, son bilan hydrique et ses territoires ? Quelles directions prendre, à l'échelle nationale, pour lever les freins techniques, institutionnels, réglementaires, financiers ? Comment faire en sorte que les politiques de développement territorial, à des échelles régionales, ou encore plus locales, intègrent le gisement hydrique mais aussi de nutriments que représentent les EUT ? Quels scénarios de développement de la REUT peut-on imaginer pour les différentes régions du pays tout en considérant leurs contextes socio-économiques et hydrologiques ? Comment démontrer tout l'intérêt socio-économique de la REUT en intégrant les externalités et pas seulement les coûts directs ?

Autant de sujets qui ont été abordés dans cette *Phase 2 – Analyse prospective*, phase dont on reprend ci-après les principaux résultats en les introduisant par les grands questionnements auquel nous avons cherché à répondre. Nous reprécisons pour chaque grande question la ou les chapitre(s) du rapport concerné(s).

Rappelons au préalable que le pays a été découpé, pour l'étude, en 6 grandes régions : la zone Grand Tunis - Zaghouan (gouvernorats de Tunis, Ben Arous, l'Ariana, la Manouba, Zaghouan), la zone du Cap Bon (Nabeul), la zone Sahel-Sfax (Sousse, Monastir, Mahdia, Sfax), la zone Grand Sud (Gafsa, Gabes, Medenine, Tozeur, Kebili, Tataouine), la zone Centre (Kairouan, Kasserine, Sidi Bouzid) et la zone Nord-ouest (Bizerte, Beja, Jendouba, Siliana, Kef). Ce découpage, à quelques nuances près, est proche de celui utilisé dans la démarche EAU 2050. Il croise des grands ensembles physiques, socio-économiques et le parc épuratoire actuel afin de constituer des entités relativement cohérentes pour conduire une approche stratégique. Un découpage réduit à seulement 6 grandes zones ne peut toutefois cerner toutes les nuances locales et il est clair que certaines zones recouvrent des réalités contrastées, avec des gradients pluviométriques importants et/ou des réalités économiques très différentes, par exemple entre les zones littorales et les zones intérieures. Nous nous sommes efforcés de tenir compte de ces contrastes. Ainsi, pour certaines parties de notre approche, en particulier l'inventaire des usages potentiels des EUT, nous avons sous-découpé chacune de ces 6 grandes zones en sous-zones. Ce sont ainsi au total 34 sous-zones qui ont fait l'objet d'une approche détaillée pour l'étude de marché de la REUT.

COMMENT VONT EVOLUER LES FLUX D'EUT DE LA TUNISIE A L'HORIZON 2050 ?

Cette question est traitée dans le chapitre 3 du rapport. Des éléments détaillés à l'échelle de chacune des 6 grandes zones d'étude sont ensuite exposées dans le premier sous-chapitre des chapitres 10 à 15.

Les résultats établis dans le cadre de l'étude, dont on rappelle les grands chiffres ci-après, reposent sur la construction d'un modèle, sous tableur, d'évolution des flux d'EUT. Il a été construit spécifiquement

pour l'étude pour évaluer les flux d'EUT à l'échelle nationale et régionale, pour différents horizons temporels (2025, 2030, 2040, 2050). Il prend en compte l'évolution potentielle du parc épuratoire, de la démographie, des zones touristique, des zones industrielles, des ratios de consommation d'eau … Il utilise des données de l'ensemble des schémas directeurs d'épuration disponibles au moment de l'étude ainsi que des hypothèses développées spécifiquement pour l'étude, en particulier pour les zones non couvertes par les schémas directeurs.

Il ressort de l'approche développée que **les flux d'EUT pourraient plus que doubler d'ici 2050**, en évoluant de **300 Mm³** à près de **640 Mm³** à l'échelle du pays. 27 % de ce flux 2050 est associé à la création de nouvelles STEP, dans des zones actuellement peu ou pas raccordées à un réseau d'assainissement collectif. 73 % de ce flux est associé à la croissance démographique des pôles urbains, au développement des zones touristiques et industrielles et donc à l'augmentation de la capacité des STEP existantes. Le nombre de STEP évoluera possiblement de près de **110 STEP en 2020** (sans compter les STEP industrielles et rurales) à plus de **200 STEP en 2050**.

Les capacités de traitement des **grands pôles de production d'EUT** vont continuer à se développer vu leur rythme important de croissance démographique. Ces derniers sont tous situés sur le littoral : le Grand Tunis, le Grand Sousse et Monastir, le Grand Sfax, Nabeul/Hammamet, Djerba/Zarzis, Gabes. Ainsi, le **Grand Tunis restera le pôle épuratoire majeur avec près de 38 % des EUT produites en 2050**. La région du **Sahel et de Sfax continuera à produire 27 % des EUT du pays**. La plus grande augmentation de flux concernera le **Grand Sud qui va voir sa production d'EUT plus que tripler entre 2020 et 2050** pour atteindre **15 % des EUT produites du pays**. Le Cap Bon, la région du Centre et le Nord-Ouest représenteront respectivement **7 %, 5 % et 8 % des EUT à l'horizon 2050**.

QUEL POTENTIEL HYDRIQUE REPRESENTE CES FLUX D'EUT AU REGARD DES AUTRES RESSOURCES EN EAU ? COMMENT POURRAIENT-ILS PARTICIPER A LA REDUCTION DU DEFICIT HYDRIQUE DU PAYS ?

Le chapitre 4 présente une analyse de cette question à l'échelle du pays.

Elle vise à situer les EUT comme ressources dans le bilan hydrologique national actuel et projeté à l'horizon 2050. Les chapitres 10.1 à 15.1 détaillent les bilans à l'échelle de chacune des six grandes régions d'étude. Différentes hypothèses sur les impacts possibles du changement climatique sur les ressources en eau ont été intégrées dans ces approches.

Comme indiqué plus haut, la Tunisie réutilise aujourd'hui moins de 10 % de ses EUT, alors que le pays doit se préparer à un climat encore plus chaud et plus sec, une population qui va consommer plus d'eau potable, des défis de sécurité alimentaire et que des investissements sont en cours dans des infrastructures de dessalement, symboles d'un bilan hydrique déficitaire.

Dans la situation actuelle, **les près de 300 Mm³ d'EUT produits représentent 6 % des ressources globales du pays en année moyenne** (eaux de surface et eaux souterraines). Cette proportion augmente en année sèche. **Les EUT peuvent alors représenter près de 11 % des ressources annuelles.**

Afin de projeter ce bilan à l'horizon 2050, nous avons intégré 2 scénarios de changement climatique différents. Pour le premier scénario (avec une hypothèse d'une réduction de 10% des ressources en eau conventionnelles), les EUT, à hauteur de 640 Mm³ produits par an, pourraient représenter en 2050 **14 % des ressources du pays en année moyenne**, et jusqu'à **26 % de ces ressources en année sèche.** Un scénario climatique encore plus pessimiste porterait ces proportions à 15 % en année moyenne et 27 % en année sèche.

Au-delà de ces moyennes, la situation apparait contrastée selon les régions du pays.

Le Cap-Bon, par exemple, présente actuellement un bilan hydrologique déficitaire à hauteur de 110 Mm^3. Le potentiel identifié d'EUT de 25 Mm^3 (2020) ne représente que 8% des prélèvements pour l'irrigation dans la zone mais 23% du déficit hydrique global cité ci-avant et permettrait donc de réduire le stress hydrique local de façon significative si les EUT venaient en remplacement de ressources conventionnelles actuellement exploitées. L'importance du potentiel de REUT pour les deux régions Grand Tunis - Zaghouan et Sahel - Sfax est également bien confirmé au regard du bilan hydrologique déficitaire de ces deux régions. Par exemple, dans la zone du Grand Tunis - Zaghouan, la quantité d'EUT en situation 2020 représente environ 65% des prélèvements actuels pour l'irrigation et 52 % des eaux transférées depuis le Nord-Ouest. Pour la zone Sahel - Sfax, les EUT produites actuellement représentent 30 % des ressources en eau locales.

Les régions du Centre et du Grand-Sud présentent pour leur part un potentiel de REUT plus modeste au regard des ressources en eau disponibles. Cependant, ce potentiel pourra contribuer à la réduction de déficits hydriques locaux.

La zone du Nord-Ouest, région excédentaire qui alimente les autres zones du pays en eau, présente enfin un potentiel de REUT également faible (25 Mm^3 actuellement, possiblement 45 Mm^3 en 2050). Le rejet des eaux usées traitées dans les milieux superficiels constituent de fait une réutilisation indirecte déjà effective, même si des questions cruciales de qualité de ces rejets restent à résoudre pour les faire accepter par les acteurs locaux, qui les voient aujourd'hui essentiellement comme une forte contrainte environnementale.

En complément des approches quantitatives visant à démontrer la part potentiellement majeure des EUT dans le mix hydrique national, des nuances ont été apportées. Il a en particulier été indiqué qu'une partie des volumes considérés pourraient présenter une salinité trop élevée pour être effectivement réutilisée. Une approche a été conduite à l'échelle de toutes les STEP actuelles sur la base des rapports annuels de l'ONAS pour l'année 2017. Cette approche montre que, à l'échelle du pays, 80% du volume d'EUT produit présente une salinité inférieure à 3 g/l et 20 % supérieure à ce seuil. Les données sont ensuite précisées pour chacune des 6 grandes régions. Le problème de salinité des EUT apparait surtout présent sur les STEP du littoral avec l'intrusion des eaux de nappes salines dans les réseaux d'assainissement. Les régions de Sahel-Sfax et du Grand Tunis sont particulièrement touchées par ce phénomène avec des STEP pouvant produire des EUT avec des salinités supérieures à 4 g/L.

QUELLES OPTIONS TECHNOLOGIQUES DE TRAITEMENT DES EUT POUR QUEL USAGE ?

Ces aspects sont abordés dans le chapitre 5 du rapport.

Chaque usage potentiel des EUT nécessite un certain niveau de qualité des EUT. Ce niveau à atteindre dépend de l'usage lui-même mais également des barrières éventuellement mises en place en amont et/ou en aval du traitement.

Dans un premier temps le rapport balaye les traitements complémentaires possibles à mettre en place pour atteindre ce niveau de qualité.

Pour assurer une réutilisation, dans la plupart des cas, il y a en effet nécessité de compléter l'épuration des eaux usées issues d'un traitement de niveau secondaire par un traitement complémentaire afin de diminuer les risques sanitaires et environnementaux, tout en conservant éventuellement des nutriments intéressants pour l'usage considéré. Ce traitement doit donc être en adéquation avec l'usage et les éventuelles mesures barrières qui seront appliquées. Les techniques de traitement complémentaires sont basées sur deux grands : une **filtration** et une **désinfection**.

Le rapport détaille différentes techniques possibles pour chacune de ces deux opérations. Il expose ensuite des scénarios de traitement complémentaire où sont combinées ces opérations, soit à l'aval d'un traitement secondaire par boues activés (9 scénarios), soit à l'aval d'un traitement secondaire par lagunage (9 scénarios). Le rapport expose également un cas de traitement par osmose inverse + UV pour atteindre une qualité compatible avec un usage eau potable. Au final, 19 scénarios de traitement (secondaire + tertiaire) ont ainsi été élaborés dans le cadre de l'étude pour dessiner une véritable gamme technologique. Pour chaque scénario sont précisés : le coût total par m^3 produit (investissement + exploitation) en fonction de la taille de la STEP considérée, la consommation énergétique nécessaire (kWh/m^3) et un avis sur un horizon temporel d'applicabilité du scénario technologique en fonction du contexte tunisien. Les coûts globaux de traitement tertiaire intégrant investissement, renouvellement et fonctionnement sont précisés pour trois classes de taille de STEP. Par exemple pour la classe 10 000 à 80 000 eq.hab, ils s'étendent de 0,13 DNT/m^3 (filtre à sable) à 0,69 DNT/m^3 (ultrafiltration + filtre UV). Le coût pour l'osmose inverse atteint 1,82 DNT /m^3. La consommation en énergie pour le seul traitement tertiaire s'étend de moins de 0,05 kWh/m^3 pour un traitement par filtre à sable à 0,45 kWh/m^3 pour un traitement tertiaire associant ultrafiltration et UV. Le traitement par osmose inverse+ UV conduit pour sa part à une dépense énergétique beaucoup plus élevée, de l'ordre de 2,50 kWh/m^3.

Dans un second temps, a été établie une matrice croisant, en ligne, 50 usages possibles des EUT (usages classés en 8 grandes catégories : Agriculture/Tourisme/Urbain/Industriel/Environnemental/Eau potable/Recharge de nappe/Usages indirects) avec, en colonne, les 19 scénarios de traitement tertiaire évoqués ci-avant. La matrice précise les scénarios à utiliser, selon 4 recommandations traduites en 4 couleurs : rouge - scénario interdit, marron – scénario conduisant à un niveau de qualité trop élevé par rapport à l'usage considéré, jaune - scénario de traitement envisageable à condition de mettre en place des mesures barrières, vert – scénario à privilégier.

Le rapport recommande ainsi de ne pas retenir un seul traitement tertiaire pour toutes les stations du pays mais bien d'adapter les choix aux différents usages et aux politiques de mesures barrières mises éventuellement en œuvre. A ce stade, les schémas directeurs d'assainissement de l'ONAS prévoient bien des filières de traitement complémentaire pour développer la REUT, mais elles sont basées sur un seul type de procédé (filtration par tambour filtrant 10 µm et désinfection par UV) et par ailleurs dimensionnées sur le débit moyen de la station et non la capacité nominale de la STEP. Ces schémas seront donc à revoir pour dépasser une mise en œuvre uniforme de traitement tertiaire et réaliser une approche véritablement adaptée à chaque contexte, une fois bien établis les scénarios de REUT à développer à l'aval des STEP considérées.

Le tableau suivant présente une version simplifiée de la matrice, en retenant quelques usages. Il résume ainsi les traitements complémentaires recommandés pour ces principaux usages de la REUT. Il indique également, pour chaque scénario, le coût unitaire total (investissement, renouvellement, fonctionnement) pour le seul traitement tertiaire et la consommation énergétique au m^3. La colonne précisant par une lettre le niveau de qualité à atteindre fait référence à une gamme de niveau de qualité décrite plus bas dans le présent résumé.

Tableau 1 : Traitement complémentaire conseillé pour les principaux usages des EUT, avec les coûts et consommations énergétiques associés pour une STEP de capacité moyenne (entre 10 000 et 80 000 EH)

Usages principaux	Niveau de qualité à atteindre	Traitement complémentaire conseillé	Coût unitaire total	Consommation énergétique
Usages agricoles restrictifs (sans maraîchage)	B	1. Filtre à sable + UV	0,33 DT/m^3	0,11 kWh/m^3
Irrigation d'espaces verts ouverts au public		2. Tambour filtrant + UV	0,25 DT/m^3	0,10 kWh/m^3
Irrigation du maraîchage	A	1. Ultrafiltration + UV	0,69 DT/m^3	0,48 kWh/m^3
		2. Microfiltration + UV	0,56 DT/m^3	0,33 kWh/m^3
Recharge de nappe	C+	Microfiltration	0,48 DT/m^3	0,25 kWh/m^3
Alimentation en eau potable	A+	Réacteur à membrane + Osmose inverse + UV	1,82 DT/m^3	2,55 kWh/m^3

Le rapport souligne que les technologies de traitements complémentaires ne pourront cependant pas résoudre toutes les problématiques liées à la qualité des EUT. Certains effluents spécifiques (eaux industrielles chargées en métaux lourds ou en éléments microbiologiques, intrusions salines, margines, eaux d'orage, etc.) nécessitent des mesures à mettre en œuvre en amont de la STEP (amélioration de la performance des réseaux, séparation des effluents, sensibilisation des usagers, contrôles et sanctions dissuasives, mise en place et gestion des prétraitements, installation de bassins tampons, etc.).

Dans un troisième temps, le rapport aborde plus en détail les questions énergétiques. Les dépenses en énergies associées aux différents types de traitement tertiaire sont détaillées (cf. ordre de grandeur cités avant pour quelques scénarios de traitement tertiaire) et resituées à différentes échelles. D'une part à l'échelle de la file eau d'une station d'épuration. On montre ainsi que (chiffres cités pour des STEP de taille comprise entre 10 000 et 80 000 eq.hab), dans le cas d'un traitement secondaire par bous activées, le traitement tertiaire peut représenter entre 15 % (cas d'une filtration par filtre à sable) et 65 % (ultrafiltration + UV) de la consommation en énergie de la file eau de la station. Ces pourcentages sont plus élevés dans le cas d'un traitement secondaire par lagunage : de 40 % (dans le cas d'un traitement tertiaire par lagune de finition + filtre à sable) à 85% (ultrafiltration). Les dépenses en énergie sont resituées d'autre part plus largement à l'échelle du petit cycle de l'eau en intégrant exhaure, traitement AEP, distribution AEP, collecte des eaux usées, traitement secondaire et traitement tertiaire. On montre que la part du seul traitement tertiaire est de l'ordre, à l'échelle de ce petit cycle, d'environ 2 à 15%, ces chiffres restant bien entendu à préciser selon les contextes.

Après l'exposé de ces dépenses en énergie, le rapport indique plusieurs pistes pour réduire la consommation énergétique pour le traitement tertiaire, et plus globalement pour l'assainissement : lutte contre le surdimensionnement, choix de procédé les moins énergivores possibles, choix de procédé de traitement des boues, lutte contre les eaux claires parasites, automatisation et télégestion, renouvellement des équipements et maintenance … Le rapport aborde également des solutions de récupération d'énergie intégrées au traitement de l'eau. Le rapport présente enfin des ordres de grandeur d'installation d'énergies renouvelable (exemple pris pour des installations photovoltaïques) pour produire l'énergie associée au petit cycle de l'eau et plus spécifiquement à la REUT. Des ordres de grandeur sont exposés, pour différentes hypothèses de dépense énergétique globale par m^3. Par exemple le volume d'eau pour lequel un hectare d'installation photovoltaïque permet de produire l'énergie nécessaire au traitement de ce volume : pour une dépense en énergie unitaire de 1 kWh/m^3, ce volume est de 1,3 Mm^3/an. Autre exemple, la surface d'installation photovoltaïque qui serait nécessaire pour produire l'énergie en vue de traiter toutes les eaux usées de la Tunisie : l'ordre de grandeur est de 230 ha pour traiter les 300 Mm^3 produits actuellement et de 500 ha pour traiter les 650 Mm^3 qui pourraient être produits en 2050, ceci toujours dans l'hypothèse d'une dépense énergétique unitaire de 1 kWh/m^3. Sur ce sujet le rapport conclut qu'à ce stade il semble difficile d'imaginer des installations de production d'énergie solaire en branchement direct et unique sur des projets de REUT ou plus généralement d'assainissement ; le principe consisterait plus à « compenser » la production d'énergie par une production d'énergie renouvelable connectée au réseau national.

QUELLES OPTIONS TECHNOLOGIQUES A PLUS LONG TERME POUR L'ASSAINISSEMENT ET LA REUT ?

Le chapitre 6 du rapport se place dans une perspective de plus long terme et évoque des innovations pouvant conduire à des ruptures (changement radical).

Sont balayées dans un premier temps des innovations en lien avec l'énergie : récupération de chaleur des eaux usées, pile à combustible microbienne, valorisation énergétique des boues …

Dans un second temps, le chapitre évoque des questions qui traversent le domaine de l'assainissement et qui pourraient conduire à revoir complètement dans les prochaines décennies les conceptions des réseaux et infrastructures de traitement pour les orienter vers une vision moins centralisées. Il s'agirait en particulier de développer la récupération à la source en séparant le plus en amont possible les différents flux d'eau et de matière, et en les valorisant. Cela peut passer en pratique par la séparation des urines et matières fécales à la source pour valoriser par exemple l'azote et/ou le phosphore au travers d'engrais. Cela peut aussi passer par la séparation des eaux vannes et des eaux grises dans les bâtiments en réutilisant ces eaux grises sur place sans les introduire dans un réseau collectif d'assainissement ou bien encore par le traitement et la valorisation des eaux industrielles directement sur place.

QUELLES GRANDES ORIENTATIONS POUR L'EVOLUTION DU CADRE REGLEMENTAIRE DE LA REUT ?

Cette question est traitée dans le chapitre 7 du rapport.

La proposition majeure formulée en terme réglementaire est de diminuer la pression sur le traitement et de trouver un optimum entre le risque et le coût généré par la filière de traitement. Cette approche, peu appliquée jusqu'à présent dans les pays pratiquant la REUT, est novatrice. Plus concrètement, les propositions faites pour faire évoluer le cadre réglementaire actuel sont les suivantes :

- **Définition de 5 niveaux de qualité de l'eau**, de E (moins qualitative) à A (plus qualitative) en fonction des risques sanitaires liés à l'accès du public, au type de cultures irriguées, aux technologies d'irrigation employées ...

  Les niveaux de qualité sont définis en terme de DBO5, MES, turbidité et microbiologiques (coliformes thermotolérants et œufs d'helminthes). La classe A est par exemple définie par les valeurs suivantes : MES inférieure à 10 mg/L, MES inférieure à 10 mg/L, nombre de coliformes thermotolérants inférieur à 100 pour 100 ml, nombre d'œuf d'helminthe inférieur à 1 pour 100 ml.

  Soulignons que ces niveaux de qualité E à A ne sont pas spécifiques à un usage.

- **Approche à barrières multiples** (niveaux de traitement, pratiques d'irrigation, mesures de protection…) pour ajouter des protections supplémentaires au traitement ;
- **Recommandations de bonnes pratiques** et mesures supplémentaires pour éviter les impacts négatifs sur les sols, les cultures, les eaux souterraines et de surface ;
- **A la mise en œuvre** :
    - Établissement de procédures de contrôle, d'auto-surveillance, de suivi et d'évaluation du système, mise en place de systèmes efficients de mesure de la qualité de l'eau ;
    - Définition des responsabilités institutionnelles et du périmètre d'intervention de chaque institution, des outils de contrôle et de sanctions en cas de non-respect de la réglementation ;
    - Définition d'instruments juridiques pour inciter et faire adhérer les usagers à la REUT avec un dispositif réglementaire associant obligation et incitation.

QUELLES GRANDES ORIENTATIONS POUR L'EVOLUTION DU CADRE INSTITUTIONNEL DE LA REUT ?

Cette question est traitée dans le chapitre 8 du rapport.

Les recommandations proposées sur ce sujet reposent sur 3 grandes idées, applicables de manièer générique aux différents usages possibles des EUT : **décentralisation, responsabilisation et renforcement des capacités**, **intégration des ressources conventionnelles et non conventionnelles**. De manière plus concrète, des organisations différentes de celle existantes aujourd'hui sont proposées pour les différents maillons de la filière REUT :

- Gestion stratégique de la REUT : mise en place d'un **secrétariat permanent** pour la Commission Nationale de la REUT (CNREUT), pérennité et opérationnalité des **Commission Régionales de la REUT (CRREUT)** et développement d'un échelon régional pour la mise en œuvre de la politique de l'eau afin de dépasser une vision qui serait trop atomisée si elle restait à l'échelle des gouvernorats ;
- Pilotage de la REUT : mise en place d'**un organisme responsable de la planification et de la gestion intégrée des ressources en eau**, toutes ressources confondues, organisme qui serait placé **sous tutelle de la Présidence du gouvernement afin de dépasser les visions propres à chacun des ministères concernés ;**
- Gestion opérationnelle de la REUT : **décentralisation** à travers :
    - La nomination d'un **animateur** au sein de la CRREUT, animateur qui aurait n particulier pour charge de **favoriser l'émergence des projets au niveau local** (communication avec communes, GDA, ONAS, usagers…) ;
    - Un **pouvoir d'autorisation des projets** délégué au **Gouverneur**, en sa qualité de président de la CRREUT ;
    - La mise en place **d'équipes projets** en impliquant l'ensemble des acteurs concernés par la filière ;
    - La mise en place de **sociétés ad-hoc** pour la gestion des projets de taille importante ;
- Surveillance et contrôle de la filière : **simplification** de l'organisation des contrôles, **renforcement** des autocontrôles et des laboratoires agréés, centralisation des donnée et **transparence.**

QUELLES GRANDES ORIENTATIONS POUR LE FINANCEMENT DE LA REUT ?

Cette question est abordée dans le chapitre 9 du rapport.

Le coût actuel de l'assainissement (collecte et traitement) s'élève à 1 DT/m^3 et la couverture par les recettes issues de la tarification à 0.67 DT/m^3. Les coûts de la REUT, pour le seul traitement tertiaire (donc sans les coûts liés au transport des EUT, à leur stockage et à leur utilisation) se situent, comme vu plus haut, entre 0.13 et près de 0.70 DT/m^3 en fonction du type de traitement complémentaire mis en place. Le coût pourrait même atteindre près de 2 DT/m3 dans le cas d'un traitement par osmose inverse pour des usages type AEP.

Parmi les modes de financement possibles du coût supplémentaire de la REUT proposés, le plus important pour la pérennité du service est le **système de tarification**. Il détermine le taux de récupération des coûts. Dans beaucoup des cas concernant le financement du petit cycle de l'eau, la contribution des usagers ne suffit pas à couvrir le coût total du service. La partie restante est financée généralement par des subventions publiques, très souvent de l'État. Plusieurs possibilités s'offrent au gouvernement tunisien :

- **Instaurer une taxe sur le prix de l'eau potable et ou le prix de l'assainissement** pour venir financer le coût de la REUT : la contribution aux financements de la REUT des autres usagers de l'eau peut dépendre soit de leur consommation en eau ou être établie de manière forfaitaire (contribution égale pour chaque usager) ;
- **Financer la REUT par les impôts**. Dans ce cas, une subvention d'équilibre viendrait combler l'écart entre les recettes issues de la tarification de la REUT et les coûts du service. La contribution des contribuables se justifie par la présence d'externalités environnementales, sociales et économiques positives générés par la REUT. Il faut néanmoins considérer que le raccordement à l'ONAS n'est pas effectif partout, surtout en milieu rural. Il est donc compliqué, sur le principe, de faire payer la REUT à tous les contribuables ;
- Une autre solution, à la marge, pourrait être de financer la REUT via les **mesures compensatoires de grands projets ayant un impact sur la ressource en eau**. Toutefois, les recettes issues de ce mode de financement sont relativement faibles et viendraient uniquement en complément d'autres sources de financement.

QUELLES VALORISATIONS POSSIBLES DES EUT EN LIEN AVEC LES REALITES SOCIO-ECONOMIQUES DES TERRITOIRES ?

Les analyses prospectives de chacune de ces régions sont présentées dans les chapitres 10 à 15 du rapport.

Après un rappel de la démarche d'ensemble, on indique ci-après les principales conclusions pour chacune des 6 régions d'étude.

Une approche régionale concertée pour construire des scénarios régionaux prospectifs de développement de la REUT

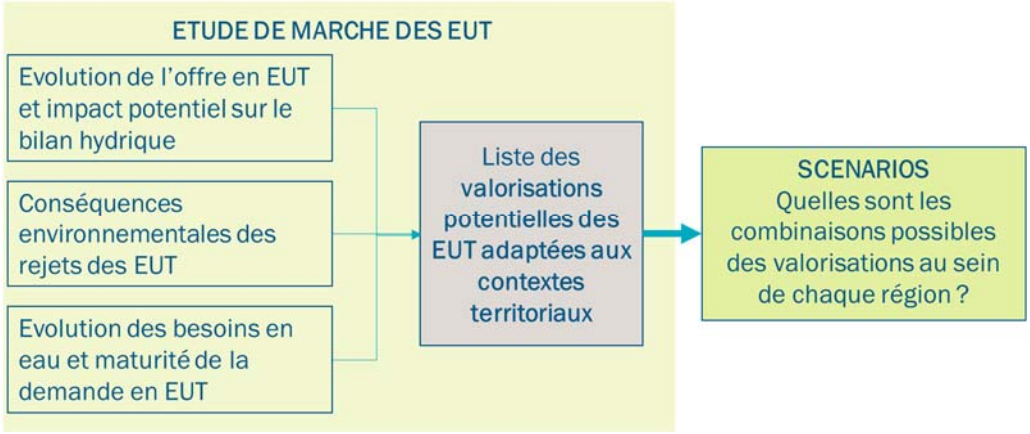
La **concertation régionale** a été menée lieu tout au long de la phase d'étude à travers des réunions de travail avec les acteurs des territoires (gouvernorats, CRDA, ONAS, associations environnementales, représentant du tourisme, de l'industrie …), plus de 300 enquêtes de terrain sur la quasi-totalité des gouvernorats du pays et 6 ateliers régionaux. Ces rencontres ont été l'occasion de cerner le dynamisme des acteurs sur la question, leur acceptabilité et leurs attentes en termes de cadre pour mobiliser plus fortement l'intelligence collective qui est déjà à l'œuvre.

Ces rencontres ont également été l'occasion de dresser au sein de chacune des régions une **carte relativement précise des points noirs liés aux rejets actuels des EUT, avec leurs conséquences sociales, environnementales et économiques**.

L'objectif de l'approche régionale était de **croiser le potentiel de REUT avec la réalité socio-économique et le contexte hydrique des territoires.** Cette démarche peut être résumée en 2 grandes phases :

- Une **étude de marché** détaillée des valorisations possibles des EUT, à l'échelle de 34 sous-zones regroupés au sein des 6 grandes régions de travail, balayant les grandes familles d'usages des EUT et indiquant les enjeux associés vu du territoire ;
- L'élaboration de **scénarios régionaux de développement de la REUT** combinant plusieurs valorisations des EUT présentant une cohérence en termes d'aménagement du territoire et de politique de l'eau. Ces scénarios présentent chacun une image possible de la REUT d'ici 2050, en lien avec l'évolution possible de différentes facteurs de changement (urbanisation, efforts d'investissements dans la REUT, développement d'un secteur économique, etc.).

Figure 1 : Etapes méthodologiques pour l'approche régionale de l'analyse prospective



La réflexion s'est appuyée sur un large effort de cartographie, avec, pour chaque région, l'établissement de cartes croisant le parc épuratoire actuel et projeté avec divers thèmes : ressources en eau de surface, ressources en eau souterraines, agriculture (pour diverses cultures), impacts environnementaux et socio-économiques des rejets d'EUT (déjà mentionné) … Beaucoup de ces cartes sont présentées dans le rapport et elles ont par ailleurs été compilées au sein d'un atlas.

Pour chaque scénario, le volume d'EUT réutilisé est calculé à différents horizons temporels en fonction des valorisations des EUT choisies. En parallèle, les besoins technologiques associés aux volumes d'EUT réutilisés sont indiqués (volumes à traiter selon les différents niveaux de qualité, volumes à transférer selon les distances, volumes à stocker).

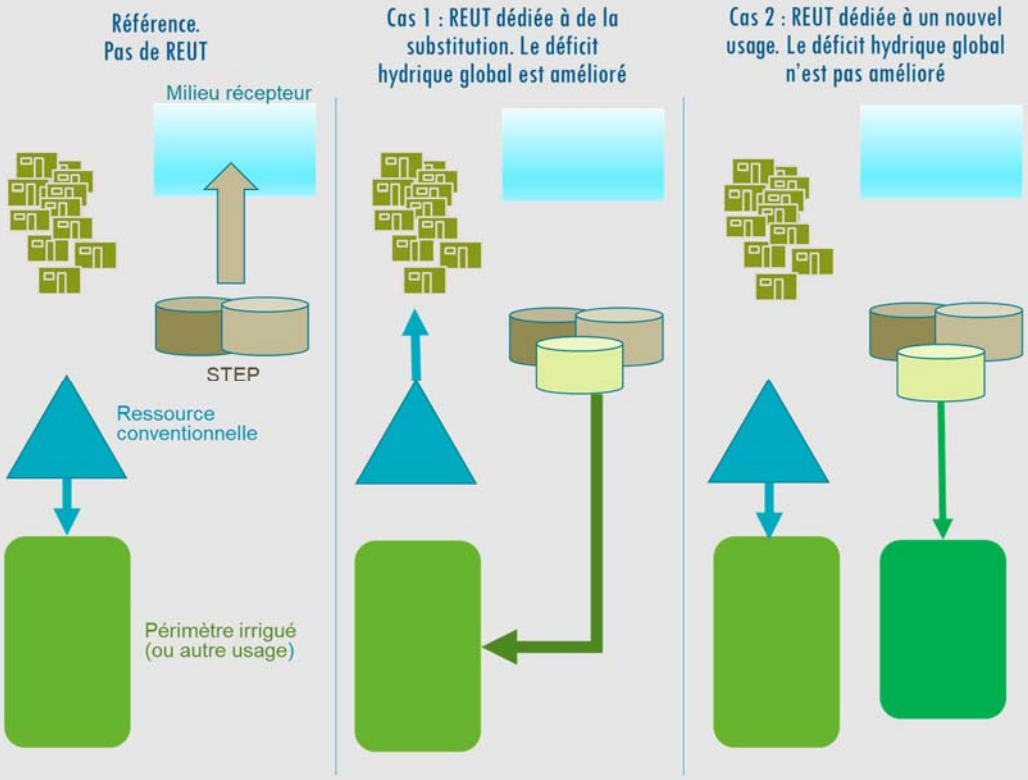
Les scénarios sont ensuite comparés entre eux afin d'aider à la prise de décision et à l'élaboration d'un scénario cible qui sera le plus pertinent à développer pour chaque région. Ce scénario cible pourra être la combinaison de plusieurs des scénarios proposés. Les critères de comparaison développés sont les **coûts globaux** (investissements et exploitation) des principaux maillons de la filière, les **bénéfices territoriaux** apportés par chaque scénario (réponse à des problématiques de changement climatique et de stress hydrique, d'aménagement du territoire et de développement de secteurs économiques) et les **niveaux d'ambition pour dépasser les contraintes sur les aspects institutionnels, réglementaires, sanitaires, environnementaux et d'acceptabilité sociale**.

Comment faire de la EUT un vecteur effectif d'amélioration du bilan hydrique national dans un contexte de hausse de la demande et de baisse des ressources en lien avec le changement climatique ?

Le rapport insiste sur la nécessité de **distinguer avec attention les usages des EUT conduisant à une réduction effective du déficit hydrique du pays, par la substitution d'une ressource conventionnelle, et les usages des EUT conduisant à une nouvelle consommation nette d'eau ne participant pas à l'amélioration du bilan hydrique national comme l'irrigation d'espaces vers précédemment non irrigués, l'irrigation d'un nouveau périmètre irrigué etc.**

Ce point est fondamental pour faire de la REUT un vecteur effectif d'adaptation du pays aux perspectives d'aggravation du stress hydrique en lien avec le changement climatique et la croissance démographique et économique.

Le schéma suivant a été présenté dans ce sens lors du COPIL de fin de phase 2 tenu en novembre 2021 à Tunis.



Source : BRLi

Dans la partie gauche du schéma (Référence), on décrit la situation de référence dans laquelle une ville rejette ses eaux usées dans le milieu naturel et où une zone agricole utilise des eaux conventionnelles pour son irrigation.

Dans le schéma central (Cas 1) on substitue les eaux conventionnelles, utilisées jusque-là sur un périmètre irrigué, par des EUT. La ressource conventionnelle « libérée » permet à la ville de subvenir à ses nouveaux besoins. Il y a bien substitution et amélioration du bilan hydrique globale grâce à la REUT.

Dans le schéma de droite (Cas 2), le périmètre irrigué continue à utiliser les eaux conventionnelles pour son irrigation, les EUT ne sont plus rejetées dans le milieu naturel (ce qui est en soi un progrès) mais elles sont cependant utilisées pour créer un nouveau périmètre irrigué. Il y a hausse globale de la consommation d'eau, et au final, aggravation du bilan hydrique d'un point de vue global. Dans ce cas, la ville risque d'être obligée d'utiliser une ressource telle que le dessalement pour subvenir à ses nouveaux besoins.

La conclusion n'est pas qu'absolument tous les usages des EUT doivent contribuer à de la substitution mais il nous semble fondamental d'avoir cette notion à l'esprit dans l'approche stratégique globale, et, considérant le bilan hydrique actuel de la Tunisie et les perspectives climatiques, **il nous semblerait fondamental qu'une part importante de la politique de REUT vise de la substitution**.

Etude prospective pour la région du Cap Bon

Expérience, stress hydrique, pollution : de nombreux moteurs au développement de la REUT au Cap Bon

La REUT au Cap Bon date des années 80 avec des périmètres irrigués situés près de Nabeul qui comptent parmi les plus anciens de Tunisie s'agissant d'irrigation à partir d'EUT. Bien que les agriculteurs demandent actuellement plus de garanties sur la quantité et la qualité des EUT desservies, le succès relatif de ces périmètres ainsi que les essais de recharge de nappe ont permis aux acteurs régionaux (surtout du monde agricole) de **devenir familiers avec les contraintes et les opportunités potentielles liées à cette ressource en eau non conventionnelle**. De plus, **l'état de stress hydrique avec la surexploitation des nappes phréatiques et la dépendance aux eaux du Nord** pour répondre aux besoins d'une agriculture irriguée intensive oblige la région à **considérer dès à présent toutes les solutions qui aideraient à améliorer son bilan hydrique**. En parallèle, la société civile dans le Gouvernorat est active à travers des associations de protection de l'environnement par exemple. De plus, le **secteur touristique** a un poids économique important bien qu'il soit **impacté par les rejets des eaux usées sur le littoral et les risques de pénurie d'eau** en période estivale. **Tous ces paramètres influent sur la motivation des acteurs à améliorer le traitement des eaux usées et à développer le potentiel de REUT.**

Le tableau ci-dessous résume les 3 scenarios régionaux qui ont été élaborés pour la région du Cap Bon à la suite de l'inventaire des valorisations des EUT possibles provenant de l'étude de marché. A la suite, un autre tableau présente une synthèse des éléments utilisés pour comparer les 3 scénarios (version simplifiée d'un tableau plus complet présenté dans le rapport).

Tableau 2 : Synthèse de l'étude de marché et formulation des scénarios pour la région du Cap Bon

Etude de marché – Inventaire des valorisations des EUT possibles	Formulation des scénarios	Description des scénarios
• Réhabilitation et intensification des périmètres irrigués existants avec des EUT • Substitution des eaux conventionnelles par des EUT dans des périmètres irrigués existants • Création de nouveaux périmètres irrigués • Développement du maraîchage • Recyclage industriel • Irrigation de golfs • Irrigation des espaces verts (touristiques et municipaux) • Recharge de nappe • Alimentation de zones humides	**Scénario 1** : Les EUT, une ressource pour réduire le déficit hydrique régional	Substitution des eaux conventionnelles par des EUT dans les périmètres existants (notamment périmètres agrumicoles de la plaine de Grombalia) Irrigation du maraîchage avec des EUT dans les périmètres littoraux existants (côte orientale) Substitution des eaux conventionnelles par les EUT pour irriguer des espaces verts existants dans les zones touristiques à Nabeul/Hammamet et Kelibia
	Scénario 2 : Les EUT, une ressource supplémentaire pour développer de nouveaux usages	Accent mis sur l'irrigation agricole pour des cultures autorisées actuellement (arbo, fourrages…) Création de nouveaux périmètres irrigués proches des STEP Transfert des EUT de la STEP Hammamet Sud vers Bouficha pour l'irrigation agricole Création de 4 nouveaux golfs
	Scénario 3 : Les EUT, un moyen de protection des ressources souterraines et des milieux sensibles	Recharge des nappes phréatiques de Korba, Oued Souhil, Grombalia et El Haouaria et création d'une barrière hydraulique contre l'intrusion du biseau salé Réhabilitation des sites existants de recharge à Korba et Oued Souhil Réutilisation indirecte des EUT après recharge de nappes pour l'agriculture, dont maraîchage Soutien hydrologique au besoin des lagunes littorales

Tableau 3 : Elements pour comparer les scénarios de la zone Cap Bon

Rappel du volume d'EUT produit (Mm^3)		*2030 : 36 2050 : 45 (dont 3 Mm^3 de recyclage industriel)*		
Indicateurs		Scénario 1	Scénario 2	Scénario 3
Volume réutilisé (Mm3) et part du volume réutilisé / volume produit (%)	2030	14 (41 %)	21 (60 %)	19 (55 %)
	2050	29 (69 %)	34 (80 %)	23 (54 %)
Superficies 2050 irriguées (ha)	Agricoles totales	2 762	3 922	603
	dont existantes avec EUT en 2020	*335*	*335*	*335*
	dont substitution	*2 160*	*0*	*0*
	dont création	*268*	*3 587*	*268*
	Espaces verts et golfs	547	355	135
	dont existantes avec EUT en 2020	*135*	*135*	*135*
	dont substitution	*412*	*0*	*0*
	dont création	*0*	*220*	*0*
Coût (DT/m^3)		0,26	0,32	0,24
Investissement initial (DT)		62 000 000	138 000 000	25 000 000
Consommation d'énergie	Totale (kWh/m^3)	0,36	0,34	0,22
	dont part traitement	39 %	24 %	73 %
	dont part transfert	0 %	6 %	0 %
Réduction du déficit hydrique (%)	2050	15 %	2 %	9 %
Volume substitué (Mm^3)	2050	23	0	16
Complexité de mise en œuvre (Besoins technologiques, institutionnels, réglementaires, acceptabilité sociale)		+++	+	+++

La REUT pour s'adapter à la raréfaction des ressources plutôt que pour répondre à des nouveaux besoins

Jusqu'à présent, cette motivation se matérialise avec la volonté de création de nouveaux périmètres irrigués à proximité des STEP, bien que ces projets rencontrent des difficultés de financement. Mais les acteurs ont conscience qu'il faudra rapidement **raisonner à l'échelle de toutes les ressources en eau de la région pour valoriser au mieux les EUT** afin qu'elles aident à **répondre au phénomène de raréfaction des ressources** avec la hausse des demandes et le changement climatique.

La recommandation du Consultant est que les efforts soient portés au maximum sur des usages qui ne créent pas de nouveaux besoins. Il pourrait s'agir de **substitution des eaux conventionnelles dans des périmètres existants et/ou de recharge de nappe**.

Lors de l'atelier de concertation régional, il a d'ailleurs été mentionné l'importance d'irriguer la plaine de Grombalia avec des EUT pour sauvegarder les agrumes. Cependant, la substitution des eaux conventionnelles par des EUT dans des périmètres existants nécessitera des mesures incitatives et des campagnes de sensibilisation sur le stress hydrique et la qualité des EUT auprès des agriculteurs pour les convaincre de renoncer à une ressource conventionnelle. Il faut noter de plus les craintes exprimées pour l'irrigation directe du maraîchage avec les EUT, même sur le long terme. La recharge de nappe, pour les zones où elle est faisable comme sur la côte orientale, en plus de stocker les EUT et d'améliorer la qualité des eaux souterraines, aidera à préserver les périmètres maraîchers tout en ajoutant un garde-fou supplémentaire sur la qualité finale des EUT et sera donc possiblement plus acceptable socialement.

Etude prospective pour la région du Sahel et de Sfax

Une région partagée entre dynamisme économique et bilan hydrique déficitaire

Le bilan ressources/besoins en eau de la zone Sahel - Sfax oblige cette région à être dépendante des ressources du Nord et du Centre. Elle subit déjà de plein fouet les conséquences du stress hydrique. Celles-ci contraignent les usagers de l'eau à valoriser au mieux les ressources disponibles. Certains maraîchers sont même prêts à utiliser les eaux potables de la SONEDE pour irriguer leurs cultures à haute valeur ajoutée. C'est particulièrement le cas lors des années sèches, de plus en plus fréquentes. Outre la quantité, c'est aussi la qualité des ressources locales qui se dégradent avec l'augmentation de la salinité des nappes souterraines. Pour Sfax, c'est déjà l'alimentation en eau potable qui est menacée, d'où le choix du dessalement de l'eau de mer. **La nécessité d'économiser les ressources en eau locales et de mieux les gérer s'est donc déjà imposée à l'esprit des acteurs du territoire.**

La région se partage entre des zones aux problématiques territoriales différentes mais toutes liées au manque de ressources hydriques : d'une part, **les zones littorales où la concurrence pour l'accès à l'eau entre les usages est de plus en plus forte de par la variété des activités économiques** (cultures sous serres, arboriculture irriguée, industries diverses, tourisme balnéaire etc.). D'autre part, **les zones intérieures où l'agriculture pluviale, qui est l'activité économique principale, va être de plus en plus fragilisée par le changement climatique.**

Les EUT : une nouvelle ressource en eau à exploiter

Les phases de concertation au niveau de cette région ont été l'occasion d'échanges nourris, que ce soit au niveau des décideurs locaux ou des usagers de l'eau. Le périmètre irrigué de Ouardanine, en tant que modèle de réussite, a aidé à populariser les valorisations possibles des EUT dans le secteur agricole. Les idées échangées ont été nombreuses, preuve de l'intérêt des acteurs pour le sujet. Des études régionales ont commencé à être lancées pour déterminer comment valoriser au mieux les EUT sur des zones spécifiques. C'est le cas des études en cours d'élaboration sur le devenir des EUT pour les pôles urbains de Sousse, Monastir et Mahdia portées l'ONAS et la DGGREE. **Ces projets démontrent la volonté des acteurs de développer des projets de REUT.**

Les impacts négatifs actuels sur l'environnement des rejets des eaux usées s'ajoutent aux problématiques de stress hydrique. La pollution du littoral perturbe les activités touristiques et de pêches, les rejets des industries textiles contaminent les oueds et les lagunes tandis que la forte croissance démographique amène à la réalisation de pôles épuratoires toujours plus étendus. **Si la REUT permet de limiter les rejets dans les milieux sensibles tout en dynamisant un secteur économique, le niveau d'acceptabilité sociale ne sera que plus haut, pour peu que la qualité des EUT soient garanties pour les différents usagers et que l'information devienne totalement transparente sur ce sujet.**

Le tableau ci-dessous résume les 3 scenarios régionaux qui ont été élaborés pour la région du Sahel et de Sfax à la suite de l'inventaire des valorisations des EUT possibles provenant de l'étude de marché. A la suite, un autre tableau présente une synthèse des éléments utilisés pour comparer les 3 scénarios (version simplifiée d'un tableau plus complet présenté dans le rapport).

Tableau 4 : Synthèse de l'étude de marché et formulation des scénarios pour la région Sahel - Sfax

Etude de marché – Inventaire des valorisations des EUT possibles	Formulation des scénarios	Description des scénarios
• Réhabilitation et intensification des périmètres irrigués existants avec des EUT • Substitution des eaux conventionnelles par des EUT dans des périmètres irrigués existants • Création de nouveaux périmètres irrigués (avec ou sans transfert vers les zones intérieures) • Développement du maraîchage • Recyclage industriel • Irrigation des espaces verts (touristiques et municipaux) • Recharge de nappe	**Scénario 1** : les EUT, une opportunité pour préserver les terres agricoles périurbaines et réduire le déficit	Préservation et extension des périmètres irrigués avec des EUT menacés d'urbanisation (Zaouiet Sousse, El Hajeb…) Irrigation des périmètres irrigués existants avec des EUT, dont le maraîchage, près de Monastir et Sousse (notamment ceux alimentés par le barrage de Nebhana) Création de périmètres irrigués arboricoles et fourragers près des STEP des petites communes Recharge de nappe quand c'est possible (nappes de Kondar, Chebba Ghedabna, Agareb, Chaffar, El Hencha, Jbeniana)
	Scénario 2 : Les EUT, une ressource pour aider au développement des zones agricoles intérieures	Disparition des périmètres irrigués avec des EUT périurbains (El Hajeb, Zaouiet Sousse…) Accent sur l'irrigation agricole pour des cultures autorisées actuellement (arboriculture, fourrages…) et réduction du déficit fourrager Transfert des EUT vers les zones rurales intérieures où l'agriculture pluviale est menacée par le changement climatique (jusqu'entre 20 et 30 km vers Sidi El Heni/Msaken et au sud de Sfax) Valorisation des terres agricoles de l'OTD
	Scénario 3 : Les EUT, une ressource exploitée localement pour réduire la consommation en eau potable des usages urbains	EUT utilisées localement pour usages urbains, existants et projetés : espaces verts touristiques et municipaux, industries Préservation de l'eau potable pour des usages domestiques Autorisation de nouveaux golfs, nouvelles zones touristiques et industrielles à condition de valoriser les EUT autant que possible Création de périmètres irrigués arboricoles et fourragers près des STEP des petites communes

Tableau 5 : Elements pour comparer les scénarios pour le Sahel et Sfax

Rappel du volume d'EUT produit (Mm³)		*2030 : 136 2050 : 174 (dont 11 Mm³ de recyclage industriel)*		
Indicateurs		**Scénario 1**	**Scénario 2**	**Scénario 3**
Volume réutilisé (Mm3) et part du volume réutilisé / volume produit (%)	2030	29 (23 %)	33 (26 %)	36 (28 %)
	2050	98 (60 %)	152 (93 %)	50 (30 %)
Superficies 2050 irriguées (ha)	Agricoles totales	13 104	21 475	4 938
	dont existantes avec EUT en 2020	*745*	*120*	*745*
	dont substitution	*11 392*	*0*	*0*
	dont création	*967*	*21 355*	*4 193*
	Espaces verts et golfs	220	220	1 751
	dont existantes avec EUT en 2020	*220*	*220*	*220*
	dont substitution	*0*	*0*	*370*
	dont création	*0*	*0*	*1 161*
Coût (DT/m3)		0,35	0,38	0,24
Investissement initial (DT)		323 000 000	767 000 000	120 000 000
Consommation d'énergie (kWh/m³)	Totale	0,48	0,47	0,22
	dont part Traitement	31 %	17 %	36 %
	dont part Transfert	21 %	29 %	0 %
Réduction du déficit hydrique (%)	2050	67 %	0 %	12 %
Volume substitué (Mm³)	2050	89	0	16
Complexité de mise en œuvre (Besoins technologiques, institutionnels réglementaires, acceptabilité sociale)		+++	+	++

La REUT pour répondre à quels objectifs ?

Jusqu'à présent, la création de nouveaux périmètres irrigués de faible superficie à proximité des STEP pour l'irrigation d'arbres fruitiers ou de fourrages a été favorisée. Pour améliorer le taux de réutilisation des EUT dans la région, des **choix stratégiques territoriaux** seront nécessaires :

- Améliorer les **niveaux de traitement des EUT et irriguer les cultures maraichères du littoral** ou les transférer **zones intérieures pour développer de nouveaux périmètres** ?
- **Préserver des périmètres irrigués périurbains existants** ou **développer des zones agricoles dépourvues de ressources en eau pour l'irrigation** ?

La recommandation du Consultant, au regard des enjeux liés au stress hydrique et à la concurrence entre les usages de l'eau dans cette région, est de privilégier le scénario 1 dans un premier temps. Les périmètres existants périurbains doivent être conservés (Zaouiet Sousse, El Hajeb) pour préserver de l'extension urbaine ces terres agricoles qui peuvent être valorisées avec des EUT. Les traitements des STEP doivent être améliorés sur le moyen terme jusqu'à un niveau de qualité A afin de lever les restrictions culturales et irriguer le maraîchage. Les périmètres existants avec les eaux de barrages (comme Nebhana) doivent désormais être au maximum alimentés par des EUT afin de réduire le déficit hydrique et conserver les eaux conventionnelles pour l'AEP. Cependant, des contraintes fortes seront à lever pour développer ces usages, comme la problématique de la salinité des pôles épuratoires du littoral et la sensibilisation des maraîchers et des consommateurs. Le développement de nouveaux périmètres irrigués avec stockage et transfert vers les terres intérieures, quant à lui, ne doit être envisagé qu'après une étude fine de l'impact de tels projets sur le bilan hydrique de la région et l'épuisement des possibilités d'utilisation plus locale des EUT.

Etude prospective pour la région du Grand Tunis et de Zaghouan

Le Grand Tunis, premier pôle producteur des EUT du pays dans une région avec un bilan hydrique non déficitaire… jusqu'à présent

La **production d'EUT au niveau du Grand Tunis est un enjeu stratégique majeur pour le pays**. En effet, **l'abondance des volumes produits** (proches de 240 Mm^3 en 2050) et les **impacts environnementaux négatifs de leurs rejets dans le Golfe de Tunis** exigent un questionnement éminent sur leur devenir.

Les phases de concertation menées lors de cette phase de prospective ont montré l'intérêt plus faible des acteurs régionaux pour le sujet de la REUT par rapport à d'autres régions présentant un bilan hydrique déficitaire. En effet, les besoins en eau actuels sont satisfaits grâce, notamment, aux transferts des eaux du Nord. **L'offre en EUT est donc supérieure à la demande**.

Cependant, de nombreux facteurs risquent d'influer sur ce transfert des eaux du Nord : croissance démographique et augmentation des besoins en AEP, développement industriel, diminution de la disponibilité des eaux de surface et augmentation des besoins des cultures avec le changement climatique, etc. **La concurrence entre les usages va s'intensifier et le déficit hydrique va se creuser** (estimation d'un déficit de 125 Mm^3 pour le Grand Tunis en 2050 dans un scénario modéré des conséquences du changement climatique). **Dans un tel contexte, les EUT devront trouver leur place dans le mix des ressources hydriques de la région afin de pallier ce déficit**. Les choix politiques qui vont conditionner l'avenir de la REUT pour la zone du Grand Tunis sont donc cruciaux.

Le tableau ci-dessous résume les 4 scénarios régionaux qui ont été élaborés pour la région du Grand Tunis et Zaghouan à la suite de l'inventaire des valorisations des EUT possibles provenant de l'étude de marché. A la suite, un autre tableau présente une synthèse des éléments utilisés pour comparer les 4 scénarios (version simplifiée d'un tableau plus complet présenté dans le rapport).

Tableau 6 : Synthèse de l'étude de marché et formulation des scénarios pour la région du Grand Tunis et Zaghouan

Etude de marché – Inventaire des valorisations des EUT possibles	Formulation des scénarios	Description des scénarios
• Réhabilitation et intensification des périmètres irrigués existants avec des EUT • Substitution des eaux conventionnelles par des EUT dans des périmètres irrigués existants • Création de nouveaux périmètres irrigués • Transfert des EUT puis substitution dans des périmètres existants • Transfert des EUT puis création de nouveaux périmètres irrigués • Développement du maraîchage • Recyclage industriel • Irrigation des espaces verts (touristiques et municipaux) • Recharge de nappe • Transfert des EUT puis recharge de nappe • Alimentation de zones humides • Alimentation en eau potable	**Scénario 1** : les EUT, une ressource locale pour aider à l'alimentation en eau potable du Grand Tunis	Valorisation des EUT autant que possible pour des usages urbains, existants et projetés (industries, espaces verts municipaux et touristiques, golfs…) Production d'eau potable à partir des EUT pour alimenter le Grand Tunis (horizon 2050)
	Scénario 2 : Les EUT, une ressource locale pour garantir l'alimentation du Grand Tunis en primeurs et améliorer le cadre de vie urbain	Valorisation des EUT autant que possible pour des usages urbains, existants et projetés (industries, espaces verts municipaux et touristiques, golfs…) Maîtrise du développement urbain en préservant des périmètres irrigués périurbains (substitution dans des périmètres existants) Valorisation écologique de la sebkha Sejoumi Développement du maraîchage avec les EUT
	Scénario 3 : Les EUT, un moyen de préservation des terres agricoles périurbaines tout en réduisant le stress hydrique	Maîtrise du développement urbain en préservant des périmètres irrigués périurbains (substitution dans des périmètres existants de la basse vallée de la Medjerdah et de la plaine de Mornag) Irrigation de cultures actuellement autorisées (arboriculture, fourrages, céréales…) Transfert jusqu'au Cap Bon pour irriguer les périmètres agrumicoles existants et recharger la nappe de Grombalia des EUT de Sud Meliane
	Scénario 4 : Les EUT, une ressource pour dynamiser des zones agricoles, pour certains non irrigués, à l'extérieur du Grand Tunis	Disparition des périmètres irrigués périurbains (Borj Touil et PI avec des eaux conventionnelles proches des pôles urbains) Substitution des eaux conventionnelles par des EUT dans les périmètres restants Création de nouveaux périmètres irrigués proches des petites STEP (Manouba, Zaghouan) et en transférant les EUT de El Attar vers le gouvernorat de Zaghouan Transfert jusqu'au Cap Bon pour irriguer les périmètres agrumicoles existants et recharger la nappe de Grombalia des EUT de Sud Meliane

Tableau 7 : Elements de comparaions des scénarios pour la zone Tunis - Zaghouan

Rappel du volume d'EUT produit (Mm^3)		*2030 : 165 2050 : 244 (dont 10 Mm^3 de recyclage industriel)*			
Indicateurs		Scénario 1	Scénario 2	Scénario 3	Scénario 4
Volume réutilisé (Mm3) et part du volume réutilisé / volume produit (%)	2030	32 (20 %)	127 (80 %)	116 (73 %)	70 (44 %)
	2050	192 (82 %)	213 (91 %)	214 (91 %)	183 (78 %)
Superficies 2050 irriguées (ha)	Agricoles totales	1 421	22 992	22 017	25 827
	dont existantes avec EUT en 2020	*1 421*	*2 421*	*2 421*	*80*
	dont substitution	*0*	*16 262*	*16 296*	*9 885*
	dont création	*0*	*4 309*	*3 300*	*15 862*
	Espaces verts et golfs	801	801	103	103
	dont existantes avec EUT en 2020	*94*	*94*	*94*	*94*
	dont substitution	*399*	*399*	*9*	*9*
	dont création	*308*	*308*	*0*	*0*
Coût (DT/m3)		1,05	0,32	0,35	0,50
Investissement initial (DT)		748 000 000	794 000 000	780 000 000	1 172 000 000
Consommation d'énergie (kWh/m3)	Totale	1,74	0,33	0,42	0,76
	dont part Traitement	99 %	26 %	23 %	11 %
	dont part Transfert	0 %	16 %	24 %	64 %
Réduction du déficit hydrique (%)	2050	100%	100%	100%	88%
Volume substitué (Mm^3)	2050	170	120	156	100
Complexité de mise en œuvre (Besoins technologiques, institutionnels, réglementaires, acceptabilité sociale)		++++	+++	++	+

Des possibilités de REUT multiples à prioriser en fonction des bénéfices territoriaux recherchés

La multiplicité des possibilités de REUT rend complexe la question des choix de valorisations à privilégier. Pour certains gouvernorats, les flux d'EUT produits pourront être absorbés à proximité des STEP pour des usages agricoles : c'est le cas de la Manouba ; de Zaghouan, et de l'Ariana. Pour les principales STEP du pôle urbain de Tunis (Choutrana, Sud Meliane, El Attar), le volume produit ne pourra pas être entièrement réutilisé sur place. **Même si on privilégie des usages urbains, les besoins ne seront pas suffisants** (estimation à 6 % des EUT produites) pour utiliser les EUT produites, sauf en cas d'usage pour l'AEP. **Le transfert vers des zones agricoles sera incontournable pour valoriser les EUT, à moins que l'usage eau potable avec la REUT soit développé.**

En termes d'usages agricoles, les possibilités restent nombreuses : irrigation des cultures maraîchères, création de nouveaux périmètres ou substitution des eaux conventionnelles dans des périmètres existants, transferts jusqu'au Cap Bon pour répondre aux besoins existants ou jusqu'à Zaghouan pour développer des surfaces irriguées, etc. Chacune de ces possibilités répond à des enjeux territoriaux précis. Cette phase prospective a été l'occasion, lors des rencontres avec les acteurs régionaux, de **faire germer l'idée qu'une substitution des eaux du nord alimentant les périmètres de la Basse Vallée de la Medjerdah par les EUT est une option envisageable**. Elle serait une **réponse forte à la dégradation du bilan hydrique** de la région tout en aidant à la **préservation de terres agricoles périurbaines**. Il en est de même pour les périmètres irrigués de la plaine de Mornag pour **la conservation de son patrimoine arboricole**, même si la défiance envers les EUT dans cette région est plus forte à cause des mauvaises expériences du passé.

L'avis du Consultant est que le scénario 1, qui propose la potabilisation des EUT à l'horizon 2050, apparaît comme peu réaliste à cet horizon au regard du niveau de technologie demandé et des coûts associés. D'autres valorisations des EUT sont à privilégier dans un premier temps. A moyen terme, l'accent devrait être mis (i) sur la préservation des eaux du Nord pour l'AEP du Grand Tunis et (ii) sur la préservation des terres agricoles périurbaines avec la substitution des eaux de barrages dans les périmètres existants de la Medjerdah et de Mornag. Des outils devront être mis en place pour sensibiliser les agriculteurs au changement de ressources (subventions, formations, sensibilisation au déficit hydrique, obligations, etc.). Toujours d'après le Consultant, le transfert des EUT du Grand Tunis vers le gouvernorat de Zaghouan pour la création de nouveaux périmètres irrigués ne semble pas opportun au regard de l'impact sur le bilan hydrique global de telles valorisations (augmentation globale de la consommation d'eau), des coûts d'investissement et de fonctionnement très importants nécessaires et de la forte consommation énergétique associée. Ce transfert sera éventuellement à considérer en dernier ressort en fonction des volumes restants des EUT après leur valorisation au maximum au plus proche du pôle urbain.

Etude prospective pour la région du Grand Sud

Un déficit hydrique régional alarmant auquel la REUT n'apportera qu'une réponse marginale…

Le niveau de **surexploitation des nappes souterraines** et notamment des **ressources fossiles** dans le Sud tunisien ont atteint des **niveaux alarmants**. Ce **bilan hydrique grandement déficitaire** risque de **continuer à se dégrader** car l'arrêt de l'extension des superficies irriguées n'est pas encore maîtrisé malgré la volonté politique.

Les **volumes d'EUT** produits à l'échelle de tout le Sud tunisien ne seront **pas négligeables d'ici 2050** puisqu'ils représenteront près de **100 Mm³ produits**. Cependant, la production sera éparpillée sur un vaste territoire en comparaison d'autres pôles de production d'EUT comme le Grand Tunis, Nabeul, Sousse ou Sfax. Pratiquement, vu les usages des EUT pouvant être pratiquement développés, **la REUT restera, en grand, pour la région Grand Sud une solution marginale pour remédier** à son important déficit hydrique. Plus localement, sur le littoral en particulier, **la REUT pourra toutefois contribuer plus significativement à sa résorption.**

Le tableau ci-dessous résume les 2 scénarios régionaux qui ont été élaborés pour la région du Grand Sud à la suite de l'inventaire des valorisations des EUT possibles provenant de l'étude de marché. A la suite, un autre tableau présente une synthèse des éléments utilisés pour comparer les 2 scénarios (version simplifiée d'un tableau plus complet présenté dans le rapport).

Tableau 8 : Synthèse de l'étude de marché et formulation des scénarios pour la région du Grand Sud

Etude de marché – Inventaire des valorisations des EUT possibles	Formulation des scénarios	Description des scénarios
• Réhabilitation et intensification des périmètres irrigués existants avec des EUT • Substitution des eaux conventionnelles par des EUT dans des périmètres irrigués existants • Création de nouveaux périmètres irrigués • Réutilisation industrielle • Irrigation des espaces verts (touristiques et municipaux) • Recharge de nappe • Recyclage des eaux grises des hôtels • Reboisement/irrigation des pépinières forestières	**Scénario 1** : Les EUT, une ressource pour réduire la pression sur les nappes souterraines surexploitées	Réutilisation des EUT des villes de Gafsa et Gabes pour le secteur des phosphates et en remplacement des eaux de nappes prélevées Développement d'usages touristiques à Djerba et Zarzis (irrigation des espaces verts existants) Irrigation des oasis en substitution des eaux de nappes à Tozeur, Kebili, El Hamma et Gabes Recharge des nappes de façon marginale dans les zones rurales et à Medenine par des écoulements et infiltration via les oueds
	Scénario 2 : Les EUT, une ressource pour aider au développement local agricole et touristique	Réhabilitation, intensification voir extension des perimètres irrigués existants (El Aguila, Dissa, Ouljet El Khoder, Tataouine…) Création de nouveaux périmètres irrigués proches des STEP pour réduire le déficit fourrager et augmenter les rendements des oliviers dans la zone littorale Développement de nouveaux usages touristiques (irrigation d'espaces verts existants et projetés, recyclage des eaux grises pour les nouvelles constructions) pour les zones projetées (extensions à Djerba, El Hamma, Sud de Gabes, Tozeur, Douz…)

Tableau 9 : Elements de comparaions des scénarios pour la zone Grand Sud

Rappel du volume d'EUT produit (Mm^3)		*2030 : 65*	*2050 : 99*
Indicateurs		Scénario 1	Scénario 2
Volume réutilisé (Mm3) et part du volume réutilisé / volume produit (%)	2030	40 (59 %)	41 (64 %)
	2050	62 (62 %)	85 (86 %)
Superficies 2050 irriguées (ha)	Agricoles totales	1 426	4 418
	dont existantes avec EUT en 2020	*152*	*440*
	dont substitution	*1 274*	*0*
	dont création	*0*	*3 978*
	Espaces verts et golfs	529	2 549
	dont existantes avec EUT en 2020	*44*	*44*
	dont substitution	*485*	*485*
	dont création	*0*	*2 020*
Coût (DT/m^3)		0,19	0,22
Investissement initial (DT)		81 000 000	174 000 000
Consommation d'énergie	Totale (kWh/m^3)	0,20	0,25
	dont part traitement	58 %	31 %
	dont part transfert	0 %	0 %
Réduction du déficit hydrique (%)	2050	10 %	2 %
Volume substitué (Mm^3)	2050	56	13
Complexité de mise en œuvre (Besoins technologiques, institutionnels réglementaires, acceptabilité sociale)		++	+

…Mais des potentiels de réutilisation locaux à considérer pour répondre à des problématiques spécifiques et limiter la pollution

Les enjeux de la REUT pour cette région se concentrent en effet surtout sur le littoral avec la **ville de Gabes** et le **pôle touristique Djerba/Zarzis**. Ces deux zones regrouperont potentiellement, **en 2050, 40 % des flux d'EUT du Grand Sud**. Les choix d'orientation de ces flux devront se faire entre la **substitution d'usages qui prélèvent actuellement dans les nappes**, comme les usages industriels ou touristiques existants, ou la **création de nouveaux usages** pour répondre à des demandes comme la production fourragère ou la création d'espaces verts.

L'avis du Consultant est que ces choix de valorisations devront être étudiés en parallèle lors du lancement d'un projet de REUT au niveau de ces STEP. Le choix devra ensuite se faire au cas par cas en fonction des enjeux territoriaux à proximité de la STEP étudiée.

Pour les zones restantes, outre les chefs-lieux des Gouvernorats (Gafsa, Medenine, Tataouine, etc…), l'assainissement de la région concernera des **STEP aux capacités modestes où les potentiels de réutilisation seront à étudier au cas par cas.** Les valorisations concerneront surtout de **l'irrigation agricole directe**. Une autre alternative sera la **recharge de nappe** par des procédés d'infiltration simples dans les oueds si les volumes ne sont pas suffisants pour créer un périmètre irrigué ou s'il n'y a pas de demandes agricoles. La REUT pour ces STEP représentera plus des enjeux locaux que nationaux. Un de ces enjeux sera notamment de **limiter les nuisances au niveau des milieux de rejets des STEP**, que ce soit des eaux stagnantes pour les milieux continentaux (STEP de Medenine, Gafsa, Tataouine, etc.) ou les pollutions littorales (Gabes, Djerba, Zarzis). D'autres enjeux pourront être la poursuite ou le **développement d'activités économiques cruciales**, comme, par exemple, **l'exploitation phosphatière** à Gafsa.

Etude prospective pour la région du Centre

Une production faible d'EUT, disséminée sur un vaste territoire qui ne permettra pas d'avoir un impact conséquent sur le déficit hydrique régional

Le développement de l'agriculture irriguée et les transferts d'eau vers le Sahel et Sfax ont fortement **dégradé le bilan hydrique de la zone du Centre**, malgré les volumes importants de ressources en eaux souterraines renouvelables. La **surexploitation des nappes souterraines** est à un point critique sur certaines zones (**déficit proche de 230 Mm^3**), notamment pour la plaine de Kairouan.

Les EUT, en venant remplacer les eaux de nappes surexploitées dans certains périmètres, permettraient de participer à la **réduction du déficit hydrique de la zone**. Cependant, les volumes en jeu d'EUT produites restent modestes face aux prélèvements effectués (**réduction potentielle de seulement 10 % du déficit en 2050** si on utilise 100 % des EUT).

Cependant, si l'on se place à une **échelle interrégionale**, il faut noter que **la REUT pourrait avoir indirectement un fort impact sur le bilan hydrique de la zone si la REUT se développait au Sahel et à Sfax**. En effet, les ressources conventionnelles du Centre sont mobilisées pour alimenter le littoral. L'exploitation de ressources comme les EUT sur le littoral permettrait de **libérer des ressources pour le Centre qui pourront être valorisées plus localement**. Pour rappel, 60 à 70 Mm^3/an sont transférés chaque année. De plus, celle nouvelle allocation des ressources en eau participerait à la baisse des tensions existantes liées au partage de l'eau et aux fractures de développement économique entre les régions littorales et intérieures.

Des EUT encore perçues comme une source de pollution plutôt qu'une ressource potentielle

L'enjeu lié aux EUT pour cette zone se situe surtout dans **l'amélioration du taux de raccordement aux réseaux d'assainissement collectif** pour les communes rurales et la **réduction de la pollution liée aux rejets des eaux usées** (brutes ou traitées). Même si les volumes produits sont faibles, les nuisances causées par ces rejets peuvent être fortes localement pour les riverains. Des nappes phréatiques peuvent même être contaminées via l'infiltration de ces rejets ne respectant pas les normes de qualité.

Comme observé lors des différentes étapes de concertation de l'étude sur la zone du Centre, les échanges ont souvent portés sur les impacts négatifs actuels des rejets d'eaux usées et les risques environnementaux et sanitaires rattachés, plutôt que sur leur possible valorisation. Cela montre que ces **eaux usées sont encore beaucoup perçues comme des sources de pollution dans cette zone plutôt qu'une potentielle ressource en eau.**

Des EUT à gérer localement en fonction des opportunités à saisir à proximité des STEP

Au regard de l'orientation très agricole de la région, les propositions de valorisations possibles des EUT pour cette zone ont surtout concerné **l'irrigation directe ou la recharge de nappe**. Ce dernier usage peut se faire via des procédés d'infiltration dans les oueds au vu du contexte hydrogéologique, afin de relever le niveau piézométrique des nappes les plus surexploitées ou de faire un stockage inter saisonnier des EUT. **La majorité des flux d'EUT sont concentrés au niveau des chefs-lieux des gouvernorats (près de 55 % des EUT produites en 2050).** La REUT agricole peut participer à la **sauvegarde de certaines espèces arboricoles typiques de la région** (pommiers, abricotiers, amandiers, pistachiers) ou au **développement de la filière biologique oléicole**. La production fourragère est aussi envisageable avec les EUT, ce qui aiderait à **réduire le déficit fourrager** de la région avec la dégradation des parcours. Pour les STEP restantes de la zone, il est **difficile de définir une orientation stratégique globale** car les choix de valorisations des EUT dépendront des contextes territoriaux et sociaux à proximité de chaque STEP. Les enjeux de REUT liés à ces STEP n'étant pas des enjeux nationaux au vu des volumes produits, ni même régionaux, il conviendra de **laisser la gestion de ces EUT à un niveau plus local afin de saisir rapidement les opportunités de valorisation qui pourront se présenter.** Par exemple, des nouveaux usages industriels peuvent être envisagés en lien avec le développement économique de la région (extraction de phosphates dans le gouvernorat de Meknassy).

Etude prospective pour la région du Nord Ouest

Le développement local de la REUT, une action qui restera marginale dans la gestion l'eau à l'échelle de la région

La région du Nord-Ouest est considérée comme le « **château d'eau » de la Tunisie** grâce à l'abondance de ces ressources en eau de surface, exportées dans des zones déficitaires du pays, Grand Tunis, Cap Bon, Sahel. **Les volumes en jeu d'EUT produits restent très modestes face aux ressources en eau globales de la zone** : ils représentent **2 % des ressources en eau de surface et souterraines,** sachant que le bilan hydrique de la zone est excédentaire.

Si l'on se place à une échelle interrégionale, **le développement de la REUT dans ces zones dépendantes des Eaux du Nord pourrait cependant contribuer à diminuer les prélèvements pour l'agriculture et conserver les eaux conventionnelles pour des usages exigeants en qualité comme l'AEP.**

On peut aussi considérer que, de par leur rejet dans des milieux superficiels, les EUT produites contribuent indirectement aux usages aval et sont déjà réutilisées de manière indirecte.

A l'échelle de la zone du Nord-Ouest, l'enjeu lié aux EUT se situe donc surtout dans **l'amélioration du taux de raccordement aux réseaux d'assainissement collectif** pour les communes rurales et la **réduction de la pollution liée aux rejets des eaux usées**. De nombreuses craintes ont notamment été exprimées sur la responsabilité des EUT dans la contamination des eaux des barrages et des eaux de nappes.

Des EUT à gérer localement en fonction des opportunités à saisir à proximité des STEP

Le bilan hydrique régional excédentaire masque cependant quelques **disparités locales**, comme les zones au sud des gouvernorats du Kef et de Siliana ou le littoral de Bizerte qui subissent **un stress hydrique** lors des années sèches. Au regard de l'orientation très agricole de la région, les propositions de valorisations possibles des EUT pour cette zone portent surtout sur des **substitutions par les EUT d'eaux conventionnelles dans des périmètres existants ou des créations de nouveaux périmètres.** Pour le **pôle urbain de Bizerte** notamment, qui concentrera près de **45% des EUT de la région à l'horizon 2050,** il existe des possibilités de **substitution dans des périmètres irrigués existants** qui peinent déjà à s'alimenter par les eaux des barrages les années sèches.

Pour les STEP restantes de la zone, il est **difficile de définir une orientation stratégique globale** car les choix de valorisations des EUT dépendront des contextes territoriaux et sociaux à proximité de chaque STEP. Pour les STEP rejetant directement dans les cours d'eau de la Medjerdah, des valorisations indirectes de ces EUT pourront être suffisantes s'il n'y a pas de demandes explicites d'usagers d'exploiter ces eaux, à condition de garantir la conformité des EUT à la norme de rejet dans les milieux récepteurs.

ANALYSES COUTS BENEFICES

Cet aspect est traité dans le Chapitre 16 du rapport.

Un outil intégré et dynamique de calcul Coût – Bénéfices permettant de mettre en lien des avantages et inconvénients de différentes grandes options d'aménagement du territoire impliquant potentiellement des EUT a été créé. Il permet de dépasser des idées reçues en mettant dans la balance les coûts directs mais aussi une partie des externalités associées aux projets.

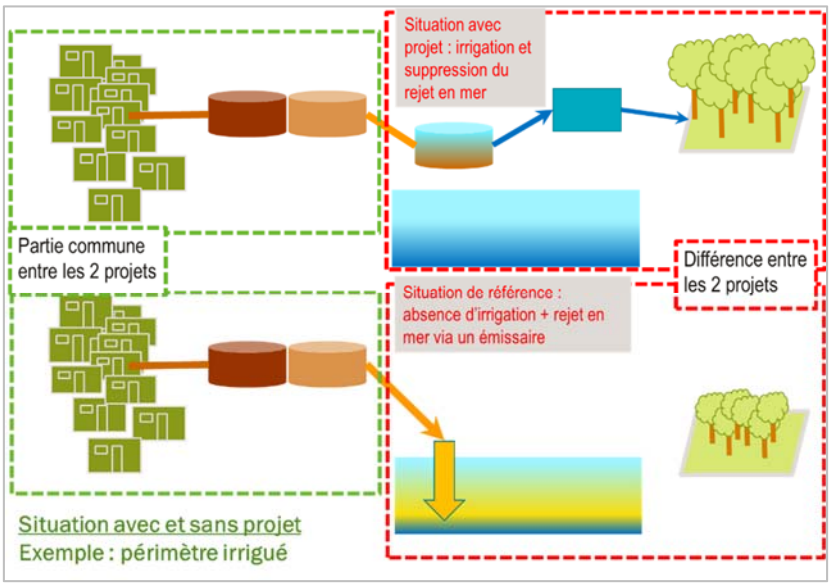
Plusieurs grandes questions stratégiques ont été traitées de manière générique à partir de cet outil.

ACB 1 : Est-il intéressant de transférer des EUT à x km du littoral pour irriguer des oliveraies actuellement non irriguées ? (Emissaire en mer versus Transfert)

Dans cette approche sont mis en balance,

- d'une part : les conséquences négatives liées au fait de ne pas réutiliser des EUT : pollution littorale et/ou nécessité de construire un émissaire pour conduire les rejets au large ;
- avec d'autre part : la valeur ajoutée apportée par l'irrigation sur des oliveraies actuellement non irriguées. Cette valeur est liée à une hausse du rendement et, dans une moindre mesure, à une baisse des intrants. Il y a toutefois des coûts pour obtenir ce bénéfice : le transfert des eaux vers les oliveraies concernées, le stockage de ces eaux en dehors des périodes d'utilisation, la mise en place d'un réseau d'irrigation.

Les deux situations qui sont comparées sont explicitées sur le schéma suivant :



Les deux situations définies pour conduire l'analyse sont plus précisément les suivantes :

- ***Référentiel :***
  - Rejet de 40 Mm^3 d'EUT en mer après un traitement secondaire.
  - Mise en place d'un émissaire en mer pour conduire le rejet au large.
  - Externalités négatives liées au rejet en mer.
  - Culture d'oliviers de 5600 ha d'oliviers en sec à l'intérieur des terres.

- ***Projet :***
  - Traitement tertiaire de 40 Mm^3 d'EUT par le process technologique « B-B1 » (tambour filtrant sable + UV).
  - Irrigation de 5 600 ha d'olivier situés à l'intérieur des terres et non irrigués initialement. Mise en culture de fourrages sous oliviers sur 50% de cette surface. Elevages en bovins et ovins sur la base de la production fourragère générée.
  - Les besoins en eau nets considérés sont de 4000 m^3/ha pour les oliviers seuls et de 7500 m^3/ha pour les surfaces en olivier + fourrage. En intégrant les efficiences des systèmes d'adduction et d'irrigation (efficience globale de 0.81 pour l'irrigation de la partie en oliviers seules et de 0.72 pour la partie en oliviers + fourrage), ces besoins unitaires conduisent à un besoin de 40 Mm^3 d'eau sur les surfaces considérées (les surfaces ont été choisies afin d'arriver à ce total).
  - Transfert des 40 Mm^3 à une distance « x » du littoral. Cette distance « x » est prise comme variable dans l'approche qui est conduite afin de rechercher la limite du système en termes de rentabilité économique.

Le rapport précise que plusieurs situations tunisiennes réelles se rapprochent fortement de cette situation générique. Le volume de 40 Mm^3 considéré correspond ainsi au volume cumulé à l'horizon 2050 des STEP de Msaken et Sousse Hamdoun situées proche du littoral dans la zone d'étude Sahel-Sfax. La zone littorale voisine de ces deux STEP subit actuellement les conséquences des EUT. Les zones situées plus à l'intérieur des terres au droit de ces STEP comprennent de très larges surfaces en oliveraies potentiellement intéressées pour procéder à de l'irrigation.

Les principaux coûts et bénéfices pris en compte dans l'analyse quantitative sont les suivants :

Situation de référence	Situation avec projet
• Construction d'un émissaire	• Traitement additionnel au niveau III
• Conséquences socio-économiques et environnementales des rejets en mer	• Transfert des EUT à x km du littoral
	• Stockage des EUT
• Oliveraies non irriguées avec des rendements limités et une incertitude sur l'avenir	• Augmentation du rendement des oliveraies + possibilité de faire du fourrage et de l'élevage

Avec les hypothèses de base du modèle, il ressort qu'il est plus intéressant de transférer les EUT jusqu'à une longueur d'environ 25 km maximum (27 km exactement) **pour irriguer les oliveraies plutôt que de construire un émissaire en mer.**

Si la longueur du transfert est supérieure à 27 km, le projet de REUT n'est plus intéressant économiquement. De manière générique, il ressort qu'**un projet de développement agricole situé à l'intérieur des terres valorisant des EUT peut être rentable au regard d'une situation de référence où on cherche à de se débarrasser des EUT en mer.** La rentabilité effective du projet est cependant très sensible à la valorisation agricole, c'est-à-dire dans notre cas au rendement qu'atteindront les oliveraies grâce à l'irrigation. Diverses analyses de sensibilité sont présentées dans ce sens dans le rapport. Ainsi, en doublant le coût du stockage (10 DT/m^3 au lieu de 5 DT/m^3 dans l'hypothèse de base), le « périmètre de rentabilité du projet REUT » baisse de 27 km à 20 km. De même, lorsque l'on fait varier le rendement des oliveraies irriguées, la longueur maximale de transfert pour garder un projet au seuil de rentabilité augmente de 10 km quand le rendement de l'olivier irrigué augmente de 1 T/ha. Pour un transfert de 20 km, la VAN s'annule en dessous de 3.4 T/ha.

ACB 2 : Est-il intéressant de remplacer une ressource conventionnelle par des EUT sur un périmètre irrigue existant ? (EUT vs ressource conventionnelle)

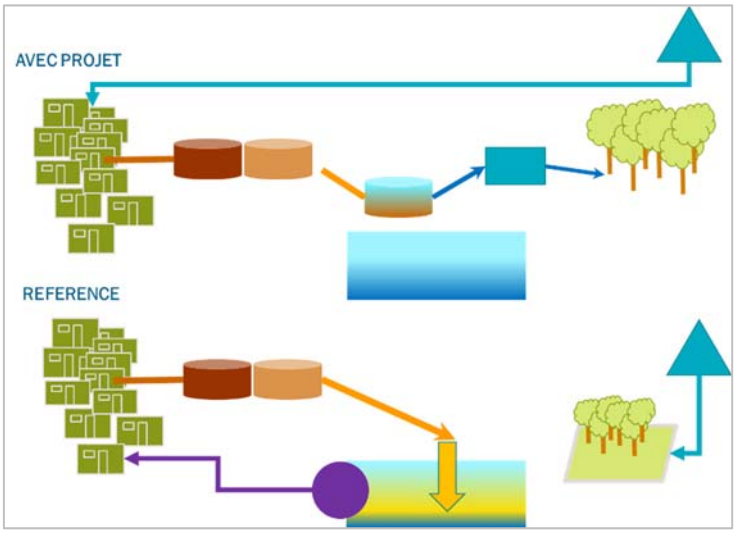
ACB n°2A : Cas d'un territoire en forte tension hydrique qui envisage de mettre en place du dessalement pour son alimentation en eau potable

Dans cette deuxième analyse, est analysé l'intérêt de la substitution, pour des usages d'irrigation déjà en place, de ressources conventionnelles par des EUT.

Il s'agit de mettre en balance :

- d'une part : les conséquences négatives liées au fait de ne pas réutiliser des EUT : pollution des milieux de rejet et/ou nécessité de construire un émissaire pour conduire les rejets au large, utilisation pour l'irrigation d'une ressource qui pourrait servir à la production d'eau potable, alors même que le pays en manque et s'apprête à multiplier des unités de dessalement ;
- avec d'autre part : le coût du traitement lié à la REUT et la production de gaz à effet de serre qu'il entraine du fait de la consommation énergétique associée.

Les deux situations qui sont comparées sont explicitées sur le schéma suivant :



Les deux situations définies pour conduire l'analyse sont les suivantes :

- ***Référentiel :***
  - Rejet de 40 Mm^3 d'EUT en mer après un traitement secondaire ;
  - Mise en place d'un émissaire en mer pour conduire le rejet au large ;
  - Externalités négatives liées au rejet en mer des EUT ;
  - Irrigation de périmètres irrigués à partir d'une ressource superficielle éloignée.
  - Construction d'une unité de dessalement d'une capacité de 40 Mm^3 / an en vue de fournir en eau potable le territoire considéré qui se trouve en déficit pour son AEP.
- ***Projet :***
  - Traitement tertiaire de 40 Mm^3 d'EUT par le process technologique « B-B1 » (filtration à tambour + UV) adapté pour l'irrigation de périmètres arboricoles ;
  - Irrigation des mêmes périmètres irrigués à partir des EUT produites par ce traitement en replacement des ressources conventionnelles utilisées jusqu'alors. On fera l'hypothèse dans un premier temps que ces EUT sont produites sur place. On testera dans un second temps comment le résultat évolue si on doit ajouter un coût de transfert à ces EUT.
  - Stockage intersaisonnier : on fait l'hypothèse qu'un quart du volume doit être stocké. Cette proportion est obtenue par analyse croisée des flux d'EUT et des besoins en eau dans le périmètre d'irrigation.

- Le projet permet de libérer 40 Mm^3 de la ressource qui était utilisée par les périmètres irrigués considérés. Cette ressource est désormais utilisée par le territoire, ce qui va éviter la construction d'une unité dessalement. L'eau potable est produite dans ce cas par potabilisation de la ressource libérée.

Dans ce cas aussi, le rapport précise que plusieurs situations tunisiennes réelles se rapprochent fortement de cette situation générique, en particulier dans trois régions avec de forts enjeux : (i) zone Sahel-Sfax, où on utilise des eaux en provenance du barrage de Nebhana pour l'irrigation de périmètres irrigués alors qu'il existe une forte tension entre usages pour partager les eaux de ce barrage et que l'on projette également la construction de nouvelles unités de dessalement. (ii) zone du Cap Bon, où on fait venir les eaux du Nord pour irriguer des orangers alors que des EUT pourraient être utilisées pour cet usage et qu'elles sont aujourd'hui rejetées à la mer avec des plages fermées à la baignade. (iii) zone de Tunis : à environ 20 km de Tunis, on utilise des eaux de surface dans la vallée de la Medjerdah pendant que des gros volumes d'EUT de l'agglomération de Tunis sont rejetés à la mer et qu'on s'apprête à mettre en place des émissaires dans le Golfe pour les éloigner du littoral. Le rapport note que pour les zones de Tunis et du Cap Bon le dessalement n'est pas forcément envisagé à ce stade. Ce pourquoi a été introduit également le cas d'étude ACB n°2B synthétisé ci-après.

Les principaux coûts et bénéfices pris en compte dans l'analyse quantitative sont les suivants :

Situation de référence	Situation avec projet
• Construction d'un émissaire	• Traitement additionnel au niveau III
• Conséquences socio-économiques et environnementales des rejets en mer	• Transfert des EUT à x km du littoral
	• Stockage des EUT
• Périmètre irrigué avec des eaux superficielles	• Périmètre irrigué avec des EUT
• Construction d'une unité de dessalement pour l'AEP	• Traitement au niveau AEP des eaux superficielles libérées par la substitution

Il ressort de l'analyse que, avec les hypothèses de base du modèle, et sans coût de transfert, **la valeur actualisée nette du projet est très élevée,** de l'ordre de 3 Milliards DT. Le choix de la REUT apparait bénéfique pour les territoires car il évite des investissements massifs dans le dessalement ou les repousse à plus long terme. **La différence reste positive, même avec un transfert de plusieurs dizaines de km**.

ACB n°2B : Cas d'un territoire en moindre tension où le dessalement n'est pas forcément envisagé à ce stade

Dans ce cas, les principaux coûts et bénéfices pris en compte dans l'analyse quantitative sont les suivants

Situation de référence	Situation avec projet
• Construction d'un émissaire	• Traitement additionnel au niveau III
• Conséquences socio-économiques et environnementales des rejets en mer	• Transfert des EUT à x km du littoral
	• Stockage des EUT
• Périmètre irrigué avec des eaux superficielles	• Périmètre irrigué avec des EUT
	• Libération d'une ressource valorisée pur un usage AEP

Avec les hypothèses de base du modèle et sans coût de transfert : la valeur actualisée nette du projet REUT s'élève alors à environ 620 millions de DT**. La VAN est ainsi toujours très élevée mais moins que dans le cas n°2A (3 Milliards DT). Ceci est lié au fait que la ressource reste globalement suffisamment abondante sur le territoire considéré, alors que dans le cas précédent le territoire devait recourir au dessalement**. En intégrant les coûts de transfert, la VAN devient nulle lorsque la longueur du transfert dépasse 65 km.

POUR CONCLURE, QUELS MESSAGES CLES RETENIR DE CETTE ANALYSE PROSPECTIVE ?

Ces messages sont développés dans le Chapitre 17 du rapport.

Les EUT - possiblement un ¼ des ressources en eau du pays en 2050 - sont à même d'améliorer le bilan hydrique du pays, à condition de choisir les scénarios de réutilisation adaptés

C'est un message essentiel de la présente démarche : les EUT sont une ressource fondamentale pour la Tunisie et le développement de leur usage peut constituer un important levier d'amélioration du bilan hydrique du pays dans le contexte de tensions sur les ressources en eau décrit dans les premières lignes du présent résumé.

A l'échelle du pays, comme déjà souligné, elles représentent dès à présent entre 6 % (année moyenne) et 11 % (année sèche) du mix de ressources du pays. Cette proportion pourrait être comprise entre environ **14 % (année moyenne) et 26% (année sèche) à l'horizon 2050, en considérant la hausse du volume d'EUT produit (passage de 300 à 640 Mm3 par an) et la baisse des ressources en eau superficielles et souterraines en lien avec le changement climatique (poursuite de la hausse de l'ETP et possible diminution des précipitations).**

Si l'on développe les scénarios les plus ambitieux en termes de substitution, l'usage des EUT pourrait permettre de réduire, dans une proposition comprise entre 20 % (cas avec impact fort du changement climatique) et 33 %, le déficit hydrique national (cas avec moindre impact du changement climatique) à l'horizon 2050.

Soulignons de nouveau ce point fondamental, comme explicité dans un encadré présenté plus haut : pour que les EUT participent effectivement à cette réduction du déficit hydrique, nous recommandons d'orienter prioritairement leur réutilisation vers des usages où elles viendront en substitution d'autres ressources.

La question de la REUT doit se poser d'abord en termes d'aménagement du territoire et utiliser tous les outils de la GIRE pour prendre des choix éclairés avec les territoires concernés

Les analyses régionales conduites dans les chapitres 10 à 15 ont en effet montré que, pour chaque zone, les EUT peuvent répondre à des objectifs territoriaux différents en fonction de politique de gestion de l'eau et d'aménagement du territoire que l'on souhaite y mener. C'est pourquoi il est primordial de s'imprégner du contexte hydrique et socioéconomique du territoire avant d'envisager d'y exploiter les EUT.

La question n'est pas : « *Pour quel usages devons-nous réutiliser les EUT ?* » (usages agricoles, ou industriels, ou touristiques…) mais plutôt : « *Quels objectifs territoriaux voulons nous atteindre en réutilisant les EUT ?* », c'est-à-dire : réduction du stress hydrique, et/ou développement économique, et/ou réduction de la pollution…

Les investissements pour le développement de la REUT doivent être raisonnés avec une vue d'ensemble du cycle de l'eau, via un travail plus étroit entre institutions

Le développement de la REUT ne pourra répondre aux enjeux du territoire s'il n'existe pas une étroite collaboration entre au minimum l'institution chargée de la REUT (aujourd'hui la DGGREE), le ministère en charge des ressources en eau (aujourd'hui le ministère de l'agriculture, des ressources hydrauliques et de la pêche), les autres ministères concernés par la REUT (santé, environnement, tourisme, industrie…), l'ONAS et les organismes en charge de définir les stratégies d'aménagement du territoire. La cohérence entre les investissements des différents ministères doit particulièrement se poser pour :

- la création et le dimensionnement des émissaires en mer, alors même qu'on souhaite en parallèle développer la REUT ;

- le choix des filières de traitements complémentaires et la localisation des nouvelles STEP.

Concernant les émissaires en mer, le Consultant insiste sur la nécessité de s'interroger de manière urgente - les projets avancent - sur l'intérêt véritable de ces ouvrages alors même que le présent Schéma directeur vise une réutilisation beaucoup plus massive des EUT. Les ACB réalisées dans le cadre de l'étude montrent en effet tout l'intérêt économique de la REUT en comparaison du développement d'émissaires.

Des efforts à concentrer en particulier sur 3 grands pôles à enjeu

Afin d'augmenter significativement le taux de réutilisation des EUT l'échelle nationale, il sera nécessaire de développer des projets de plus grande envergure. Ces projets concerneront quelque grands pôles épuratoires qui concentrent la majorité des EUT du pays :

- **Des pôles épuratoires d'importance nationale :** Il s'agit des pôles urbains du Grand Tunis, du Grand Sousse et Monastir et du Grand Sfax. Ils concentreront respectivement 34 %, 11 % et 7 % des EUT produites dans le pays potentiellement à l'horizon 2050. Les choix stratégiques concernant la valorisation de ces EUT doivent impliquer fortement le niveau national, leur exploitation permettant de participer de manière importante à la réduction du stress hydrique du pays.
- **Des pôles épuratoires d'importance régionale :** Il s'agit cette fois des pôles urbains de Nabeul/Hammamet, Grand Gabes et Djerba/Zarzis. Pour ces pôles, les quantités d'EUT produites sont moindres au regard du déficit hydrique national. Elles représentent respectivement 4 %, 2 % et 4 % des EUT produites dans le pays potentiellement à l'horizon 2050. Cependant, ces flux peuvent avoir un impact non négligeable sur le bilan hydrique régional ou sur le développement de nouvelles activités économiques.

Les pôles épuratoires nationaux et régionaux prennent en compte seulement **25 STEP** sur plus de 200 STEP qui seront existantes en 2050 dans le pays. Néanmoins, ils représenteront **62 % du flux d'EUT produit à l'échelle du pays.**

Des outils techniques, réglementaires, financièrs et institutionnels doivent être mis en place pour garantir le succès de la REUT

Les points les plus importants à retenir qui conditionnent la réussite de la filière de la REUT sont les suivants :

- La question de qualité des EUT avec la maîtrise des risques sanitaires et environnementaux via une montée en gamme des technologies de traitement sur les STEP ;
- La transparence sur les données de qualité ainsi que des alertes en temps réel des usagers en cas de non-conformité ;
- L'adaptation et l'anticipation du cadre réglementaire ;
- Des financements pérennes ;
- Des approches institutionnelles déconcentrées et décentralisées.

Partie A. METHODOLOGIE ADOPTEE POUR L'ANALYSE PROSPECTIVE DE LA REUT

1. OBJECTIFS DE L'ANALYSE PROSPECTIVE ET GRANDS PRINCIPES METHODOLOGIQUES

L'analyse prospective conduite dans cette seconde phase d'étude a pour objectif d'élaborer les **grandes orientations pour le développement de la REUT en Tunisie à l'horizon 2050**. Ces orientations doivent permettre de relever les défis identifiés lors de la première phase de diagnostic, qui sont, pour rappel, **l'approche intégrée, la qualité des EUT, la maîtrise des risques et la gouvernance.**

Pour répondre à ces défis, notre approche se fonde sur trois principes.

UNE APPROCHE INTEGREE

Nous avons considéré les EUT, non pas isolément, mais comme une **ressource** (en eau, mais aussi en nutriments) à intégrer à un « **mix hydrologique** » qu'il est nécessaire de penser globalement. Nous nous sommes ainsi attachés à dresser une synthèse, pour chaque région étudiée, du « mix hydrologique » : quelles sont les ressources disponibles, endogènes et exogènes ? Quels usages utilisent quelles ressources ? Quel est leur niveau d'utilisation ? Comment pourraient-elles évoluer dans l'avenir en lien avec le changement climatique et les évolutions socio-économiques ? …

Les quantités d'EUT produites (sujet du chapitre 3 du rapport) sont ainsi systématiquement situées au regard des autres ressources (chapitre 4). Ce point nous a semblé fondamental pour intégrer, à la présente étude, les objectifs stratégiques sur la gestion de l'eau à l'échelle nationale développée dans la démarche Eau 2050. Les objectifs que nous avons considérés sont en particulier la **réduction globale des pressions quantitatives sur les ressources superficielles ou souterraines**, via des économies d'eau et la diminution/optimisation des surfaces irriguées.

Les valorisations possibles des EUT sont multisectorielles et ont de ce fait un lien fort avec **l'aménagement du territoire**. Les différents secteurs économiques consommateurs potentiels sont étudiés, ainsi que leur évolution possible jusqu'à 2050, bien qu'il soit compliqué d'avoir une vision claire de ces secteurs sur un si long terme.

En parallèle, une **gamme des options technologiques de traitement des eaux usées** avec l'intégration des **aspects énergétiques** est étudiée (chapitres 3 et 5.5). L'objectif est de donner des scénarios de traitement possible à court et moyen terme adaptés au contexte tunisien et de donner une vision possible du futur de l'assainissement à long terme.

Les **aspects transversaux de la valorisation des EUT** sont aussi pris en compte pour les différents usages possibles : **changement climatique, réglementation** (chapitre 7)**, gouvernance** (chapitre 8), **financement de la filière** (chapitre 8), **acceptabilité sociale**, etc.

UNE APPROCHE TERRITORIALE

Les **enjeux territoriaux** auxquels pourraient répondre la REUT ont été identifiés pour chaque région étudiée. L'identification de ces enjeux permettra de définir les valorisations des EUT les plus pertinentes pour la région considérée. Elle sera aussi importante pour montrer aux acteurs locaux les **potentiels bénéfices de la REUT** sur leur territoire. Il est fondamental que la démarche REUT 2050, même si elle reste un schéma national, implique le niveau local dans ses réflexions. Sans être exhaustif, le schéma ci-dessous illustre la diversité des **objectifs territoriaux** auxquels peut répondre la REUT.

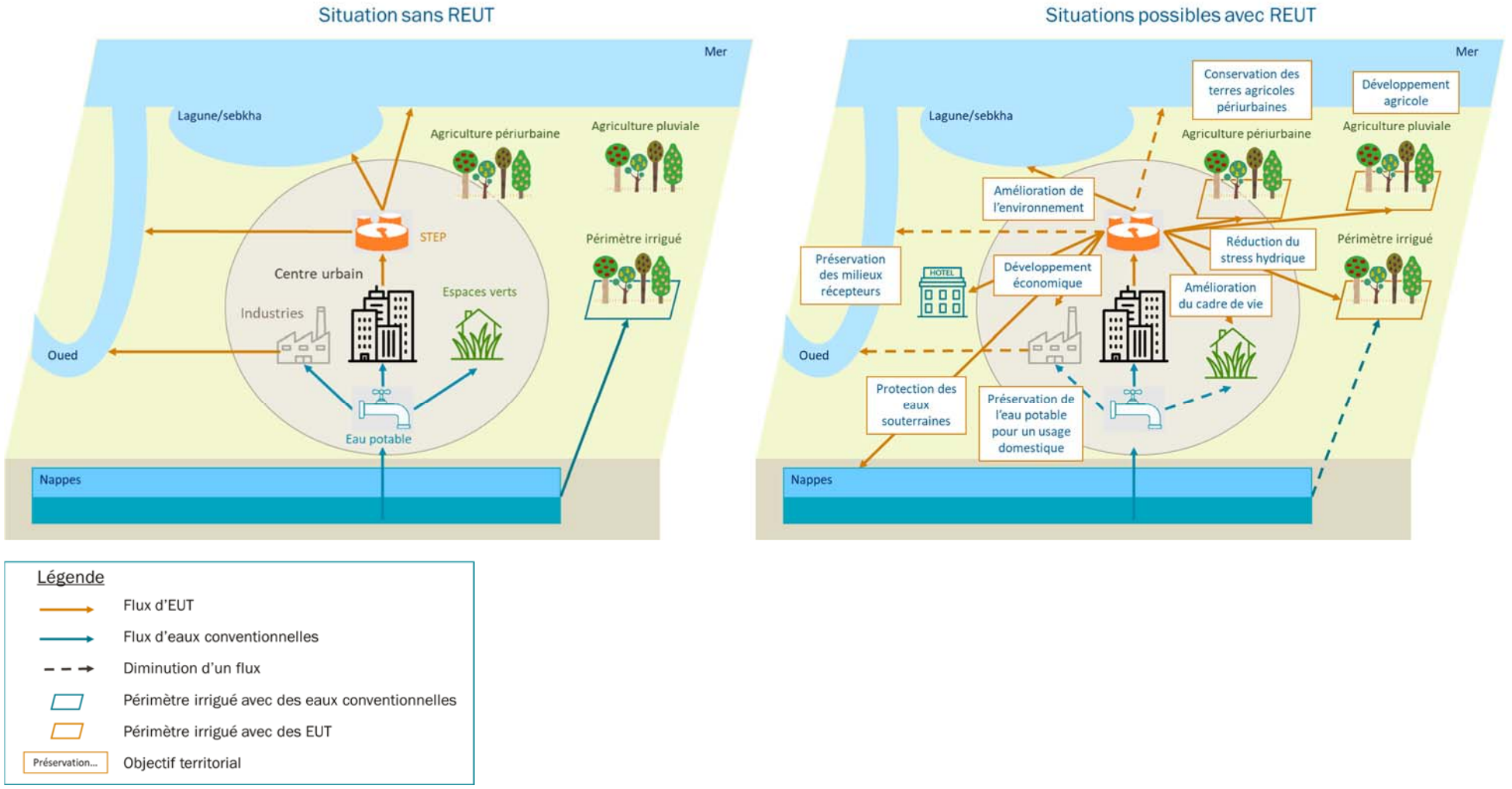


Figure 2 : Schéma des objectifs territoriraux possibles auxquels peut répondre la REUT

UNE APPROCHE PARTICIPATIVE.

Pour garantir son succès, **la REUT ne pourra pas être imposée aux territoires**. Il est important que les **enjeux territoriaux et les objectifs auxquels pourra répondre la REUT soient définis via un processus participatif de manière concertée**. Nous avons ainsi consulté, dans notre démarche, un maximum d'acteurs déjà impliqués dans la REUT – ou à impliquer dans la REUT - et ce à divers niveaux.

Comme le souligne Michel GODET dans ses ouvrages sur la prospective, l'anticipation est importante, mais également l'appropriation. Ce sont ces deux éléments qui vont déboucher sur l'action. Les différentes étapes du processus participatif au niveau local sont détaillées dans le chapitre 2.4.

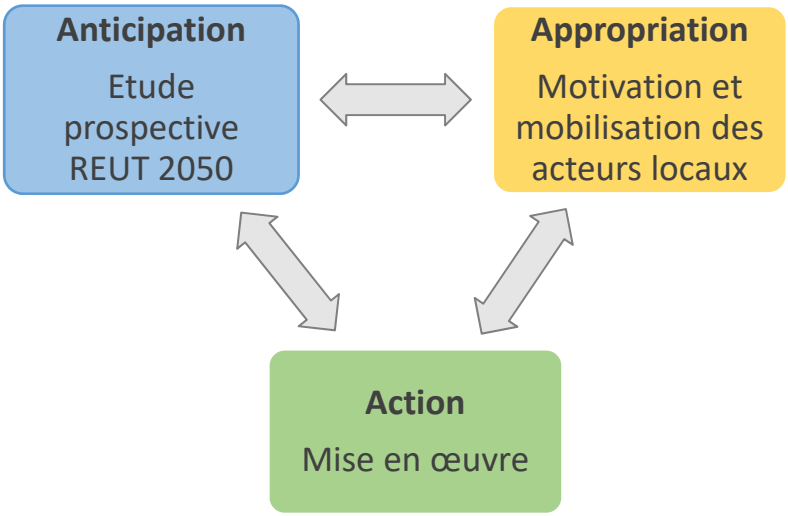


Figure 3 : Triptyque prospectif « Anticipation – Appropriation – Action » tel que proposé par M. GODET

2. APPROCHE RETENUE POUR L'ELABORATION DES SCENARIOS DE DEVELOPPEMENT DE LA REUT A L'ECHELLE REGIONALE

2.1 DECOUPAGE GEOGRAPHIQUE RETENU POUR L'APPROCHE PROSPECTIVE

Il a été retenu de conduire l'approche prospective à l'échelle de 6 régions présentées dans le tableau et la carte suivante. La justification détaillée est reportée en Annexe 1.

Tableau 10 : Zonage retenu pour l'approche prospective

REGIONS D'ETUDE	GOUVERNORATS CONCERNES	PART DES EUT	JUSTIFICATION ZONAGE
GRAND TUNIS ET ZAGHOUAN	Tunis, Manouba, Ariana, Ben Arous, Zaghouan	**45 %**	Le Grand Tunis regroupe 45 % des EUT produites à l'échelle nationale et est donc une zone à forts enjeux pour la réutilisation. Zaghouan a été intégré à Tunis car cette zone fait partie de la même région économique et va subir les influences de la capitale. Elle présente des similarités au niveau du climat et les possibilités de transfert vers cette zone rurale depuis Tunis avait déjà été étudiées (DGEQV, 2009).
CAP BON	Nabeul	**9 %**	La région a des besoins importants en eau (activités agricoles, industrielles et touristiques) et des ressources surexploitées. D'autre part, elle concentre un nombre important de STEP sur une petite superficie et les rejets d'EUT posent des problèmes environnementaux sur le littoral. La REUT est donc un enjeu important pour ce gouvernorat d'où le choix de le traiter isolément.
NORD-OUEST	Bizerte, Beja, Jendouba, Kef, Siliana	**8 %**	Ces gouvernorats présentent des similarités au niveau du contexte socio-économique et des ressources en eau. Si besoin lors de l'analyse, des sous zones pourront être développées pour Bizerte par exemple (influence de Tunis au niveau économique) et du Kef et de Siliana (moins de ressources en eau)
SAHEL ET SFAX	**SOUSSE, MONASTIR, MAHDIA, SFAX**	**25 %**	Correspond à la région économique du centre-est. Similarités dans les ressources en eau et dans l'agriculture pratiquée, forts enjeux touristiques et industriels. La production d'EUT est importante sur le littoral et les rejets posent des problèmes environnementaux. Les particularités de Sfax par rapport aux gouvernorats du Sahel pourront être mises en évidence par la division en sous-zones.
CENTRE	**KAIROUAN, KASSERINE, SIDI BOUZID**	**4 %**	Région économique du centre–ouest, avec peu d'activités industrielles et touristiques, similarités au niveau agricole et des ressources en eau disponibles. STEP isolées sur tout le territoire, pas de production importante d'EUT sauf au niveau de la ville de Kairouan.
GRAND SUD	**GABES, MEDENINE, GAFSA, TOZEUR, KEBILI, TATAOUINE**	**9 %**	Peu de production d'EUT au vu de la superficie du territoire et similarités dans les ressources en eau. Une attention particulière sera portée sur le littoral où il y a une production plus importante (65 % des EUT produites dans le Sud) et notamment au niveau de Djerba où il y a des enjeux touristiques.

(ONAS, 2017)

Figure 4 : Zonage retenu pour l'approche prospective



En pratique, ce zonage n'est pas un cloisonnement mais un cadre de travail. Par exemple, les possibilités de transfert inter régions sont aussi considérées.

2.2 ETUDE DE MARCHE DES EUT

Cette étude de marché des EUT a été conduite de manière intégrée, selon les étapes suivantes :

- **évaluation de l'offre en EUT jusqu'en 2050 par région** et comparaison de cette offre avec les autres ressources en eau régionales ;
- **identification de la demande potentielle en EUT** dans les différents secteurs économiques, alimentée notamment par les enquêtes auprès des usagers potentiels ;
- **identifications des impacts des rejets actuels des eaux usées** dans les milieux récepteurs ;
- **analyse intégrée** des éléments précédents afin de dresser un **inventaire des valorisations potentielles des EUT adaptées aux contextes régionaux**.

On détaille ci-après ces différentes étapes.

2.2.1 Evaluation de l'offre en EUT et mise en perspective avec le bilan hydrique régional

EVOLUTION DU PARC EPURATOIRE DES FLUX D'EUT PAR REGION A L'HORIZON 2050

La première étape de l'étude de marché consiste à **évaluer les flux d'EUT à l'horizon 2050 et leur localisation**. La méthodologie utilisée pour évaluer ces flux d'EUT, via un outil sous tableur construit spécifiquement pour l'étude, est développée dans le chapitre 3, chapitre qui présente également les résultats à l'échelle nationale. Au niveau des analyses régionales, une **description de l'évolution potentielle du parc épuratoire** est présentée de manière plus précise pour chaque région et **l'évolution des flux des EUT par STEP en 2020 et aux horizons 2025, 2030, 2040 et 2050** est explicitée.

Il est cependant à noter que ces données ne remplacent pas un travail fin de prospective qui pourrait être effectué dans des schémas directeurs d'assainissement régionaux. L'objectif est bien de **donner**

une image globale de l'évolution des flux à l'échelle des régions d'étude pour aider aux choix de valorisations des EUT qui seront développés par zones.

OFFRE EN EUT AU REGARD DES BILANS HYDRIQUES REGIONAUX

L'évaluation des bilans hydriques par régions s'est appuyée essentiellement sur les documents de la démarche Eau 2050 déjà disponibles (BPEH, 2019) et sur l'étude de la Carte des Ressources en Eau de Tunisie (CRET) (DGRE, 2019). Nous avons aussi utilisé d'autres données et études en provenance en particulier de la DGRE (annuaires hydrologiques et des nappes souterraines (DGRE, 2018)).

Ces bilans hydriques des eaux conventionnelles sont donnés dans ce chapitre pour chaque région et sont comparés avec le potentiel en REUT. Les bilans régionaux intègrent des hypothèses sur les impacts possibles du changement climatique sur les ressources en eau.

Il s'agit ici de répondre à un objectif très important de l'étude : **penser l'utilisation des EUT en termes de ressources, de manière globale,** et montrer comment elles constituent un des leviers disponibles pour rééquilibrer ou non les bilans hydriques régionaux.

2.2.2 Identification de la demande potentielle en EUT

En parallèle de l'étude sur l'offre en EUT, il a été mené pour chaque région des expertises sectorielles afin de connaitre les domaines où les EUT pourront répondre aux besoins en eau dans le futur. Les secteurs concernés sont **l'agriculture, l'industrie, le tourisme et le secteur municipal**. L'étude de ce contexte socio-économique régional permet de mieux situer l'importance de chaque secteur dans l'économie de la région et ses grandes caractéristiques et d'estimer des perspectives dans le secteur qui pourraient faire évoluer la demande en eau (projets à court terme de REUT, création de nouvelles superficies irriguées, changements de spéculations agricoles, extension ou création de nouvelles zones industrielles et touristiques, évolution des golfs et des espaces verts, etc.).

Ces expertises sectorielles ont été enrichies par les **enquêtes de terrain auprès des usagers potentiels** (voir partie 2.4.2). Ces enquêtes permettent de mieux comprendre comment se positionnent les usagers potentiels face à la REUT **(« maturité » de la demande**), quels sont les **moteurs de motivation** ou au contraire les **freins à l'acceptabilité sociale pour la REUT**. Notons que la motivation des agriculteurs diffère beaucoup en fonction du territoire considéré, contrairement aux autres usages.

Une attention particulière a été portée sur **la recharge de nappe**, qui est à la fois un usage potentiel des EUT (protection de la nappe) et une façon de valoriser les EUT pour d'autres usages de manière indirecte (repompage dans la nappe pour l'irrigation). Pour chaque région, une première étape a été de balayer les différentes nappes en examinant pour chacune d'elles leur état quantitatif et qualitatif. Il s'agissait de sélectionner une première **liste de nappes vulnérables pour lesquelles une recharge pourrait représenter un intérêt.** Par la suite, un inventaire des **sites de recharge déjà existants** a été dressé, que ce soit avec des EUT ou des eaux conventionnelles, ainsi que **les sites de recharge déjà pressentis** lors d'études antérieures sur la recharge de nappe avec les EUT. Ces études sont notamment l'étude de transfert des EUT du Grand Tunis vers les zones de réutilisations (DGEQV, 2009) et l'étude de faisabilité technico-économique de la recharge de nappe avec les EUT (DGEQV, 2009). Pour finir, nous croisons ces éléments obtenus avec la **liste des STEP présentes et projetées** sur ces nappes. L'objectif est de déterminer **le potentiel de recharge par les EUT** en fonction : des quantités d'EUT produites par les STEP aujourd'hui et aux différents horizons de prospective, de la localisation des STEP et des contextes hydrogéologique et foncier favorables ou non à la recharge.

2.2.3 Identification des impacts environnementaux actuels des rejets d'eaux usées

Les eaux usées, si elles ne sont pas suffisamment traitées, peuvent avoir des impacts négatifs sur leur milieu récepteur, ainsi que des conséquences sanitaires et sur les activités économiques. Ces activités sont par exemple le tourisme si une zone de baignade est impactée ou l'aquaculture. En termes quantitatifs, elles peuvent aussi impacter un milieu récepteur sensible comme une lagune littorale en modifiant son équilibre hydrologique avec un apport d'eau trop conséquent.

Cette partie dresse un **inventaire global des principaux rejets d'eaux usées qui impactent actuellement l'environnement et/ou des activités socio-économiques** sur l'ensemble du pays. Ces connaissances pourront ensuite être intégrées lors du choix des valorisations des EUT car la REUT peut aider à améliorer la situation concernant ces rejets problématiques. En effet, la REUT limite les rejets dans les milieux récepteurs et est souvent accompagnée d'une amélioration des traitements. Cet inventaire permet aussi de repérer des **zones où il sera prioritaire d'agir** si les impacts actuels sont conséquents ainsi que les zones qui nécessiteront **une plus grande sensibilisation des usagers de l'eau, lorsque les eaux usées sont perçues très négativement, de par leurs impacts actuels.**

Plusieurs types d'effluents sont à considérer :

- Les effluents des STEP existantes de qualité non conformes à la NT 106.02 qui se déversent dans des milieux sensibles (zones de baignade, lagunes littorales, etc.). Les effluents industriels raccordés au réseau parfois de manière illicite en amont des STEP et qui provoquent des dysfonctionnements au niveau des procédés de traitement sont aussi mentionnés.
- Les effluents bruts domestiques non raccordés au réseau
- Les effluents industriels rejetés dans le milieu naturel avec peu ou pas de prétraitements.

Concernant les effluents industriels, ils sont en partie quantifiés pour les plus gros consommateurs grâce au CADRIN (ONAS, 2019) et aux prélèvements effectués dans les nappes profondes recensés par la DGRE (DGRE, 2018). Cependant, les estimations de consommations en eau ne sont pas effectuées pour toutes les industries et ne prennent pas en compte des forages illicites, et ne sont donc pas exhaustives.

Cet inventaire a été dressé **en collaboration avec les acteurs locaux** lors des réunions régionales en amont des enquêtes de terrains et lors de rencontres avec des associations environnementales. Des **synthèses cartographiées** par région ont ensuite été présentées lors des ateliers de concertation régionaux conduits entre fin février et avril 2021, puis validées et enrichies par les participants à cette occasion.

2.2.4 Inventaire des valorisations potentielles des EUT adaptées aux contextes territoriaux

L'évaluation des flux d'EUT à l'horizon 2050, les expertises sectorielles appuyées par les enquêtes auprès des usagers potentiels et les investigations sur les enjeux environnementaux et socio-économiques permettent de dégager un **panel de possibilités de valorisations des EUT**.

Au niveau de chaque région, la réflexion est conduite en pratique à l'échelle de sous-zones, ayant chacune une cohérence agricole, économique, et environnementale. L'objectif de ce nouveau zonage à une échelle géographique plus réduite est de prendre **en compte les particularités locales** et de proposer des valorisations des EUT les plus pertinentes au regard **des enjeux territoriaux** (préserver un potentiel touristique et environnemental menacé par les rejets d'EUT actuels, dynamiser une filière agricole menacée par des pénuries d'eau, etc.)

Le potentiel de valorisation a été étudié pour toute une gamme d'usages, comprenant l'irrigation agricole (arboriculture, oliviers, vignes, fourrages, céréales, etc.), l'arrosage des golfs et espaces verts, l'approvisionnement des industries et la recharge de nappe. Cela a été fait à partir des besoins unitaires de chacun de ces usages, eux-mêmes estimés au travers de chaque expertise sectorielle, et à l'échelle de chacune des STEP, existantes et envisagées à l'horizon 2050.

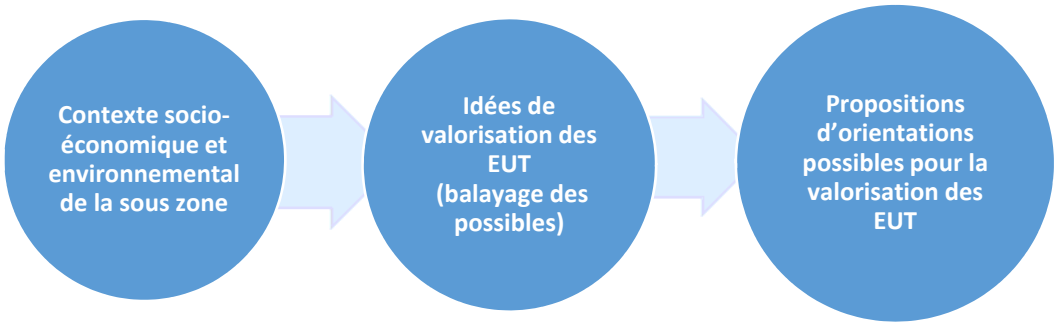
En pratique, cette **analyse du potentiel de REUT pour chaque sous-zone** s'est effectuée en trois temps :

1/ Quelques éléments du **contexte socio-économique et environnemental** local sont exposés afin de hiérarchiser les enjeux.

2/ Un tableau de synthèse qui vise à « balayer les possibles », détaille :

- les **idées de valorisation** des EUT spécifiques à chacune des sous-zones,
- des **ordres de grandeur** qui traduisent le **potentiel en usage des flux d'EUT réutilisables.**

3/ Cette mise en perspective conduit enfin à des **propositions d'orientations de valorisation.** Ces propositions combinent certaines des idées identifiées dans l'étape précédente.



2.3 ELABORATION DES SCENARIOS REGIONAUX DE DEVELOPPEMENT DE LA REUT

2.3.1 Formulation des scénarios

Après le travail, décrit au sous-chapitre précédent, d'inventaire des valorisations possibles des EUT mené à l'échelle locale par sous zones d'une même région, des **scénarios de développement de la REUT sont élaborés à l'échelle des 6 régions d'étude.**

Ces scénarios sont un assemblage d'hypothèses proposant **différentes visions possibles de l'avenir**. Ils aident à rendre plus concrets des **futurs virtuels**. L'objectif est **d'éclairer des choix politique en termes de développement de la REUT** avec des considérations techniques, économiques, environnementales et sociales.

Les scénarios proposés pour les 6 régions d'étude sont le résultat d'un riche processus de travail avec les acteurs, effectué lors des différentes étapes de l'approche participative (voir ci-après partie 2.4). Le **travail de concertation effectué en amont,** qui permet de changer les représentations de la REUT et de souligner - voire de lever - des points de blocage est tout aussi important que celui de la formulation des scénarios.

Les scénarios ne disent pas ce qui est bon ou mauvais de faire mais ils permettent de montrer **les chemins possibles et de nourrir les débats**. **Ils combinent plusieurs valorisations des EUT qui ont une cohérence en termes d'aménagement du territoire et de politique de l'eau** et donnent des **images possibles de la REUT dans les régions d'ici 2050** suivant l'évolution de **facteurs de changement** (urbanisation, efforts d'investissements dans la REUT, développement d'un secteur économique, etc.).

« Il est cependant d'usage dans les exercices de prospective de faire valoir que la réalité sera une combinaison des scénarios présentés ; la réalité apportant son lot de continuité, de surprise, et de rupture. » (Groupe de la Bussière, scénarios 2025)

2.3.2 Traduction locale des scénarios

Les scénarios sont formulés à l'échelle régionale, ils combinent cependant très pratiquement des idées de valorisations des EUT qui ont été élaborées à l'échelle des sous-zones. Afin d'illustrer plus en détails les scénarios, il est ainsi indiqué, pour chaque sous-zones, quelles sont les idées de valorisations des EUT qui sont retenues en fonction du scénario. L'ensemble est synthétisé dans un tableau et sur des cartes qui permettent de faire le **lien entre l'élaboration des scénarios et l'étude de marché**.

2.3.3 Description technique des scénarios

Nous décrivons pour chaque scénario l'évolution de la mise en place des différentes valorisations des EUT qui y sont incluses. Pour chaque horizon temporel, le **volume d'EUT réutilisé** est ainsi calculé en fonction des différentes valorisations. Ce volume est aussi traduit en termes de **superficies irriguées** et il est comparé avec le volume total d'EUT produit à l'échelle de la région afin de déterminer **la part d'EUT réutilisées par valorisations.**

En parallèle, on explicite pour chacun des scénarios, les **besoins technologiques** associés aux volumes d'EUT réutilisés :

- **Niveau de qualité et Traitement tertiaire** : les différentes valorisations envisagées exigent des niveaux de qualité des EUT différents. Nous indiquons ainsi, pour chaque scénario, la part des EUT réutilisées correspondant aux différents niveaux de qualité à atteindre.

  Nous développons plus bas dans le rapport (chapitre 3), la gamme des options technologiques possibles pour atteindre différents niveaux de qualité, selon les valorisations envisagées pour les EUT. Le tableau ci-dessous résume à quoi correspondent les différents niveaux de qualité en termes d'usages autorisés et de technologiques nécessaires pour atteindre ces niveaux.

Tableau 11 : Rappel synthétique des niveaux de traitment possibles en fonction des usages

Niveaux de qualité	Usages autorisés	Exemple de traitements complémentaires
E	Alimentation de zones humides	/
C	Alimentation de blocs sanitaires Revégétalisation Recharge de nappe sans prélèvements	Filtre à sable
C+	Recharge de nappe avec prélèvements agricoles Rejets dans un barrage sans utilisation AEP	Filtre à sable Microfiltration/Ultrafiltration (enlève les nutriments)
B	Arboriculture et cultures annuelles hors maraîchage Espaces verts recevant du public (aspersion) Eaux de process industriel hors IAA (peu exigeant)	Filtre à sable + UV Tambour filtrant + UV
A	Cultures maraîchères Eaux de refroidissement Eaux de process industriel hors IAA	Microfiltration + UV Ultrafiltration + UV
A+	AEP	Osmose inverse + UV

- **Transferts** : lorsque des valorisations demandent le transport des EUT sur plus de 5 km, le volume associé est indiqué. Plusieurs catégories de distances sont mentionnées si nécessaire (5 – 10 km, 10 – 20 km, 20 – 30 km, etc.).
- **Stockage** : les besoins en irrigation des cultures changent en fonction des mois de l'année alors que la production d'EUT reste globalement la même, sauf pour la production d'EUT touristiques qui augmente en période estivale. En fonction des cultures prévues pour être irriguées avec des EUT, il a été calculé le volume qui devra être stocké si l'on veut utiliser 100 % des EUT produites sur toute l'année par les STEP considérées.

2.3.4 Comparaison des scénarios

Après avoir décrit les scénarios proposés en termes de valorisations des EUT à favoriser et de besoins technologiques, l'objectif est de proposer des **critères de comparaison** afin d'aider à la prise de décision et à l'élaboration d'un scénario cible qui sera le plus pertinent à développer pour chaque région. Pour cela, plusieurs critères de comparaison sont développés :

- les **coûts globaux** (investissements et exploitation) des principaux maillons de la filière à mettre en place : traitements complémentaires, éventuel stockage, éventuel transfert. On indique aussi le coût des infrastructures nécessaires pour la réutilisation elle-même (par exemple la mise en place d'un nouveau réseau d'irrigation) Ces coûts globaux permettent de comparer en ordre de grandeur les niveaux d'investissement pour chaque scénario ;
- les **bénéfices territoriaux** apportés par chaque scénario, notamment en réponse à des problématiques de changement climatique et de stress hydrique mais aussi d'aménagement du territoire et de développement de secteurs économiques ;
- les **niveaux d'ambition pour dépasser les contraintes sur les aspects institutionnels, réglementaires, sanitaires, environnementaux et d'acceptabilité sociale** associées aux valorisations des EUT choisies. Plus ces contraintes sont élevées, plus les valorisations vont être complexes à réaliser. Afin d'illustrer ces contraintes pour les différents scénarios proposés, le tableau ci-dessous décrit des niveaux d'ambition en fonction des différents aspects transversaux étudiés. Il est à souligner qu'un niveau d'ambition élevé ne signifie pas que le scénario n'est pas à favoriser, mais qu'il nécessitera plus d'efforts (moyens financiers, organisationnels, etc.).

Tableau 12 : Description des différents niveaux d'ambition en fonction des contraintes liées aux valorisations des EUT

	Niveau d'ambition − → +		
Contraintes liées aux valorisations des EUT	○	●	●
Ambition technologique	Traitement niveau C majoritaire et/ou peu de transferts nécessaires	Transferts de moins de 10 km et/ou traitement niveau B majoritaire, besoins de stockage	Transferts de plus de 10 km et/ou traitement A majoritaire, besoins de stockage importants
Besoins réglementaires	Cadre réglementaire actuel presque suffisant	Modification ou ajouts nécessaires dans le cadre réglementaire actuel	Refonte nécessaire du cadre réglementaire actuel
Besoins institutionnels	Cadre institutionnel et acteurs impliqués presque suffisants	Cadre institutionnel actuel ne recouvre pas tous les besoins	Refonte nécessaire du cadre institutionnel actuel
Risques sanitaires	Peu de risques sanitaires en cas de défaillance des mesures barrières mise en place et/ou peu de contacts possibles avec les usagers	Mesures barrières à mettre en place, risques existants pour les usagers (exploitants ou consommateurs) en cas de défaillance des barrières	Nombreuses mesures barrières à mettre en place, risques élevés pour les usagers (exploitants ou consommateurs) en cas de défaillance des barrières
Risque environnementaux	Risques de contamination faibles	Risques de contamination en cas défaillance dans le traitement	Risques de contamination de milieux sensibles en cas défaillance dans le traitement (nappes, zones humides)
Acceptabilité sociale	Usages déjà acceptés	Usages qui pourront être acceptés à court terme avec des actions de sensibilisation	Usages sur le moyen/long terme avec des mesures fortes d'encadrement et de sensibilisation

2.4 APPROCHE PARTICIPATIVE AUX NIVEAUX REGIONAL ET LOCAL

2.4.1 Réunions et entretiens régionaux

Des réunions inter-gouvernorats et intersectorielles ont été organisées pour réunir des acteurs régionaux concernés par la filière REUT en l'amont des enquêtes auprès des usagers potentiels. L'objectif de ces réunions était de présenter l'étude et son avancement à l'échelle régionale puis de laisser s'exprimer les acteurs sur leur vision de l'évolution possible du territoire, des enjeux liés aux ressources en eau et de la façon dont peut répondre la REUT à ces enjeux. Ces réunions ont aussi été l'occasion d'aider à définir les zones à enquêter.

Ces réunions ont aussi constitué un premier pas dans l'approche participative régionale, en amont des ateliers de concertation régionaux qui se sont déroulés dans la suite de la Phase 2.

Lors de ces réunions, les personnes invitées représentaient l'ONAS, la SONEDE, l'AFI, les municipalités, différents arrondissements des CRDA, l'URAP ou encore l'UTICA.

Le tableau suivant présente la liste des réunions qui ont pu être conduites.

Tableau 13 : Liste des réunions régionales conduites en Phase 2 en amont de la phase d'enquête

Régions	Lieu	Date	Nombre de participants
Cap Bon	CRDA de Nabeul	21/02/2020	18
Sahel - Sfax	CRDA de Monastir	25/02/2020	29
	Gouvernorat de Sfax	08/09/2020	25
Centre	Gouvernorat de Kairouan	22/09/2020	34
Grand Sud (Sud Est et Sud Ouest)	Institut des Régions Arides de Medenine	16/09/2020	28
	Réunions aux CRDA par gouvernorats	07, 08, 09/10/2020	2 – 3 personnes par CRDA
Nord Ouest	Réunions aux CRDA par gouvernorats	01, 02, 09, 10, 11/10/2020	2 – 3 personnes par CRDA
Grand Tunis et Zaghouan	Réunions aux CRDA par gouvernorats	12, 16, 17, 18/10/2020	2 – 3 personnes par CRDA

Des réunions ont aussi été organisées au niveau des départements régionaux de l'ONAS pour connaître l'avancement des schémas directeurs d'assainissement.

Tableau 14 : Liste des réunions de travail conduites avec l'ONAS en Phase 2

Régions	Lieu	Date	Nombre de participants
Cap Bon	ONAS Nabeul	04/03/2020	3
Sahel et Centre	ONAS Sousse Département Centre	09/09/2020	5
Grand Sud et Sfax	ONAS Sfax Département Sud	08/09/2020	2

2.4.2 Enquêtes auprès des usagers potentiels

L'objectif des enquêtes était d'identifier, au niveau local, (i) des besoins en eau exprimés par les usagers et (ii) leur niveau de sensibilisation et d'acceptabilité de la REUT. Ces enquêtes viennent donc compléter les réunions régionales et enrichir le travail prospectif dans les différentes expertises sectorielles.

Des questionnaires avaient été élaborés en amont pour les agriculteurs, les industriels, les hôteliers et les municipalités, questionnaires qui avaient été validés par le COPIL restreint.

Des **associations environnementales**, qui s'intéressent au sujet de la REUT, et qui mènent des actions territoriales, ont aussi été interrogées.

Pour **l'agriculture**, l'objectif était de viser des agriculteurs avec des profils différents et dans des zones agricoles hétérogènes : des agriculteurs proches des périmètres avec des EUT existants, des agriculteurs qui irriguent avec des eaux conventionnelles ou encore des agriculteurs ne disposant pas de ressources en eau actuellement.

Pour **les industries**, des entreprises avec des activités variées et avec des consommations en eau non négligeables ont aussi été interrogées. Certaines d'entre elles, grâce à des entretiens en amont avec l'API, ont aussi été visées, car elles utilisaient déjà des méthodes innovantes pour économiser, voire recycler de l'eau.

Pour **le tourisme**, des unités hôtelières des grandes zones touristiques ont été ciblées, notamment celles possédant des surfaces d'espaces verts importantes.

Pour **les municipalités**, les principales villes du pays ont été ciblées, notamment celles dans des zones avec peu de ressources en eau potable.

Le tableau ci-dessous indique le nombre d'enquêtes qui ont été réalisées par régions et par types d'usagers.

Tableau 15 : Nombre d'enquêtes réalisées par régions et par usagers potentiels des EUT

Régions	Agriculteurs	Hôteliers	Municipalités	Industriels
Cap Bon	26	2	2	3
Sahel et Sfax	37	3	6	2
Grand Sud	69	6	5	2
Centre	25	1	3	2
Nord Ouest	44	1	3	2
Grand Tunis et Zaghouan	54	2	3	2

Ce travail de terrain a aussi été l'occasion de visiter plusieurs stations d'épuration qui n'avaient pas été prospectées lors de la phase Diagnostic. Ces visites ont permis de se rendre compte de la réalité du terrain et de l'occupation du sol à proximité de ces STEP. Dans certaines zones, cela a permis de confirmer les problématiques liées à des rejets d'eaux usées dans les milieux récepteurs.

2.4.3 Ateliers de concertation régionaux

Les ateliers de concertation régionaux ont été la dernière étape de consultation régionale pour cette phase 2. Ils ont été réalisés à la fin de l'étude de marché et en amont de l'élaboration des scénarios régionaux. Etant donné la situation sanitaire liée à l'épidémie de COVID, ils ont été effectués en visioconférence.

Les objectifs de ces ateliers de concertation étaient les suivants :

- Présenter aux acteurs les ordres de grandeur en jeu, afin de **situer l'importance des EUT dans les bilans hydriques régionaux**, en situation actuelle et jusqu'à 2050 ;
- Présenter aux acteurs nos **propositions en termes de valorisations possibles des EUT**, en situation actuelle et future ;
- **Recueillir l'avis des acteurs sur ces propositions** afin de les corriger et de les enrichir ;
- **Recueillir l'avis des acteurs sur la priorité à donner aux différentes valorisations possibles**.

Ces ateliers ont aussi été l'occasion de motiver les acteurs régionaux et de faciliter leur engagement et leur adhésion à la future stratégie nationale de REUT.

Le tableau ci-dessous reprend les différents ateliers qui ont été organisés.

Tableau 16 : Liste des ateliers de concertation régionaux réalisés

Régions	Date	Nombre participants	Diversité des structures locales présentes
Cap Bon	26/02/2021	~ 30	CRDA, ONAS, SONEDE, FTH, Municipalités, Association environnementale
Sahel Sfax	24/03/2021	~ 50	CRDA, ONAS, Gouvernorats, ONTT, Syndicats agricoles, OTD, Municipalités, AFI, Association environnementale
Grand Tunis et Zaghouan	30/03/2021	~ 50	CRDA, ONAS, Gouvernorats, SONEDE, Municipalités, APII, Association environnementale, DRS
Grand Sud	01/04/2021	~ 40	CRDA, ONAS, CRT, DRE, municipalités, syndicats agricoles, industries
Centre	06/04/2021	~ 30	CRDA, CRT, AFI, municipalités, industries
Nord-Ouest	08/04/2021	~ 20	CRDA, ONAS, DRE, syndicats agricoles, DRS

2.5 SYNTHESE DES ETAPES DE L'APPROCHE PROSPECTIVE DEVELOPPEE A L'ECHELLE REGIONALE

Le schéma ci-dessous reprend les étapes de l'approche retenue pour élaborer les scénarios régionaux de développement de la REUT. Pour rappel, cette approche se veut intégrée, participative et territoriale. Pour cela, il a fallu naviguer entre différentes échelles géographiques d'analyse.

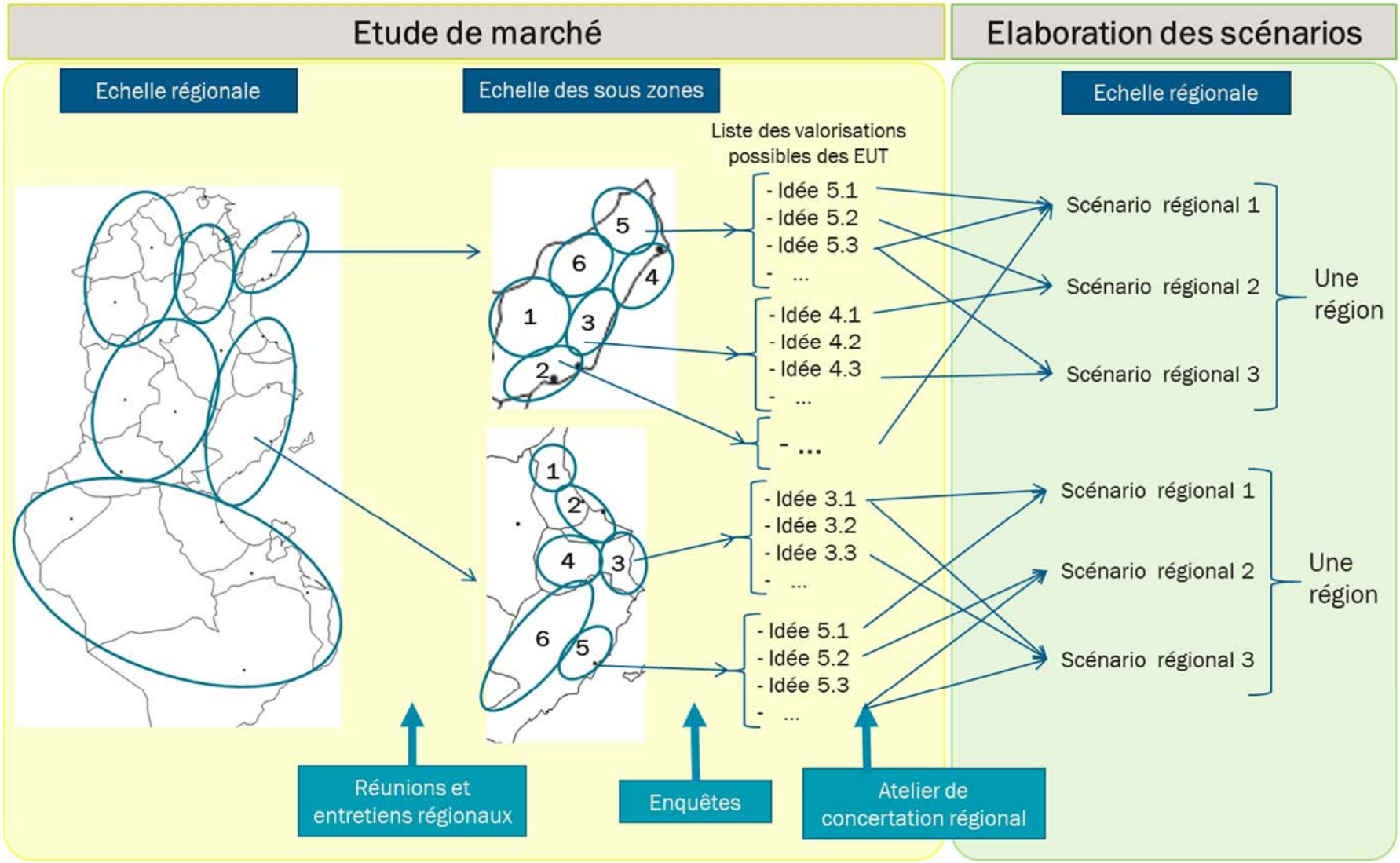


Figure 5 : Schéma méthodologique des étapes de l'analyse propsecitve et participative à différentes échelles géographiques

Partie B. PROSPECTIVE ET REFLEXIONS STRATEGIQUES AU NIVEAU NATIONAL

3. EVOLUTION POSSIBLE DES FLUX D'EUT EN TUNISIE AUX HORIZONS 2025, 2030, 2040 ET 2050

3.1 METHODOLOGIE POUR LA QUANTIFICATION DES FLUX D'EUT

3.1.1 Approche méthodologique globale

Cette approche a été conduite aux horizons 2020, 2025, 2030, 2040 et 2050.

Un **outil sous tableur a été construit spécifiquement pour l'étude** afin de conduire une approche homogène sur l'ensemble du territoire national, tout en considérant et intégrant les éléments disponibles dans les documents de planification de l'ONAS recueillis dans le cadre de l'étude.

L'outil distingue 3 types d'eaux usées arrivant aux STEP :

- les **eaux « domestiques »,** incluant la part des **activités collectives** (municipalités, administrations, commerces),
- les **eaux industrielles** des industries raccordées au réseau de l'ONAS,
- et les **eaux touristiques** des hôtels des grandes zones touristiques.

Pour chacune de ces trois catégories, et en fonction des régions, des hypothèses de consommation d'eau et d'évolution démographique ont été élaborées. Nous nous sommes basés essentiellement sur les schémas directeurs de l'ONAS dans les gouvernorats pour lesquels ils existent. Les gouvernorats concernés par ces schémas directeurs sont :

- les gouvernorats du **Grand Tunis** (Tunis, Manouba, Ariana, Ben Arous) jusqu'à l'horizon 2029 (ONAS, 2014) ;
- Les gouvernorats de **Sousse, Mahdia, Sfax, Gabes, Gafsa et Medenine** jusqu'à l'horizon 2036 (ONAS, 2017).

Les hypothèses ont été complétées avec des données de la SONEDE (SONEDE, 2018) et de l'Institut National de la Statistiques (INS) pour la démographie (INS, 2015).

Les données des ministères en charge de l'industrie et du tourisme ont aussi permis de prendre en compte l'évolution des zones industrielles et touristiques, et donc la potentielle évolution de la consommation en eau, bien que ces données ne soient pas disponibles sur le long terme.

Les schémas ci-dessous synthétisent la méthode adoptée pour quantifier les EUT.

Figure 6 : Schéma des étapes méthdologiques mises en œuvre pour calculer les flux domestiques à l'horizon 2050

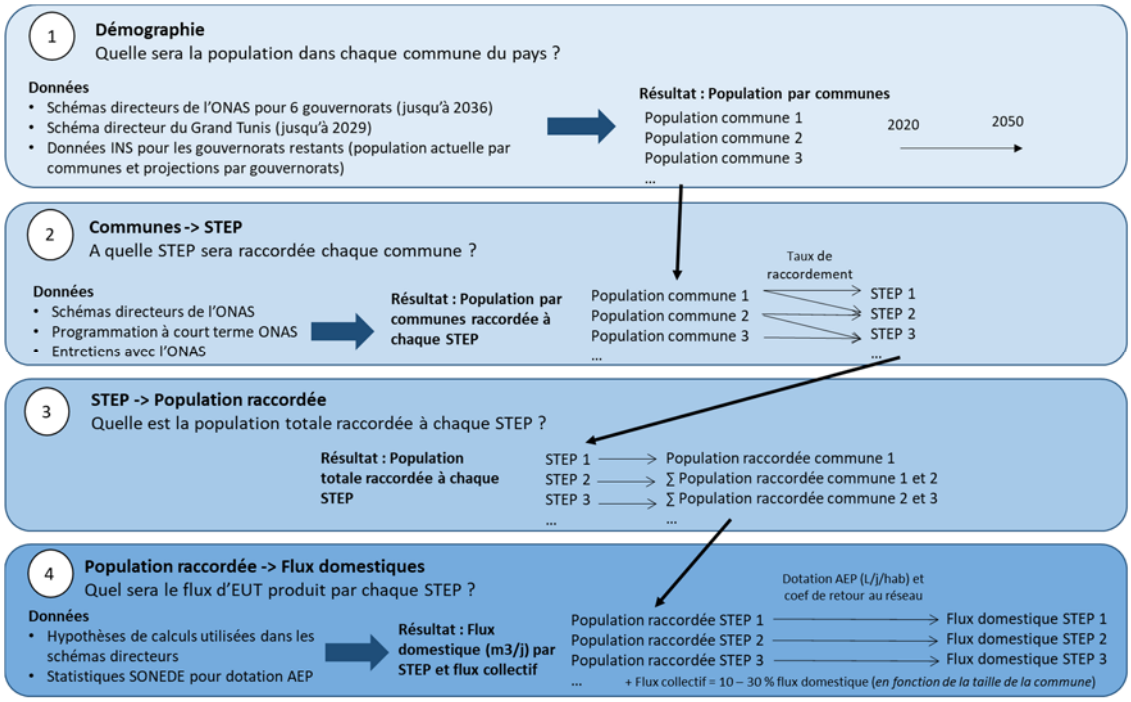


Figure 7 : Schéma des étapes méthdologiques mises en œuvre pour calculer les flux touristiques à l'horizon 2050

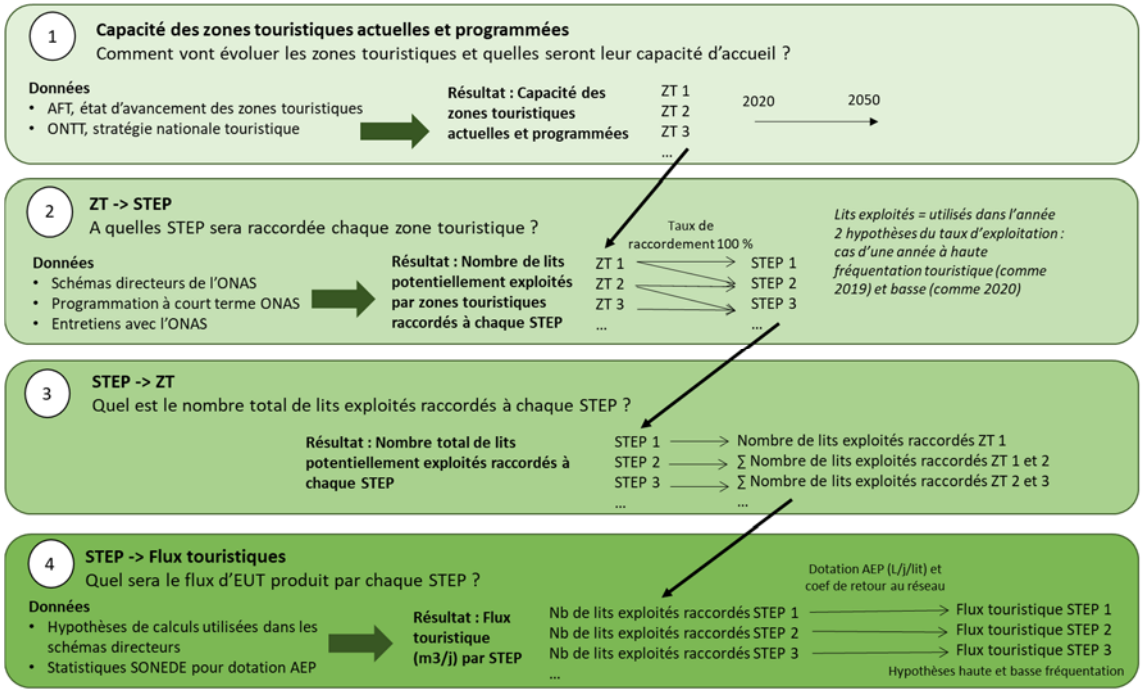
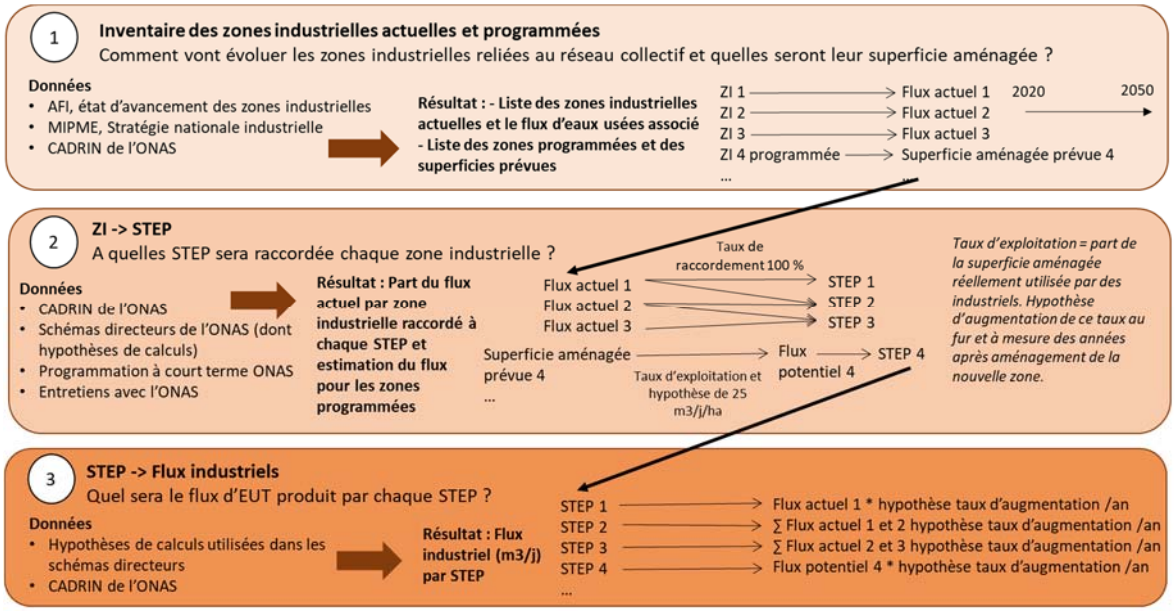


Figure 8 : Schéma des étapes méthdologiques mises en œuvre pour calculer les flux industriels à l'horizon 2050



3.1.2 Prospective démographique

La première étape pour estimer l'évolution du flux d'EUT produit par les STEP a été de conduire une **prospective démographique à l'échelle des communes** qui peuvent être potentiellement raccordées au réseau d'assainissement collectif. Pour les STEP de l'ONAS, ce sont les communes supérieures à 10 000 habitants actuellement. L'objectif sur le moyen terme est de raccorder aussi les communes de plus de 3 000 habitants (ONAS, 2020).

Cette analyse repose sur les données suivantes :

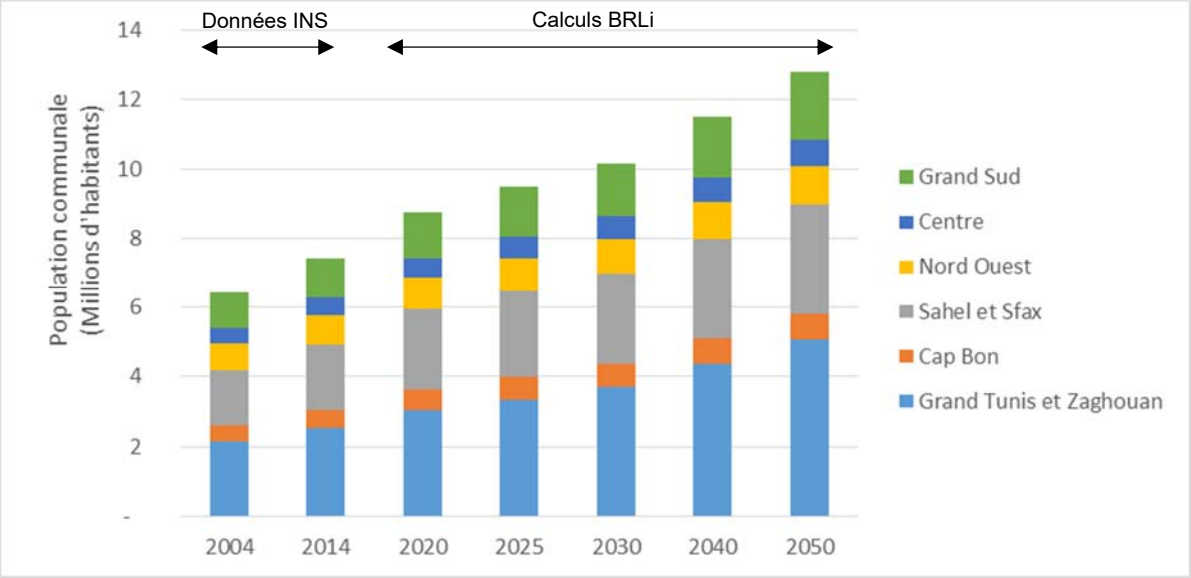
- Pour les gouvernorats du Grand Tunis, de Sousse, Mahdia, Sfax, Gabes, Gafsa et Medenine, des **schémas directeurs d'assainissement** sont disponibles. L'ONAS avait déjà mené une prospective démographique à l'horizon 2029 pour le Grand Tunis et 2036 pour les autres gouvernorats. Les données de l'INS avait été utilisées et complétées par une prospective sur les grands projets urbains. Les calculs de l'ONAS ont donc été utilisés pour ces gouvernorats jusqu'aux horizons temporels disponibles et prolongés de manière linéaire jusqu'à 2050.
- Pour les autres gouvernorats, les données des recensements de la population de chaque commune de 2004 et 2014 ont été récupérées (INS, 2014). Les **taux d'accroissement de la population entre 2004 et 2014** par commune ont été utilisés pour la suite des projections et ont été **revus à la baisse** en lien avec les projections de l'INS sur la baisse du taux d'accroissement national après 2020 et jusqu'en 2041 (hypothèse moyenne de baisse de la fécondité). Le taux d'accroissement a été considéré constant entre 2041 et 2050.

Les résultats sont présentés dans le tableau et graphes suivants.

Tableau 17 : Projections nationales de l'INS de la population tunisienne (INS, 2015)

Tunisie	2004	2014	2020	2026	2031	2036	2041
Population totale projetée	9 910 872	11 007 326	11 852 032	12 538 698	12 928 199	13 195 483	13 425 087
Taux d'accroissement		1,05%	1,23%	0,94%	0,61%	0,41%	0,35%

Figure 9 : Projections de la population communale jusqu'en 2050 par régions de l'étude – données INS et calculs BRLi



Ces résultats de prospective démographique ont été comparés avec ceux de l'étude EAU 2050 par gouvernorats. Pour les gouvernorats possédant des schémas directeurs d'assainissement et donc pour lesquels les données de l'ONAS ont été utilisées dans la présente étude, les estimations démographiques apparaissent un peu plus élevées que les projections de Eau 2050.

3.1.3 Flux domestique

Le débit provenant des usages domestiques pour chaque commune peut être estimé comme suit :

*Q domestique = Population de la commune * dotation AEP (L/j/hab) * taux de raccordement AEP * taux de raccordement à la STEP * coefficient de retour au réseau*

Les débits ont été estimés aux horizons 2020, 2025, 2030, 2040 et 2050. Chaque paramètre a été estimé de la façon suivante :

- **Population de la commune** : elle a été calculée à chaque horizon temporel dans la prospective démographique présentée ci-dessus ;
- **Taux de raccordement à la STEP** : Des données datant de 2013 et leur projection sont disponibles pour les gouvernorats possédant un schéma directeur d'assainissement. Pour les autres gouvernorats, les taux de raccordement actuels ont été déduits de la connaissance de la capacité de chaque STEP en 2018. Quand une nouvelle STEP est créé pour une commune non raccordée actuellement, l'hypothèse formulée est que le taux de raccordement est de 80 %. Il a été projeté qu'en 2050 le taux de raccordement sera d'au moins 80 % pour l'ensemble des STEP. Quand plusieurs STEP sont reliées à une même commune, la part de raccordement à chaque STEP a été estimée en fonction des données de 2018 et des projections faites dans les schémas directeurs.
- **Dotation AEP** : Des hypothèses concernant l'évolution de la consommation en eau potable sont formulées dans les schémas directeurs. Le rapport statistique 2018 de la SONEDE donne l'évolution de cette consommation en séparant le Grand Tunis des autres gouvernorats.

  Pour le Grand Tunis, l'augmentation a été de 0,5 % par an ces 10 dernières années. L'ONAS dans son schéma a considéré que cette hausse devrait se poursuivre jusqu'à 2030 avec l'amélioration du niveau de vie. Après 2030, nous avons fait l'hypothèse que cette consommation devrait stagner en lien avec les politiques d'économies d'eau mises en place.

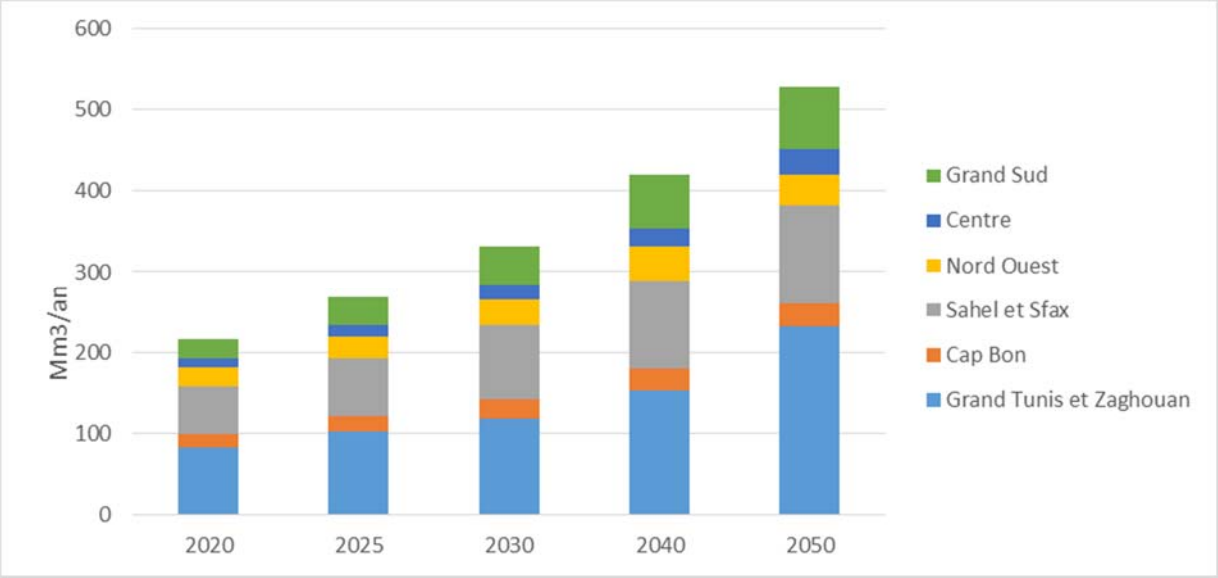
Pour les autres gouvernorats, où la consommation est actuellement plus faible, l'augmentation récente est plus importante (1,5 % ces 10 dernières années). D'après les données historiques de la SONEDE, et les hypothèses formulées dans les schémas de l'ONAS, nous avons considéré que cette augmentation devrait s'atténuer moins vite que dans le Grand Tunis (augmentation de 1% entre 2020 et 2030 et 0,5% entre 2030 et 2040). Après 2040, après rapprochement avec la consommation actuelle du Grand Tunis, nous faisons l'hypothèse que cette consommation stagnera.

- Le **taux de raccordement AEP** : Ce taux de raccordement est proche de 100 % en milieu communal et ce pourcentage devrait être atteint partout ailleurs d'après les projections de la SONEDE.
- Le **coefficient de retour au réseau :** les données concernant ce paramètre sont fournies par l'ONAS dans les schémas en fonction de la taille de la commune. Une légère augmentation de ce coefficient est prévue avec l'amélioration de l'efficience des réseaux.

Ce calcul conduit, pour chaque commune, au flux d'eaux usées qui arriverait potentiellement à la STEP à laquelle elle est raccordée. La somme des flux des communes raccordées à une même STEP permet ensuite d'obtenir la production d'EUT domestique totale par STEP.

On présente ci-après ce résultat intermédiaire à l'échelle des 6 zones de l'étude.

Figure 10 : Flux domestique d'EUT en Mm3/an (sans prise en compte des activités collectives) par régions aux différents horizons temporels

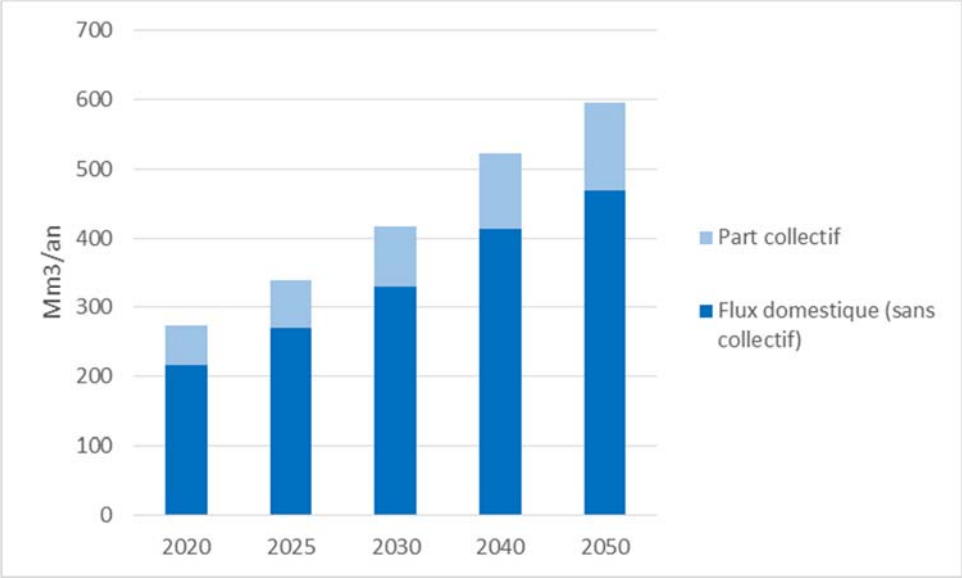


3.1.4 Part du collectif

Au flux domestique calculé ci-avant s'ajoute le flux provenant des éléments collectifs tels que les administrations, les commerces ou les bâtiments municipaux. Dans les schémas directeurs de l'ONAS, il est considéré que ce flux collectif représente un certain pourcentage du flux domestique calculé ci-avant. Ce pourcentage augmente avec la taille de la commune. Par exemple, il est de 10 % du flux domestique dans une commune de moins de 10 000 habitants et de 32 % dans une commune de plus de 100 000 habitants.

Sur la base de ces ratios, le modèle permet de calculer les flux liés à ces activités. Le graphe suivant présente le résultat à l'échelle des 6 zones de l'étude.

Figure 11 : Flux d'EUT en Mm3/an liés aux activités collectives par régions aux différents horizons temporels



3.1.5 Flux industriel

Pour le débit provenant des zones industrielles raccordées au réseau de l'ONAS, nous avons employé des approches distinctes pour d'une part les flux provenant des Zones Industrielles (ZI) existantes et pour lesquelles des données de consommation sont connues, et, d'autre part, les nouvelles ZI dont l'aménagement est programmé.

*Q industriel (industries existantes) = Consommation AEP (m^3/j) * taux de raccordement à la STEP * coefficient de retour au réseau*

*Q industriel (ZI programmée) = Superficie ZI (ha) * Consommation spécifique industrielle (m^3/ha/j) * coefficient de retour au réseau*

Les paramètres ont été estimés comme suit.

Pour les industries existantes :

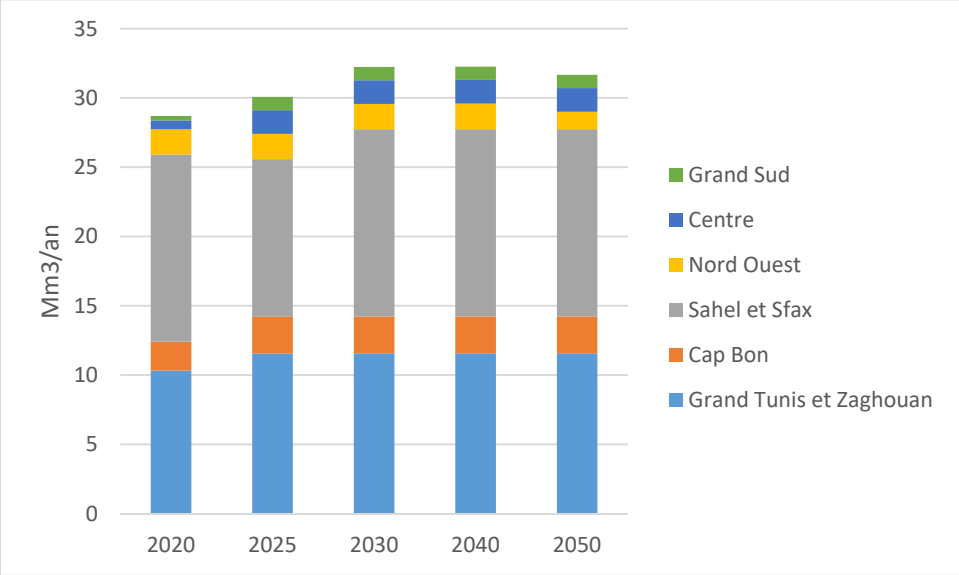
- **Consommation AEP (m^3/j)** : cette donnée est connue pour chaque industrie existante et enregistrée dans le CADRIN de l'ONAS. Cette consommation est cependant probablement sous-évaluée, car elle ne prend pas en compte les forages illicites que peuvent posséder certaines industries.
- **Taux de raccordement à la STEP** : d'après les schémas directeurs de l'ONAS, ce taux de raccordement est estimé à 100 % pour les industries quand elles sont toutes raccordées à une STEP unique. Pour certains cas rares, la ZI est raccordée à plusieurs STEP. Nous avons dans ce cas estimé la part de raccordement à chaque STEP en fonction des données de l'ONAS de 2018 sur les Equivalents Habitants industriels par STEP.
- **Coefficient de retour au réseau** : toujours d'après les schémas directeurs de l'ONAS, ce coefficient est estimé à 90 % pour l'usage industriel. Nous estimerons ainsi que les rejets industriels pour les industries existantes et raccordées représentent 90 % des consommations enregistrées dans le CADRIN de l'ONAS.

Pour les zones industrielles programmées :

- **Superficie de la ZI (ha)** : l'AFI possède une liste des ZI en cours d'aménagement ou programmées à court terme. Pour ces ZI, la superficie qui sera aménagée est connue. Sur le plus long terme, il est difficile d'estimer l'évolution des industries et de leur consommation.
- **Consommation spécifiques industrielle (m^3/j/ha)** : nous avons repris l'hypothèse de l'ONAS, pour qui cette consommation est en moyenne de 25 m^3/j/ha sur tout le pays.

D'après les données historiques de la SONEDE, la consommation spécifique des industriels est en baisse de 3 % par an depuis au moins 20 ans, bien que la production industrielle augmente. Comme certains forages illicites ne sont pas pris en compte dans les consommations et qu'il est difficile d'estimer le parc industriel de 2050, nous avons donc ni fait évoluer dans l'avenir la consommation en AEP pour les industries déjà existantes, ni réduit la consommation unitaire de 25 m^3/j/ha. C'est pour cela que, tous éléments additionnés, d'après nos estimations, et comme le montre le graphique ci-dessous, le flux industriel augmente peu d'ici 2050, voire se réduit légèrement après 2040.

Figure 12 : Flux industriel d'EUT en Mm3/an par régions aux différents horizons temporels



3.1.6 Flux touristique

La liste des zones touristiques existantes, de leur extension et des zones programmées est disponible auprès de l'AFT. La programmation des nouvelles zones touristiques concerne environ les 10 prochaines années à venir. Pour un horizon plus lointain, il est difficile de projeter l'évolution de la capacité hôtelière et donc des besoins en eau associés. Cependant, la stratégie touristique nationale tend à se diriger vers une diversification des activités touristiques et une augmentation de la qualité des prestations plutôt que vers une augmentation du nombre de lits hôteliers pour le tourisme balnéaire. Nous avons donc considéré que le parc hôtelier prévu en 2030 avec l'aménagement de toutes les zones touristiques programmées n'augmentera plus jusqu'en 2050.

Nous avons estimé le débit provenant des zones touristiques, actuelles et programmées, raccordées au réseau de l'ONAS, de la manière suivante :

*Q touristique = Nombre de lits * Taux d'occupation * consommation AEP (L/j/lit) * taux de raccordement à la STEP * coefficient de retour au réseau*

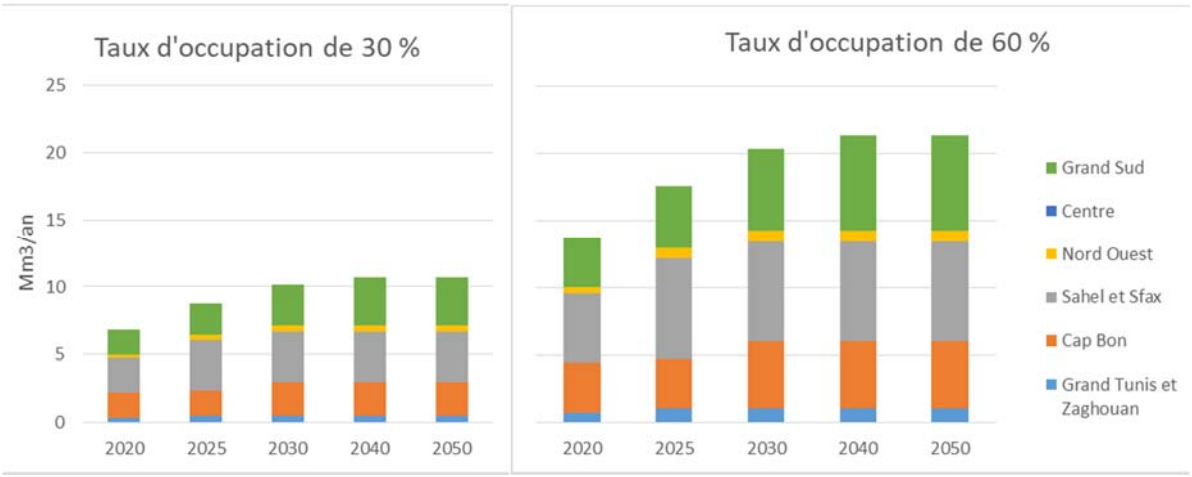
Les paramètres ont été estimés de la façon suivante :

- **Nombre de lits :** cette donnée est fournie par l'AFT pour chaque zone touristique existante et programmée.

- **Taux d'occupation :** le flux touristique, contrairement au flux domestique et industriel, est très variable d'une année à l'autre, car la fréquentation touristique dépend fortement du contexte politique et économique du pays. D'après les données de la SONEDE sur la consommation en eau dans le secteur touristique, le taux d'occupation est en moyenne de 50 % par année depuis les années 80 et n'a que très rarement dépassé les 60 %. Lors des années au contexte difficile, comme 2010 ou 2016, le taux d'occupation a pu chuter jusqu'à 30 %. Nous avons donc fait le calcul du flux d'EUT d'une part pour un taux d'occupation de 30 % et d'autre part pour un taux de 60 %, comme le montrent les graphiques ci-dessous.
- **Consommation AEP (L/j/lit) :** pour la consommation actuelle, des données sont disponibles auprès des statistiques de la SONEDE et des schémas directeurs de l'ONAS. D'après les données historiques de la SONEDE, cette consommation est en baisse sur les 10 dernières années de plus de 2 % par an. Cependant, les schémas de l'ONAS préfèrent considérer qu'elle va augmenter de 0,5 % par an. Afin faire une hypothèse moyenne entre ces 2 tendances, nous avons estimé que la consommation unitaire en eau potable des zones touristiques stagnait à partir de 2020.
- **Taux de raccordement à la STEP :** d'après l'ONAS, ce taux est de 100 % pour les unités hôtelières présentes dans les zones touristiques.
- **Coefficient de retour au réseau :** le coefficient appliqué par l'ONAS dans ses schémas directeur est de 80 % pour les zones touristiques. Nous avons repris cette hypothèse.

Nos calculs conduisent aux flux suivants.

Figure 13 : Flux touristique d'EUT en Mm³/an par régions aux différents horizons temporels selon 2 hypothèses de taux d'occupation des zones touristiques



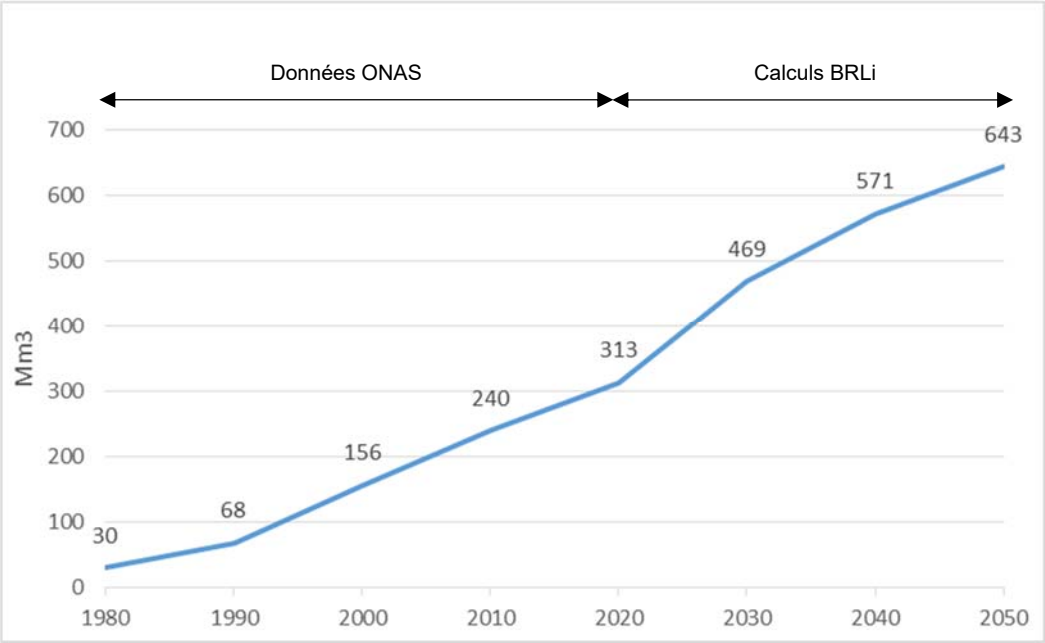
Par la suite, pour la synthèse globale sur les flux, nous avons considéré l'hypothèse d'un taux d'occupation annuel de 60 % afin de ne pas sous-estimer les flux touristiques. La différence est de l'ordre de 15 Mm³ avec l'hypothèse basse à l'horizon 2050.

3.2 DES FLUX D'EUT QUI VONT PLUS QUE DOUBLER D'ICI 2050, EVOLUANT DE 300 MM³ A PRES DE 640 MM³

3.2.1 Evolution globale du flux d'EUT à l'échelle nationale et régionale

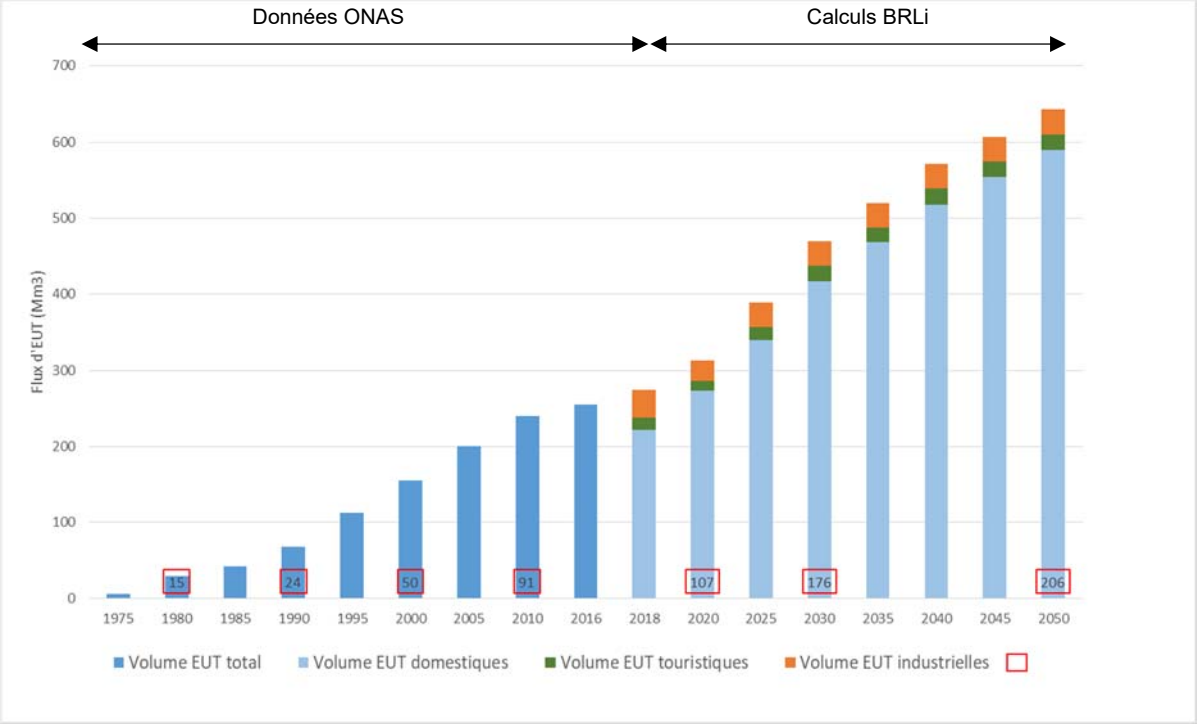
Le parc épuratoire de la Tunisie a commencé à se développer dans les années 70. L'accès aux services d'assainissement a ensuite fortement progressé. En effet, entre 1990 et 2012, le taux de la population ayant accès à un service d'assainissement est passé 73 % à 92 % (Banque mondiale, 2019). **Le volume total d'EUT en 2020 est proche de 300 Mm³**. Les 2 graphiques ci-dessous représentent l'évolution historique et projetée, selon nos calculs, du volume total d'EUT produit. **Il est estimé que ce volume atteindra près de 640 Mm³ d'ici 2050, soit plus du double de la production actuelle.**

Figure 14 : Evolution historique et projetée du flux total d'EUT en Tunisie de 1980 à 2050



La production d'eaux usées industrielles et touristiques reste faible par rapport au volume d'eaux usées domestiques, comme illustré sur le graphique ci-dessous. Ces flux représentent respectivement **13 et 6 % du flux d'EUT total en 2020 et 5 et 3 % en 2050**. Le nombre de STEP évolue rapidement pour passer de **107 en 2020 à 176 en 2030, puis 206 en 2050**.

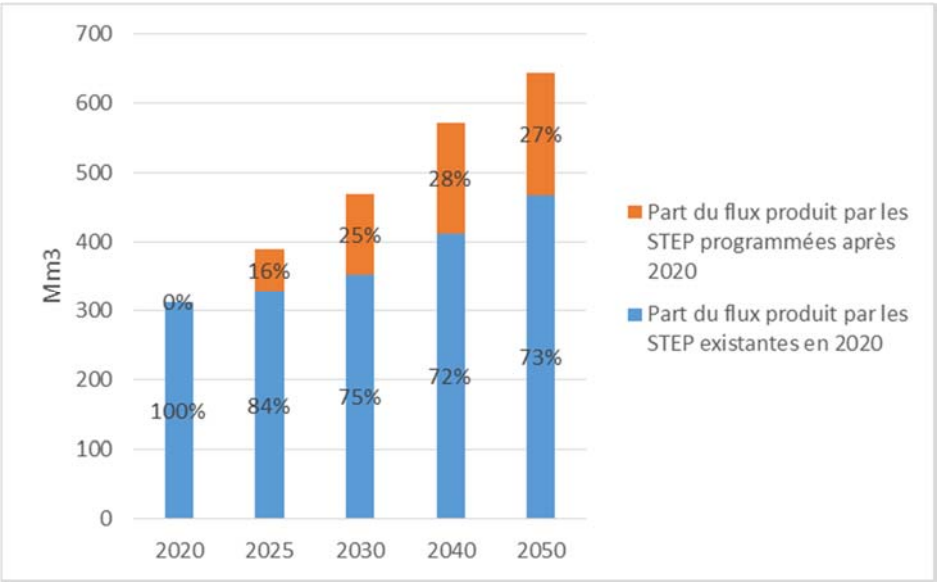
Figure 15 : Evolution historique et projetée des flux domestiques, industriels et touristiques des EUT de 1975 à 2050



NB : Le nombre de STEP ne prend pas en compte les différentes unités des STEP (ex : Choutrana 1 et 2 = 1 STEP)

L'augmentation du taux de raccordement au réseau d'assainissement collectif, notamment pour les communes rurales, devrait continuer à progresser avec le programme ambitieux fixé par l'ONAS pour élargir son parc épuratoire dans les 10 prochaines années. Comme le montre le graphique ci-dessous, **25 % du flux d'EUT produit en 2030 le sera par des STEP nouvellement créées entre 2020 et 2030**. Cette proportion du flux produit par des nouvelles STEP se stabilisera jusqu'en 2050 (28 % du flux produit). **L'augmentation du flux d'EUT produit entre 2030 et 2050 sera plutôt lié à la croissance démographique, et donc à l'augmentation des capacités des STEP existantes, qu'à l'augmentation du taux de raccordement.**

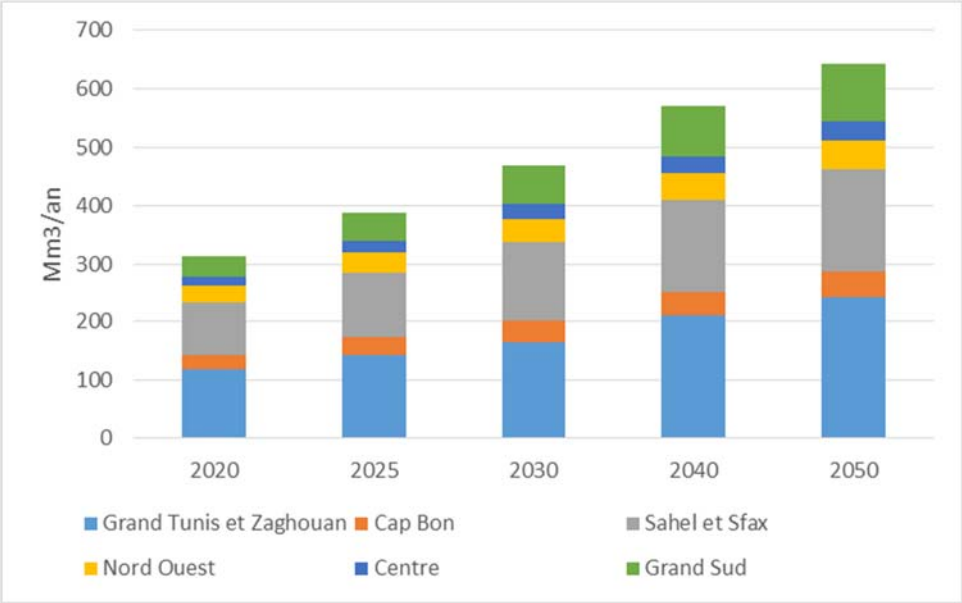
Figure 16 : Evolution du flux total d'EUT avec la part produite par des STEP existantes en 2020 et celle produite par des STEP programmées



Les données exposées ci-dessous permettent de mieux illustrer l'évolution de flux d'EUT à l'échelle des 6 zones d'études.

Tableau 18 : Flux d'EUT total produits par régions et aux différents horizons temporels de l'étude

Régions	Flux EUT produits (Mm3/an)					
	Données ONAS	*Résultats issus du modèle*				
	2018	2020	2025	2030	2040	2050
Grand Tunis et Zaghouan	114	118	143	165	211	244
Cap Bon	29	25	30	36	41	44
Sahel et Sfax	76	90	111	136	159	174
Nord-Ouest	23	30	35	41	45	49
Centre	14	15	20	26	30	32
Grand Sud	25	35	50	65	86	99
TOTAL	**281**	**313**	**389**	**469**	**571**	**643**



Les capacités de traitement des **grands pôles de production d'EUT** vont continuer à se développer vu leur rythme important de croissance démographique. Ces derniers sont tous situés sur le littoral : le Grand Tunis, le Grand Sousse et Monastir, le Grand Sfax, Nabeul/Hammamet, Djerba/Zarzis. Ainsi, le **Grand Tunis restera le pôle épuratoire majeur avec près de 38 % des EUT produites en 2050**. La région du **Sahel et de Sfax continuera à produire 27 % des EUT du pays**. La plus grande augmentation du flux sera pour le **Grand Sud qui va voir sa production d'EUT plus que tripler entre 2020 et 2050**. En effet, l'ONAS prévoit d'augmenter le nombre de STEP dans les zones rurales de la région dans ces schémas directeurs d'assainissement pour les gouvernorats de Gabes, Gafsa et Medenine ainsi que de développer les pôles épuratoires de Gabes et Zarzis.

3.2.2 Localisation des flux d'EUT

Sur la base des échanges tenus avec l'ONAS et des documents de planification recueillis dans le cadre de l'étude, nous présentons ci-après sous forme cartographique l'évolution possible du parc de STEP à l'échelle du pays d'ici à l'horizon 2050.

Ces éléments seront ensuite repris de manière plus fine à l'échelle de chacune des 6 zones d'étude dans les chapitres 10 à 15.

Figure 17 : Parc des STEP en 2018

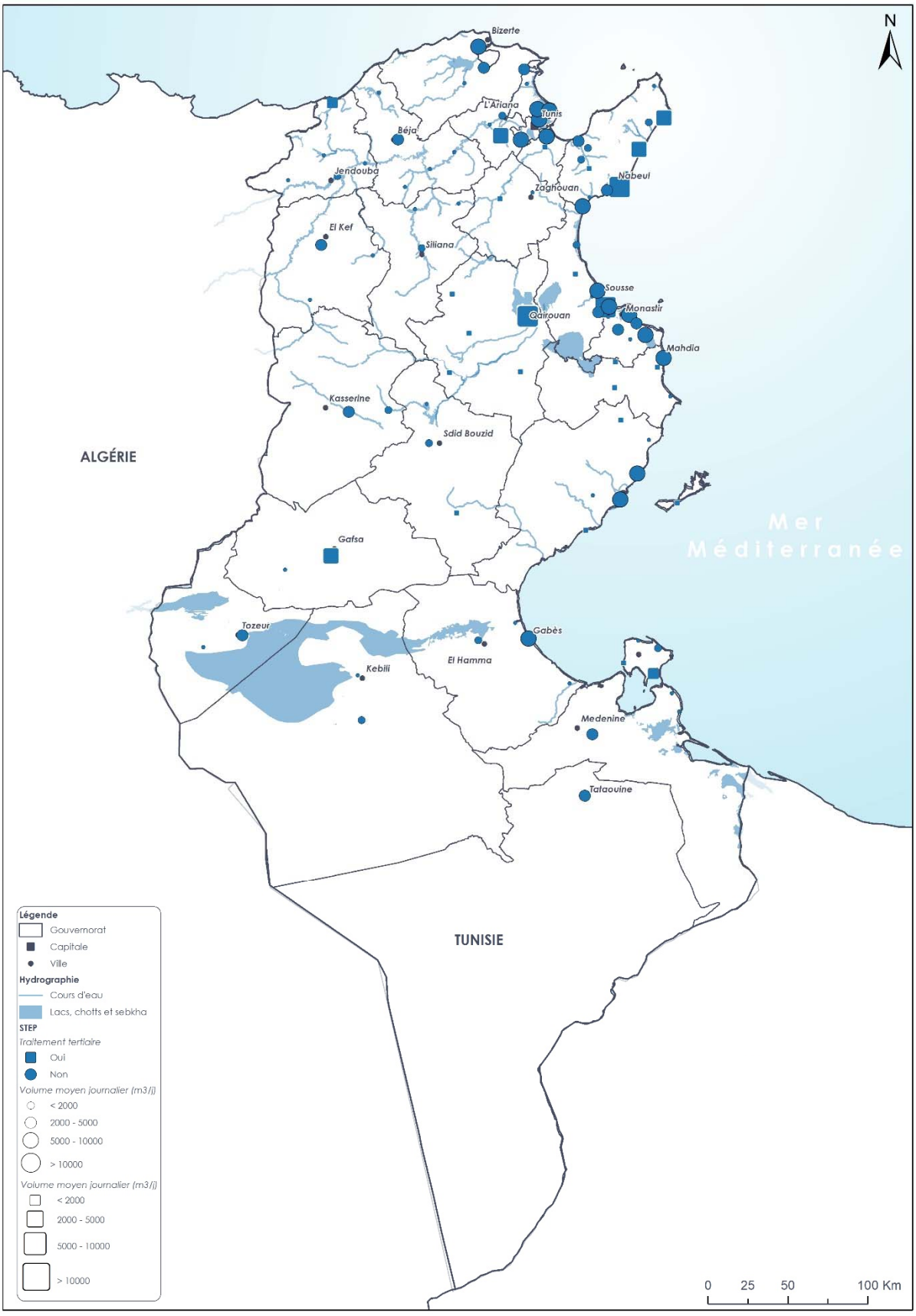
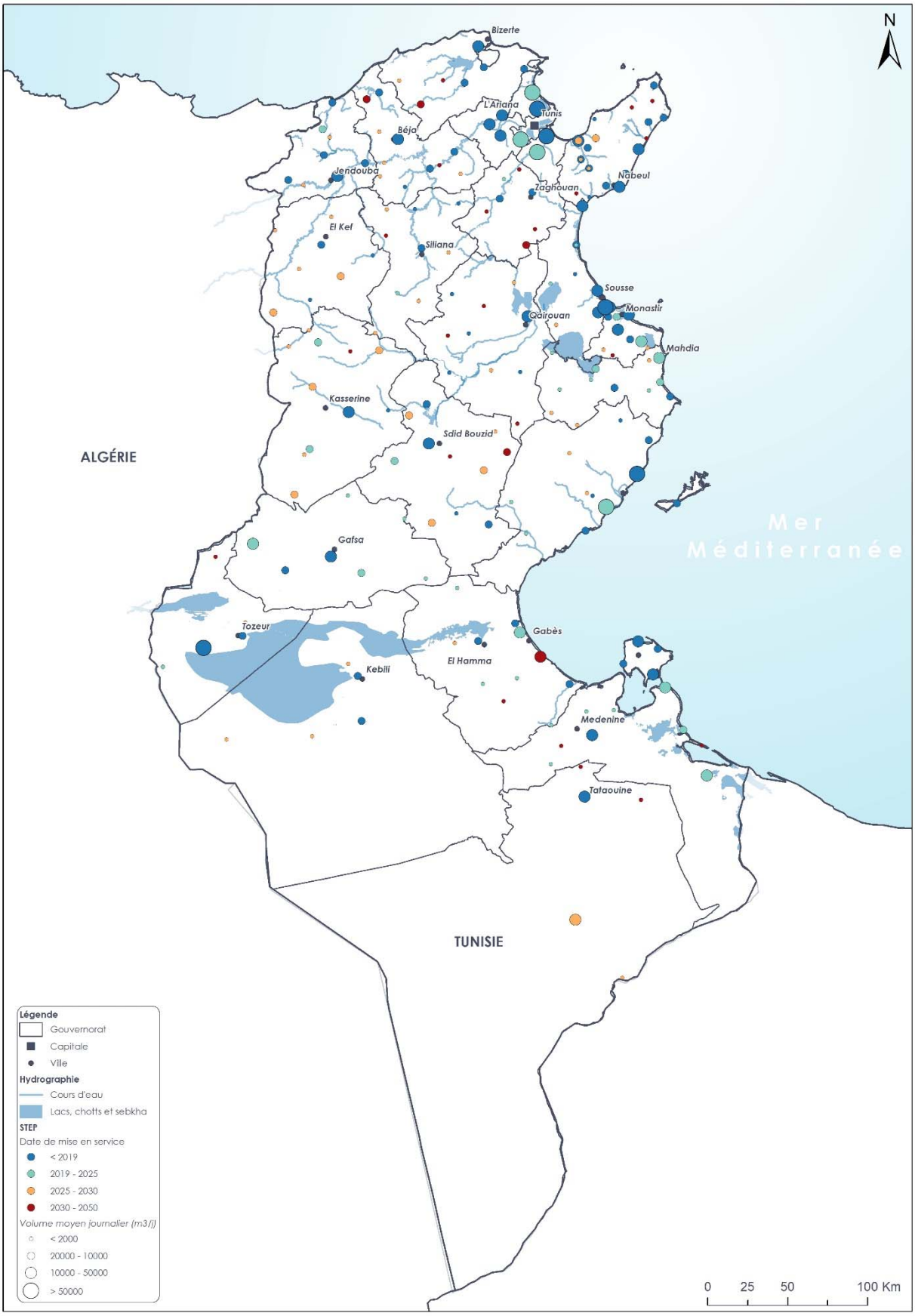


Figure 18 : Evolution possible du parc des STEP dentre 2018 et 2050



3.2.3 Variabilité du flux d'EUT en fonction des hypothèses d'évolution démographique et de consommation unitaire en eau potable

Afin de tester la sensibilité de notre modèle, nous avons analysé la variation des résultats en émettant 3 hypothèses différentes pour deux paramètres qui influent le plus sur ces résultats : l'évolution de la croissance démographique et l'évolution de la consommation unitaire en eau potable.

EVOLUTION DE LA CROISSANCE DEMOGRAPHQIUE

Les 3 hypothèses qui ont été testées concernant l'évolution de la croissance démographique sont les suivantes :

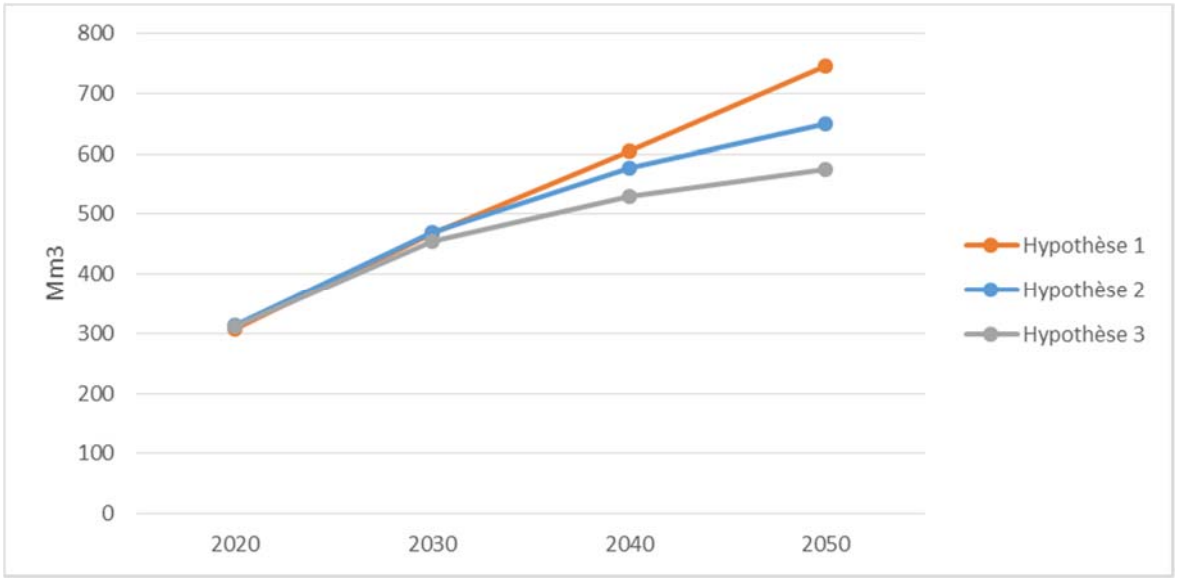
Hypothèse 1 : Les taux d'accroissement de la population entre 2004 – 2014 par communes existantes avant 2016 sont linéaires jusqu'en 2050.

Hypothèse 2 (hypothèse retenue pour le calcul des résultats présentés plus haut) : L'évolution de la population suit les hypothèses formulées par l'ONAS dans ses schémas directeurs d'assainissement existants (gouvernorats du Grand Tunis, Sousse, Mahdia, Sfax Gabes, Gafsa et Medenine). Pour les autres gouvernorats, on revoit à la baisse les taux d'accroissement entre 2004 et 2014 par commune en lien avec les projections de l'INS sur la baisse du taux d'accroissement national après 2020 et jusqu'en 2041.

Hypothèse 3 : Pour tous les gouvernorats, on revoit à la baisse les taux d'accroissement entre 2004 et 2014 par communes en lien avec les projections de l'INS et on ne prend pas en compte les projections démographiques utilisées par l'ONAS.

La population urbaine en 2014 était de près de 7,4 millions d'habitants, d'après le dernier recensement, pour 11 millions d'habitants au total (INS, 2014). L'hypothèse 1 ferait augmenter cette population urbaine à près de 13,8 millions d'habitants en 2050. Cette hypothèse très haute est peu probable au vu des projections de l'INS. Pour cette hypothèse, la production d'EUT nationale annuelle serait d'environ 750 Mm^3 en 2050. Pour l'hypothèse 3, la population urbaine augmenterait jusqu'à 10,4 millions d'habitants avec un volume total d'EUT produit de 575 Mm^3/an en 2050.

Figure 19 : Variation des flux d'EUT projetés en fonction de différentes hypothèses d'évolution de la croissance démographique



EVOLUTION DE LA CONSOMMATION UNITAIRE EN EAU POTABLE

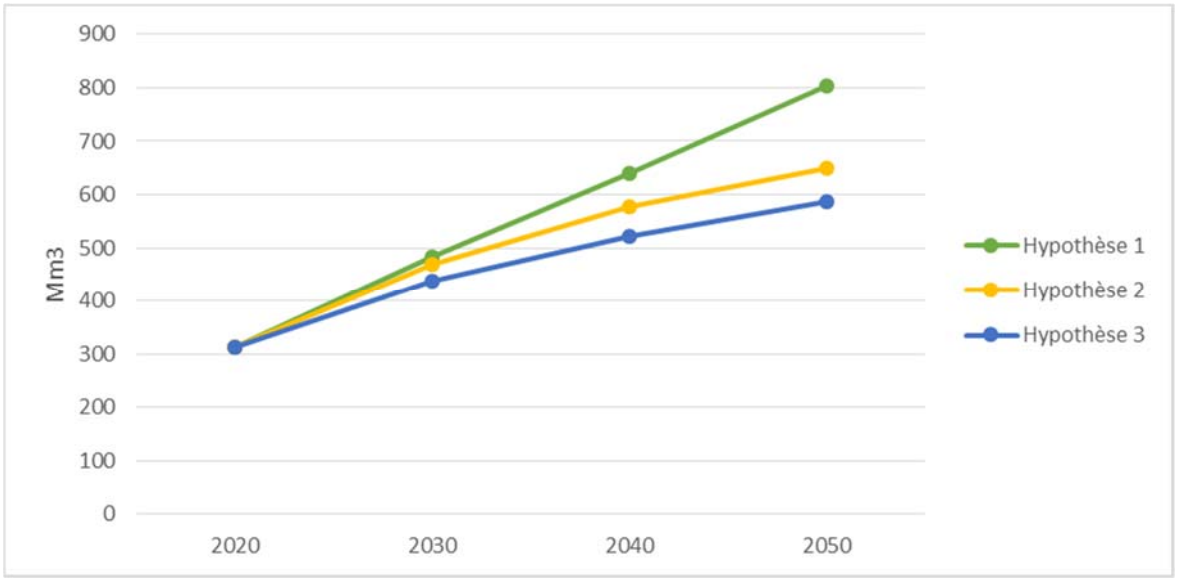
Les 3 hypothèses qui ont été testées concernant l'évolution de la consommation unitaire en eau potable sont les suivantes :

Hypothèse 1 : La consommation unitaire continue à augmenter avec l'amélioration du niveau de vie, selon le même rythme de croissance que ces 10 dernières années, à savoir 0,5 % par an pour le Grand Tunis et 1,5 % par an pour les autres gouvernorats.

Hypothèse 2 (hypothèse retenue pour le calcul des résultats présentés plus haut) : La consommation unitaire continue à augmenter selon le même rythme de croissance que ces 10 dernières années jusqu'en 2030 pour le Grand Tunis (0,5 % par an) puis la consommation stagne jusqu'en 2050. Pour les autres gouvernorats, le taux d'accroissement diminue petit à petit (1 % par an entre 2020 et 2030 et 0,5 % par an entre 2030 et 2040) puis la consommation stagne entre 2040 et 2050.

Hypothèse 3 : Les consommations unitaires actuelles stagnent jusqu'en 2050 pour tous les gouvernorats.

Figure 20 : Variation des flux d'EUT projetés en fonction de différentes hypothèses d'évolution de la consommation unitaire en eau potable



4. QUEL EST LE MIX DE RESSOURCES EN EAU DANS LEQUEL S'INSERERONT POTENTIELLEMENT LES EUT ? QUEL ROLE PEUVENT-ELLES JOUER POUR ADAPTER LE PAYS AUX EVOLUTIONS CLIMATIQUES ET SOCIO-ECONOMIQUES ?

Nous avons élaboré une synthèse à l'échelle du pays qui vise à situer les EUT comme ressources dans le bilan hydrologique national, et ceci à différentes échelles de temps et d'espace.

Il s'agit de répondre à un objectif très important de l'étude : **penser l'utilisation des EUT en termes de ressources, de manière globale,** et montrer comment elles constituent un des leviers disponibles pour répondre à la volonté de la Tunisie de rééquilibrer son bilan hydrique, bilan déjà négatif en année sèche et fortement menacé par les évolutions socio-économiques et climatiques.

Cette synthèse s'est appuyée essentiellement sur les documents de la démarche Eau 2050 déjà disponibles et sur l'étude CRET. Nous avons aussi utilisé d'autres données et études en provenance en particulier de la Direction Générales des Ressources en Eau. En pratique nous avons construit un outil intégrateur sous tableur, qui permet, sous forme de tableaux croisés dynamiques et de graphes, d'établir des bilans en eau à différentes échelles spatiales.

Ces bilans intègrent des hypothèses sur les impacts possibles du changement climatique sur les ressources en eau. Nous exposons ci-après des grands chiffres à l'échelle nationale et à l'échelle des 6 zones d'étude. Lors des études prospectives régionales dans les chapitres 10 à 15 nous présentons des éléments de bilan plus détaillés pour les 6 zones d'étude.

Dans ce présent chapitre 4, nous considérons l'ensemble du flux des EUT. Il est toutefois à noter qu'une partie de ce flux ne sera pas exploitable en l'état actuel pour des questions de salinité trop élevée. Cette question est abordée au chapitre 5.2.3.

4.1 UN POTENTIEL SIGNIFICATIF DE SUBSTITUTION DES EAUX CONVENTIONNELLES PAR LES EUT

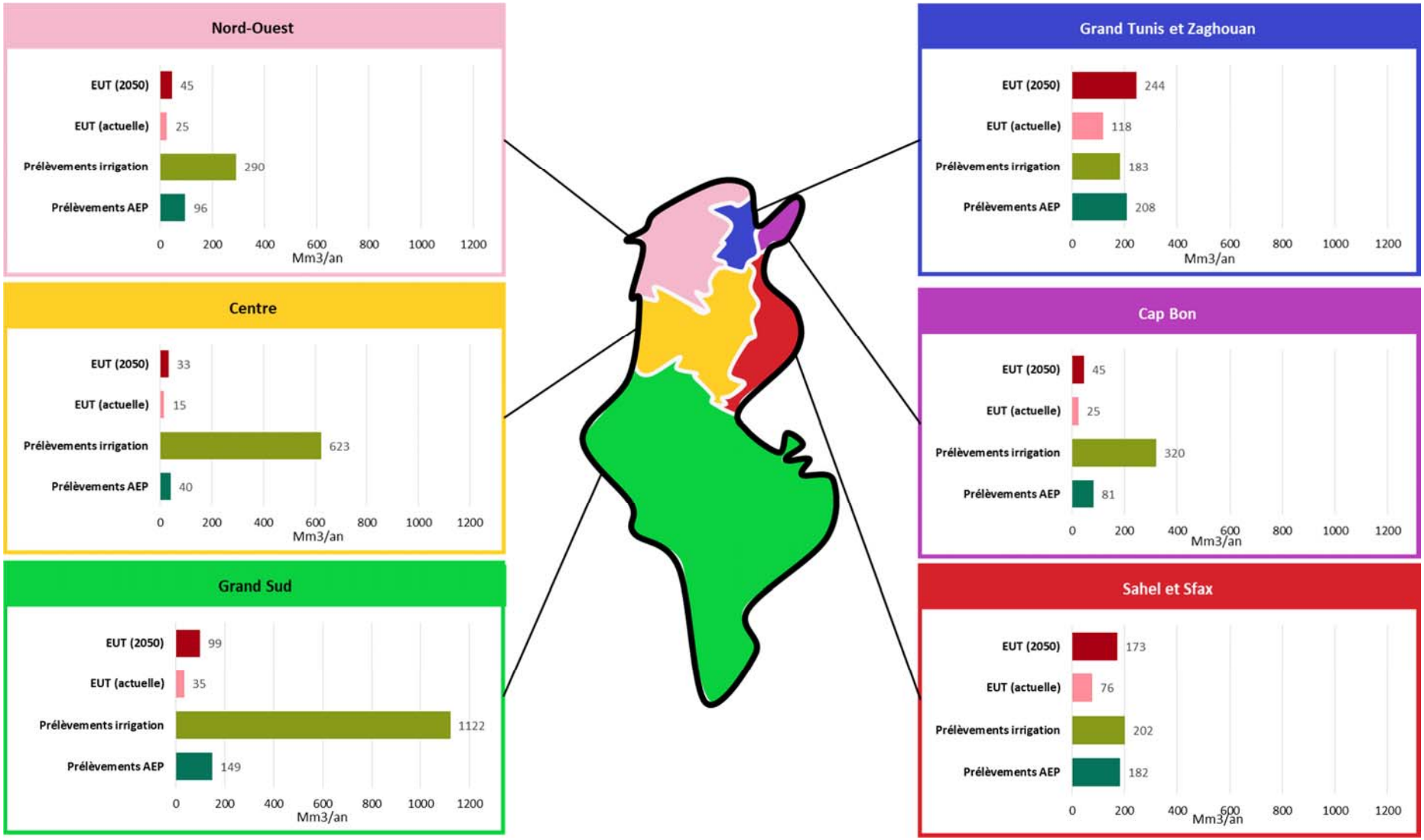
Dans la situation actuelle (chiffres 2020), **les EUT constituent un potentiel de 310 Mm³ par an à l'échelle de la Tunisie**. En comparaison, les volumes d'eau prélevés dans les ressources de surfaces et souterraines s'élèvent à environ **3,7 milliards de m³ par an**[1], dont **2,9 milliards m³ sont dédiés à l'irrigation agricole**. En ordre de grandeur, **les EUT pourraient ainsi se substituer à 8% des prélèvements totaux de la Tunisie, ou à 11% des prélèvements pour l'irrigation**.

A l'horizon 2050, la production d'EUT pourrait atteindre **640 Mm³ par an**, soit une augmentation de +106 % par rapport à la situation actuelle. Si on fait l'hypothèse de travail que les besoins en eau d'irrigation n'augmenteront pas à l'horizon 2050, **les EUT pourraient ainsi se substituer à 16% des prélèvements totaux de la Tunisie, ou à 22% des prélèvements pour l'irrigation**. Répétons de nouveau qu'il s'agit ici de donner des ordres de grandeur.

La synthèse cartographiée ci-dessous permet d'illustrer le potentiel d'EUT aujourd'hui et en 2050 par rapport aux prélèvements pour l'irrigation agricole et l'AEP en fonction des 6 zones d'étude.

[1] Il s'agit ici des prélèvements pour l'alimentation en eau potable (domestique, industrielle et touristique) ainsi que des prélèvements pour l'irrigation.

Figure 21 : Carte de comparaison des potentiels d'EUT avec les prélèvements en eau actuels par usages et par régions



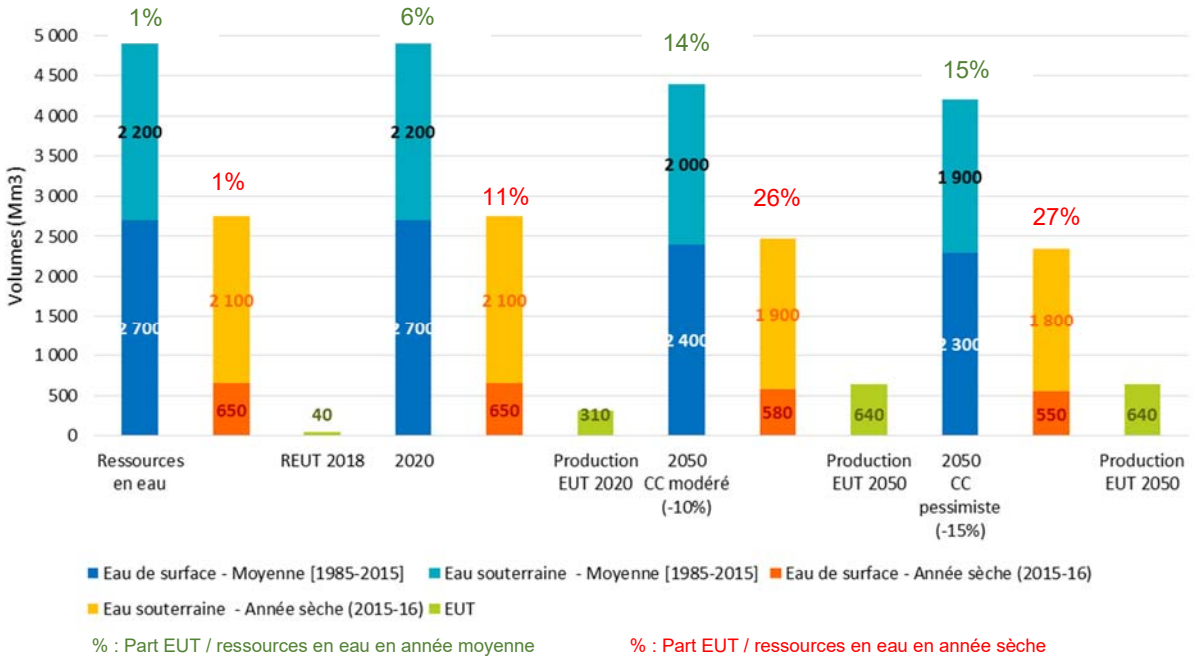
4.2 DES EUT QUI POURRAIENT REPRESENTER JUSQU'A ¼ DES RESSOURCES EN EAU DU PAYS EN 2050 LORS DES ANNEES SECHES

Il est aussi possible de comparer les EUT avec les ressources renouvelables annuellement à l'échelle du pays. Dans la situation actuelle, **les 310 Mm³ d'EUT produits représentent 6 % des ressources globales du pays en année moyenne** (eaux de surface et eaux souterraines). **Cette proportion augmente en année sèche** quand les eaux de surface peuvent atteindre seulement 650 Mm³/an. **Les EUT peuvent alors représenter près de 11 % des ressources annuelles.**

Afin de projeter ce bilan à l'horizon 2050, nous avons intégré **2 scénarios de changement climatique différents** : le RCP 4.5 qui induirait une réduction modérée des ressources en eau (- 10 %) et le RCP 8.5 qui induirait une plus forte réduction de ces ressources (- 15 %). Pour le premier scénario, les EUT, à hauteur de 640 Mm³ produits par an, pourraient représenter **14 % des ressources en année moyenne**, voir jusqu'à **26 % des ressources en année sèche.** Un scénario climatique encore plus pessimiste augmenterait ces proportions à 15 % en année moyenne et 27 % en année sèche.

Le graphique ci-dessous permet de comparer les ressources en eau globales du pays et le potentiel de production d'EUT, en 2020 et en 2050 selon les 2 scenarios de changement climatique considérés.

Figure 22 : Part des EUT dans le mix des ressources en eau au niveau national en 2020 et 2050 en année moyenne et sèche selon plusieurs hypothèses de changement climatique



4.3 UNE RESSOURCE INEGALEMENT REPARTIE EN FONCTION DES REGIONS

La situation est en pratique contrastée selon les régions du pays, et ce à plusieurs égards. En effet, l'importance du potentiel de REUT prend une dimension différente, une fois replacé dans le bilan hydrologique de chaque région. Le **Cap-Bon**, par exemple, présente un **bilan hydrologique déficitaire à hauteur de 110 Mm³** (voir chapitre 10). Le **potentiel identifié d'EUT de 25 Mm³** (2020) est modeste en comparaison avec certaines autres régions, et ne représente que **8% des prélèvements pour l'irrigation dans la zone**. Par contre, il représente **23% du déficit** et permettrait donc de **réduire le stress hydrique local de façon significative** si les EUT venaient en remplacement de ressources conventionnelles actuellement exploitées.

Les régions du **Centre et du Grand-Sud** sont moins densément peuplées que le Cap Bon et présentent un **potentiel de REUT modeste au regard des ressources en eau disponibles**. Cependant, ce potentiel pourra contribuer à la **réduction de déficits hydriques locaux**. Les prélèvements pour l'irrigation y sont colossaux, et proviennent exclusivement des nappes, pour la plupart surexploitées.

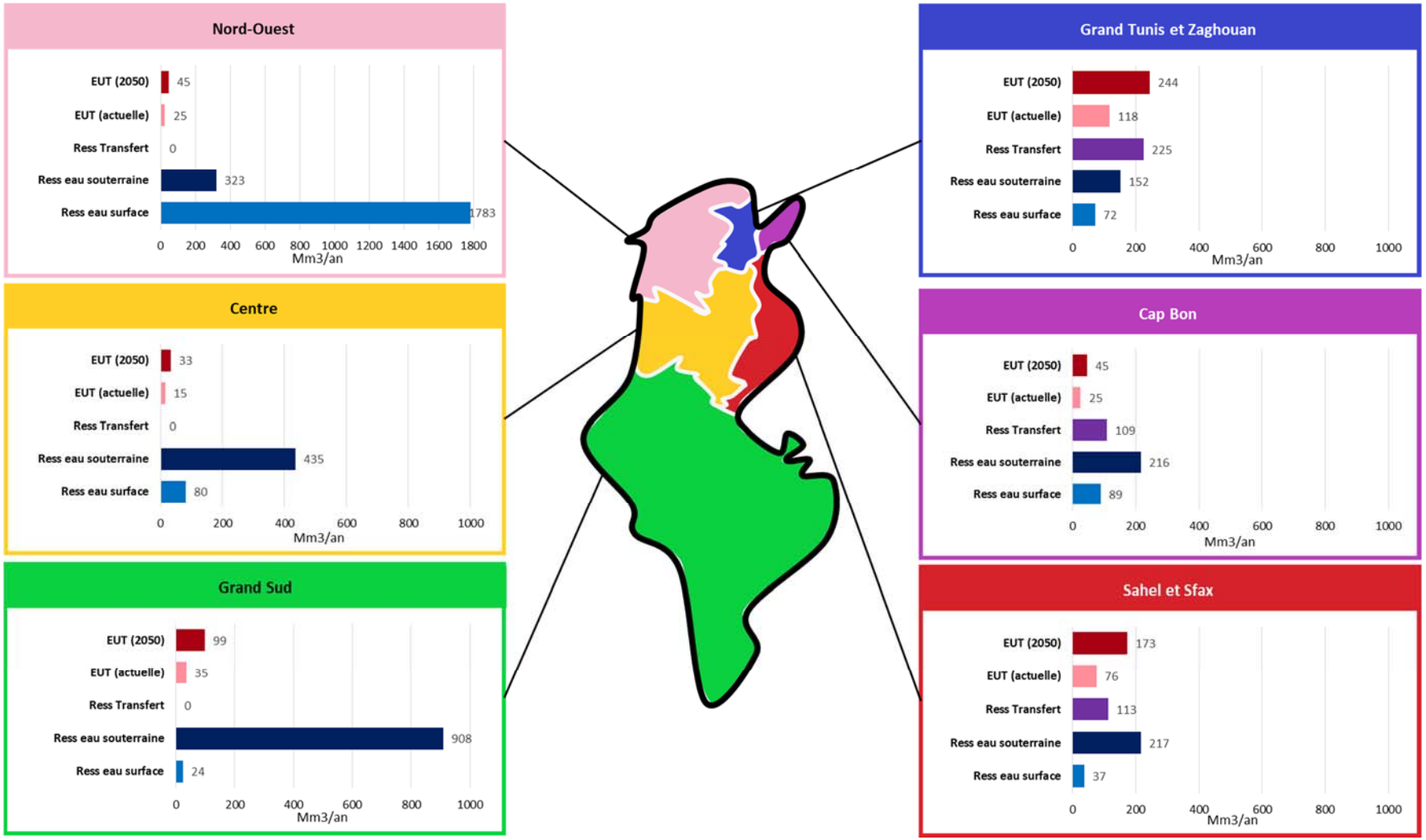
Dans la zone du **Nord-Ouest**, la pression sur les ressources en eau pour des usages internes à la zone est faible. La région alimente les autres zones du pays via ses grands ouvrages hydrauliques et de transfert. De plus, le potentiel de REUT est faible, de 25 Mm^3 actuellement et de 45 Mm^3 à l'horizon 2050.

L'importance du potentiel de REUT pour les régions du **Grand Tunis et de Sahel et Sfax** est par contre bien confirmé au regard du bilan hydrologique déficitaire de ces deux régions. Par exemple, dans la zone du Grand Tunis et Zaghouan, **la quantité d'EUT en situation actuelle représente environ 65% des prélèvements actuels pour l'irrigation et 52 % des eaux transférées du Nord-Ouest. Pour la zone du Sahel et Sfax, les EUT produites actuellement représentent 30 % des ressources en eau locales (eaux de surface et souterraines).**

La synthèse cartographiée ci-dessous permet d'illustrer le potentiel d'EUT aujourd'hui et en 2050 par rapport aux ressources en eau des 6 zones d'étude. Elle prend en compte les eaux de surface, les eaux souterraines et les ressources provenant des transferts interrégionaux.

Ces éléments sont ensuite repris de manière plus fine à l'échelle de chacune des 6 zones d'étude dans les chapitres 10 à 15.

Figure 23 : Carte de comparaison des potentiels d'EUT avec les ressources en eau par région



5. GAMME DES OPTIONS TECHNOLOGIQUES APPLICABLES A COURT ET MOYEN TERME POUR DISPOSER DE RESSOURCES EN EAU ISSUES DES EUT EN PHASE AVEC LES USAGES

Dans ce chapitre, on fait l'hypothèse d'une certaine continuité dans la structuration d'ensemble de la filière assainissement en Tunisie, en particulier on n'envisage pas ici, par exemple de séparation à la source. Dans le chapitre suivant, des ruptures possibles plus radicales, à envisager sur le moyen ou long terme, sont évoquées.

5.1 QUELS NIVEAUX D'EXIGENCE EN TERMES DE QUALITE ?

En raison des risques potentiels pour la santé humaine, la REUT exige un niveau de qualité de l'eau utilisée qui doit être encadrée par des réglementations strictes, des programmes de contrôle, d'évaluation et de conformité fiables. La REUT expose en effet à des risques sanitaires des groupes de personnes, tels que les agriculteurs, les ouvriers agricoles, les communautés avoisinantes en contact direct avec les eaux usées, ainsi que les consommateurs, du fait des produits cultivés, ou les pratiquants d'espace verts irrigués avec des EUT.

L'objectif d'exiger un niveau de qualité en REUT est de pouvoir réduire et maîtriser ce risque sanitaire qui est plus ou moins important en fonction :

- **de l'usage** : une défaillance de qualité aura un impact sanitaire bien plus important si l'EUT est utilisé pour l'AEP que pour le lavage de voirie, par exemple ;
- **des possibilités de contact de l'EUT avec les agriculteurs ou consommateurs** : le goutte-à-goutte enterré minimise les contacts avec la culture et avec le cultivateur ;
- **du type d'utilisation** (direct, indirect) : l'infiltration pour la recharge de nappe permet de minimiser le risque de contamination par rapport à une utilisation directe, par exemple.

De ce fait, en fonction du type d'usage, **les exigences de qualité sont à moduler**, d'autant que l'atteinte d'un certain niveau de qualité s'accompagne le plus souvent d'un **coût économique non négligeable** qui peut freiner le développement des projets de REUT.

La nature de ce risque est principalement de **nature biologique** (parasites et microorganismes pathogènes), occasionnellement de nature chimique (substances toxiques et micropolluants organiques). Le traitement des eaux usées a été longtemps considéré comme la solution ultime pour réduire les risques. Notre conviction développée dans ce rapport est que **le renforcement du traitement est une option réaliste d'atténuation des risques sanitaires en Tunisie mais qu'il ne s'agit pas de l'unique méthode pour réduire le risque**. De ce fait, le niveau d'exigence doit porter certes sur la nécessité de traitement mais aussi sur un **ensemble de mesures barrière** qui permet la protection de la santé.

Nous développons dans la suite de ce chapitre les options technologiques qui permettront l'atteinte d'un certain niveau de qualité, notamment sur les aspects microbiologiques, en fonction des usages.

5.2 DESCRIPTION DES OPTIONS TECHNOLOGIQUES POSSIBLES POUR RELEVER LES DEFIS

Dans un projet de réutilisation des eaux usées, **les objectifs premiers du traitement** sont :

- **Réduire au minimum les risques pour la santé humaine et l'environnement**,
- **Rassurer le consommateur**, en assurant la maîtrise du traitement pour obtenir une qualité d'eau traitée conforme à l'usage pour lequel elle est utilisée.

A travers ce constat, la pression pour assurer une eau de qualité constante et conforme avec l'usage est portée sur le traitement. Or, que ce soit en Tunisie ou à travers le monde, l'objectif à la base du traitement des eaux usées était le plus souvent basé sur la préservation et la reconquête de la qualité de l'eau et des milieux aquatiques, la réutilisation des eaux usées traitées n'étant pas ou peu pratiquée. De ce fait, le traitement mis en place au niveau des stations d'épuration a mis l'accent sur **l'abattement de la charge polluante organique** et **localement des nutriments en fonction de l'acceptabilité et de la sensibilité du milieu récepteur**. **Pour la majorité des usages des eaux usées traitées**, le traitement d'abattement de la charge polluante en lien avec le milieu récepteur n'est pas suffisant et implique de **compléter ce traitement**, **notamment vis-à-vis des paramètres microbiologiques**.

Le paragraphe ci-dessous présente le**s différentes options technologiques** qui pourraient être mis en œuvre au niveau du parc existant des stations d'épuration en Tunisie **pour compléter le traitement** existant afin de développer des projets de réutilisation des eaux usées traitées.

5.2.1 Importance du traitement primaire et secondaire

Avant de développer les traitements complémentaires, il est nécessaire de s'assurer de **l'efficacité de la chaîne de traitement amont** (prétraitement et traitement secondaire), garante du bon fonctionnement du traitement complémentaire. En effet, si les processus biologiques et de décantation n'atteignent pas les performances exigées, le traitement tertiaire sera dysfonctionnel et ne pourra pas assurer son rôle de diminution des risques sanitaires. **A la sortie des traitements primaires et secondaires, les effluents doivent avoir une charge organique diminuée compatible avec un traitement plus poussé sur les matières en suspension et sur les paramètres microbiologiques**.

NB : Les filtres plantés de macrophytes sont reconnus comme procédé de traitement à part entière et à ce titre sont une solution adaptée pour les petites collectivités, du fait notamment de sa simplicité d'exploitation et de ces bons rendements épuratoires. Ce procédé est d'ailleurs privilégié par l'ONAS pour les stations d'épuration de petite capacité. Cependant, ses performances sont équivalentes à un traitement secondaire et il n'a pas de pouvoir de désinfection. De ce fait, les mêmes besoins en traitement complémentaire sont à fournir que pour les procédés de traitement intensifs tels que les boues activées. La réutilisation des EUT en aval des STEP rurales avec un assainissement semi-collectif est abordé dans le chapitre 5.5.

Pour la plupart des usages pratiqués en REUT, **le niveau de traitement secondaire n'est pas suffisant**. Le tableau ci-dessous présente les concentrations concernant les paramètres microbiologiques en sortie du traitement secondaire.

Tableau 19 : Impact du traitement secondaire sur les paramètres microbiologiques

Type de procédé	Paramètres	Concentration en entrée	Abattement	Concentration en sortie
Boues activées sans traitement tertiaire ni désinfection	E.coli (UFC/100 mL)	10^7 à 10^8	1 à 2 log	10^5 à 10^7
	Entérocoqes fécaux (UFC/100 mL)	10^7 à 10^8	1 à 2 log	10^5 à 10^7
	Bactériophages ARN F-spécifiques (FRNAPH) (UFP/100mL)	10^5 à 10^6	2 à 3 log	10^2 à 10^4
	Spore de bactérie anaérobies sulfito-réductrices (UFP/100mL)	10^5 à 10^6	1 à 2 log	10^3 à 10^5
Lagunage	E.coli (UFC/100 mL)	10^7 à 10^8	2 à 4 log avec 3 bassins en série en général L'abattement dépend du nombre de bassin et du temps de séjour	10^3 à 10^6
	Entérocoqes fécaux (UFC/100 mL)	10^7 à 10^8	1 à 2 log	10^5 à 10^7
	Bactériophages ARN F-spécifiques (FRNAPH) (UFP/100mL)	10^4 à 10^7	2 à 3 log	10 à 10^5
	Spore de bactérie anaérobies sulfito-réductrices (UFP/100mL)	10^5 à 10^6	1 à 2 log	10^3 à 10^5

Ainsi, pour assurer une réutilisation, dans la plupart des cas, il y a nécessité de compléter l'épuration des eaux usées par un traitement complémentaire qui permet de diminuer le risque sanitaire et qui doit **être en adéquation avec l'usage** : l'arrosage de cultures maraîchères est par exemple plus exigeant en termes d'abattement microbiologique qu'une alimentation de lagune littorale.

A l'inverse, il est à considérer que la sensibilité du milieu récepteur implique de réduire les concentrations en azote et phosphore pour préserver l'environnement du phénomène d'eutrophisation mais a contrario les usages agricoles ou d'arrosage de golf peuvent avoir la nécessité de maintenir ces nutriments dans l'eau, afin d'apporter les fertilisants via l'eau d'irrigation et non par apports d'engrais.

5.2.2 Les traitements complémentaires en lien avec la REUT

En Tunisie, la majorité des stations d'épuration (plus de 80% des volumes traités) ont un procédé de traitement de type intensif, dénommé « boues activées ». Son rendement d'abattement sur la matière organique est élevé mais très faible sur les paramètres microbiologiques par rapport aux exigences de la réglementation. Des traitements spécifiques complémentaires sont donc nécessaires pour les usages en lien avec les produits de consommation et/ou nécessitant des contacts avec l'eau.

Les techniques de traitement des eaux usées destinées à la réutilisation des eaux usées traitées sont donc essentiellement basées sur l'abattement des paramètres microbiologiques en lien avec la nécessité de réduire au maximum la matière présente (sous forme de MES) dans l'eau. Dans la majorité des cas, les résultats d'une telle désinfection sont directement liés à la qualité de l'eau en entrée. Le paramètre le plus gênant pour la plupart des traitements de désinfection est la turbidité. Les matières en suspension contiennent en effet une grande proportion de matières organiques et rendent plus difficile le contact entre réactifs désinfectants et micro-organismes.

En résumé, plus la concentration en MES (et donc la DCO et DBO_5) est importante, plus difficile et contraignante sera la désinfection. De plus, de manière générale, l**es réglementations propre à la REUT imposent des exigences en termes de MES et de DCO** qui imposent souvent la mise en place d'une **étape de filtration.**

De ce fait, les techniques sont basées sur deux grands principes : une étape préalable de **filtration** (qui participe à diminuer aussi les paramètres biologiques) et la **désinfection**.

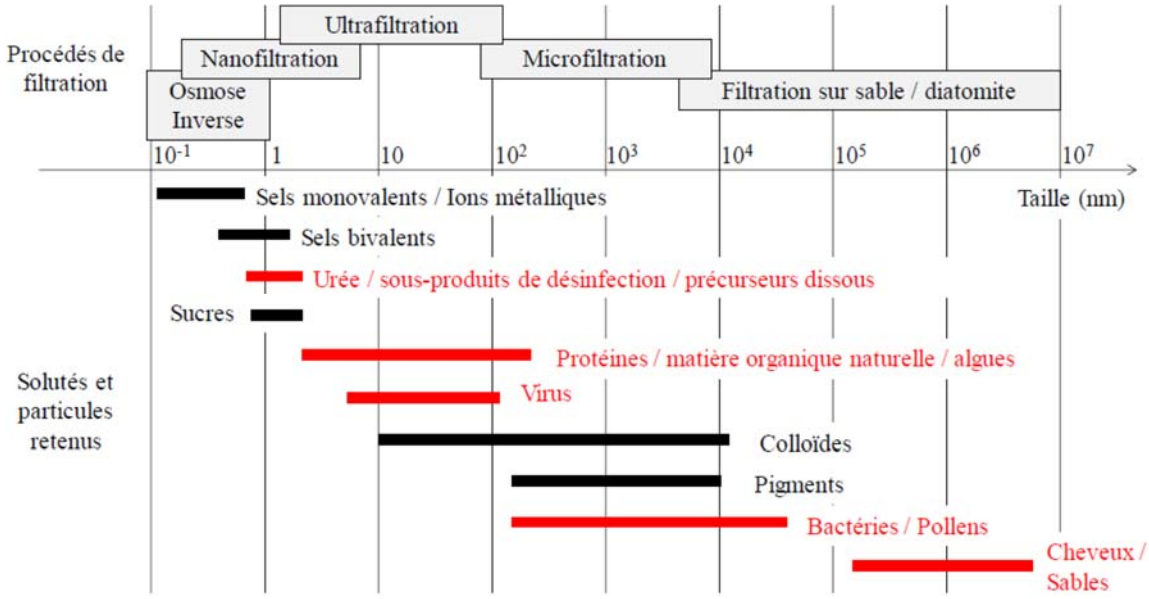
Les différents procédés présentés ci-après sont présentés plus en détail en annexe 2 du présent rapport.

5.2.2.1 Les technologies de filtration

Le **procédé de filtration élimine les particules pour que l'étape de désinfection soit efficace** et ne génère pas trop de sous-produits. Elle vise aussi à **limiter les difficultés sur les systèmes de réutilisation en aval**. On cherchera par exemple à limiter le colmatage des matériels d'irrigation.

Différentes technologies de filtration sont développées et permettent un niveau de filtration plus ou moins poussé (cf. figure ci-après).

Figure 24 : Positionnement des procédés de filtration en fonction du diamètre des pores membranaires et des molécules à retenir

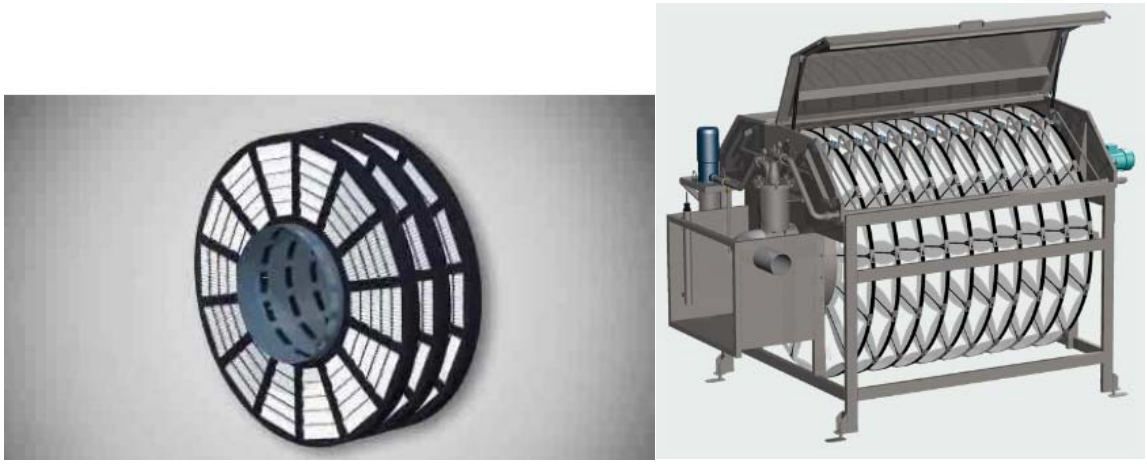


Les technologies les plus employées en traitement tertiaire sont :

- **la filtration sur tamis** : Le média utilisé est une toile. Elle peut être fixée sur des disques indépendants les uns des autres ou sur un cylindre, appelé alors tambour. La totalité de l'effluent à traiter traverse les mailles de la toile ; les MES sont retenues sur sa surface pour former un « gâteau » de filtration qui va améliorer l'efficience de la filtration. Ces procédés mécaniques de filtration sont dit « rustiques ». Lorsque le filtre commence à se colmater, le niveau de l'effluent à l'entrée augmente (perte de charge) et un capteur déclenche un cycle de lavage pour nettoyer la toile (détachement et évacuation des MES retenues).

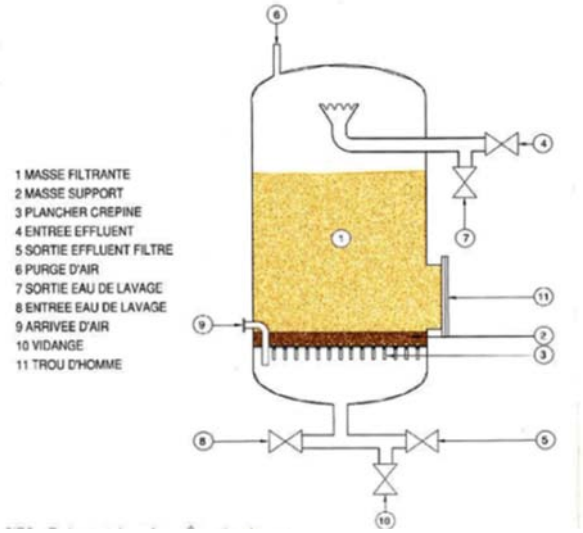
  En tamisage tertiaire, les mailles utilisées sont comprises entre 8 et 40 microns. L'effluent entrant a une concentration en MES faible correspondant au niveau de rejet obtenu en sortie d'un clarificateur, soit de l'ordre de 30 à 35 mg/l au maximum. Après traitement sur des filtres mécaniques, il est possible d'obtenir une eau de rejet contenant moins de 10 à 15 mg/l de MES. Il existe 2 types de support pour les toiles filtrantes : les disques et les tambours. Les filtres à disques sont les plus répandu. Le choix de l'ONAS en matière de filtration s'est orienté vers ce type de matériel.

Figure 25 : Exemples de filtres sur tamis



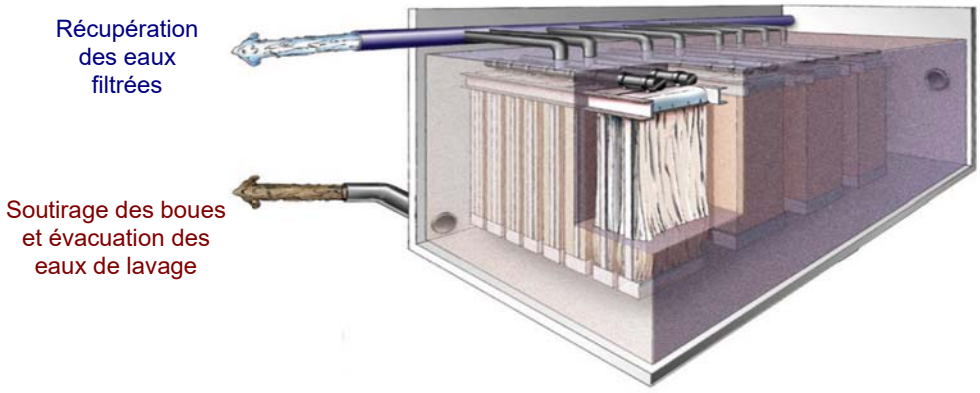
- **<u>la filtration sur sable, qui peut être à lavage :</u>**
  - **discontinu** : l'effluent est distribué en surface du filtre et traverse une couche de sable qui va retenir les particules. Pour éviter son colmatage, un rétro-lavage est déclenché sur horloge ou sur perte de charge. La filtration est alors interrompue et de l'eau filtrée est injectée dans le filtre dans le sens opposé à la filtration pour évacuer les MES piégées au sein du sable. L'eau de lavage, chargée en MES, est récupérée et évacuée hors du filtre.
  - **continu** : L'effluent est distribué uniformément, soit au centre du filtre à sable par un système de distribution radiale, soit en fond de filtre qu'il traverse de bas en haut. Les MES sont retenues au sein du massif de sable et l'eau filtrée est évacuée sur la partie supérieure du filtre par une canalisation dédiée. Un cône d'aspiration placé en partie inférieure du filtre aspire le sable vers un airlift qui le conduit à un système de lavage spécifique. Le sable, lavé par de l'eau filtrée, est réintroduit dans le filtre. Ce système permet une filtration en continu.

Figure 26 : Schéma d'un filtre à sable



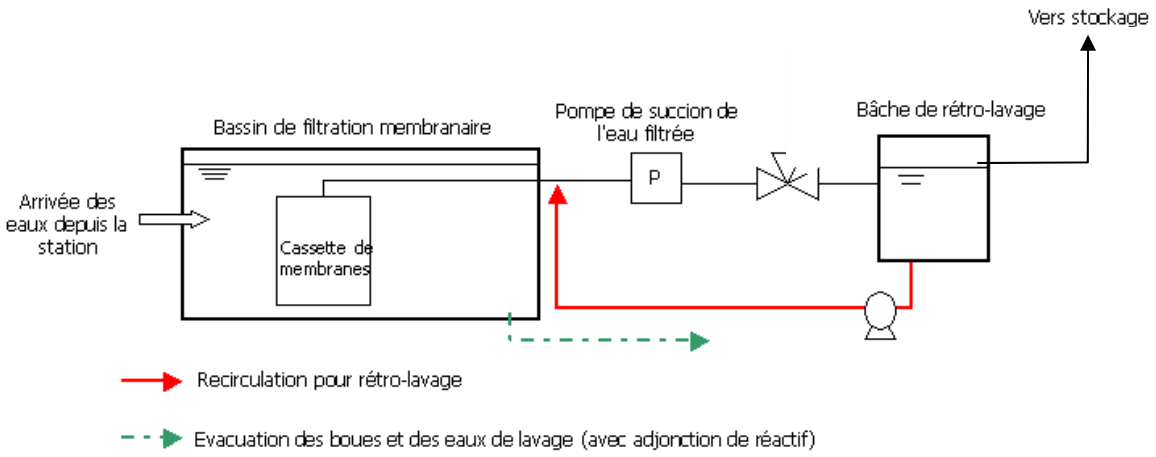
- **<u>la filtration membranaire</u>** : plusieurs niveaux de rétention existent, comme indiqué sur la figure présentée ci-dessus : microfiltration, ultrafiltration, nanofiltration, osmose inverse. Les membranes utilisées en traitement tertiaire d'eaux usées sont généralement des membranes d'ultrafiltration (voire de microfiltration). Ces membranes fonctionnent généralement différemment de celles employées pour la fabrication d'eau potable. La filtration se fait, à l'inverse de la filtration en eau potable, de l'extérieur des fibres vers l'intérieur soit par aspiration, soit par mise sous pression. Ces membranes sont soit directement immergées dans un bassin soit dans des modules fermés et sous pression.

Figure 27 : Exemple d'une filtration membranaire dans des modules spécifiques



L'eau filtrée recueillie est dirigée en premier lieu dans une bâche de retro-lavage, puis lorsque cette bâche est pleine elle est dirigée vers les dispositifs de réutilisation (ou de stockage). La bâche de rétro-lavage permet de conserver un volume d'eau nécessaire pour procéder au rétro-lavage.

Figure 28 : Schéma de fonctionnement d'une filtration membranaire



Les membranes de nanofiltration ou d'osmose inverse sont utilisées pour des eaux usées traitées réutilisées spécifiques (telles que des eaux usées traitées chargées en sel) ou pour des usages spécifiques en réutilisation des eaux usées (par exemple l'irrigation de cultures sensibles au sel).

Tableau 20 : Tableau de classification des membranes

Paramètres	Microfiltration	Ultrafiltration	Nanofiltration	Osmose Inverse
Plus petites espèces retenues	Colloïdes Microorganismes	Virus MO polymérisée	Ions divalents Petites molécules organiques	La plupart des espèces dissoutes
Pressions opératoires (bar)	0,2 – 1,0	0,1 – 5	5 – 15	15 - 80
Flux unitaires (l/m².h)	100 - 500	20 – 200	15 - 30	15 - 30

Tableau 21 : Tableau comparatif des différentes techniques de filtration

	Filtre à sable	Tamis filtrant	Filtration Membranaire			
			Microfiltration	Ultrafiltration	Nanofiltration	Osmose Inverse
Coût d'investissement	Faible	Faible	Elevé	Elevé	Elevé	Elevé
Coût d'exploitation	Faible	Faible	Elevé	Elevé	Elevé	Elevé
DCO	< 60 mg/L	60 mg/L	70 à 85 %	75 à 90 %	75 à 90 %	
MES	< 15 mg/L	10 mg/L	95 à 98 %	96 à 99.9 %	96 à 99.9 %	1 à 8 mg/L
Coliformes fécaux (abattement en log)	vitesse rapide : 0.3 à 0.7 log vitesse lente : 2 à 3 log		2 à 5 log	3 à 6 log	3 à 5 log	4 à 7 log
Protozoaires (abattement en log)	0 à 3 log	0 à 3 log	2 à 5 log	> 6 log	> 6 log	4 à 7 log
Virus (abattement en log)	0 à 1 log	0 à 1 log	0 à 2 log	2 à 7 log	3 à 5 log	4 à 7 log
Retour d'expérience sur des stations d'épuration	Importants	Modérés	Importants	Importants	Faibles	Faibles

5.2.2.2 Les technologies de désinfection

Les technologies développées pour la désinfection sont les suivantes :

- **les étangs de stabilisation (lagunage)** : Procédé extensif permettant un abattement sur la charge bactériologique, virale, des protozoaires et des œufs d'helminthes.
- **la chloration** : procédé le plus employé en désinfection des eaux usées. Cette technique est cependant de plus en plus remise en cause. Le chlore a une activité bactéricide prouvée, mais son optimisation est complexe. De plus, la formation de sous-produits toxiques à action rémanente dans l'environnement ainsi que les risques liés au transport, au stockage et à la manipulation du produit remettent en cause l'utilisation de cette technique de désinfection. Enfin, l'efficacité du chlore vis-à-vis des virus n'est pas bien établie.

- **l'ozonation** : Les propriétés bactéricides et virucides de l'ozone bien connues ont conduit au développement du traitement des eaux potables par ce gaz en Europe et aux Etats-Unis. La désinfection par l'ozone concerne surtout la production d'eau potable et très peu la désinfection des eaux résiduaires. L'ozone (O3) est un gaz instable et odorant produit industriellement dans un effluveur en faisant passer de l'air ou de l'oxygène sec entre deux électrodes soumises à une différence de potentiel de 15 000 Volt. Le traitement à l'ozone s'avère équivalent à celui par UV pour la désinfection des eaux résiduaires, l'ozonation présentant cependant un avantage par son action prononcée de désinfection des virus et des kystes de protozoaires.
- **les rayonnements UV** : La méthode de traitement des eaux usées par les UV repose sur l'inactivation des micro-organismes : le matériel génétique, et plus précisément les molécules d'ADN et d'ARN absorbent l'énergie des radiations UV. Les rayons Ultra-Violets ont un pouvoir germicide reconnu depuis la fin du siècle dernier. La technologie par rayonnement UV est couramment employée en désinfection des eaux résiduaires épurées aux Etats-Unis et au Canada. Cette technique de désinfection est considérée par de nombreux auteurs comme l'une des meilleures alternatives à la chloration, qui est encore la méthode de désinfection la plus couramment utilisée en France pour les eaux résiduaires.
- **l'oxydation par l'acide peracétique** : Son activité désinfectante est basée sur la libération d'oxygène actif. Son efficacité est meilleure à pH acide et est fortement réduite en présence de matières organiques. L'acide peracétique est généralement utilisé dans l'industrie et le milieu hospitalier mais commence à être utilisé en désinfection d'eaux usées. L'acide peracétique a un fort pouvoir oxydant. Il agit par dénaturation des protéines, par modification de la perméabilité de la membrane cellulaire et par oxydation des ponts sulfure des protéines, enzymes et autres métabolites cellulaires. Après le traitement, les différents constituants se dégradent rapidement dans l'environnement, sans laisser de sous-produits nocifs. L'un des inconvénients de son utilisation dans les eaux usées est l'accroissement non négligeable de la DBO5 et de la DCO qu'elle provoque (20 à 60%). Il n'est pas toxique pour un temps de contact suffisant.
- **l'oxydation par le dioxyde de chlore** : appelé aussi bioxyde de chlore est un gaz orangé explosif à une concentration de plus de 10% dans l'air. Pour des raisons de sécurité du fait de son instabilité, il doit être fabriqué sur place au dernier moment à partir de chlorite de sodium et d'acide chlorhydrique ou de chlorite de sodium et de chlore gazeux. Contrairement au chlore ou à l'ozone, le dioxyde de chlore ne réagit qu'avec quelques composés organiques. Cette plus grande sélectivité augmente l'efficacité de ce désinfectant. De plus, la gamme de pH pour laquelle le dioxyde de chlore conserve un pouvoir germicide est plus importante : entre 4 et 10. Le dioxyde de chlore est également plus efficace que le chlore pour l'inactivation des spores, bactéries, virus et autres organismes pathogènes. Son action est également rapide : temps de contact 2 à 3 fois plus court que pour le chlore. L'efficacité du dioxyde de chlore est au moins égale à celle du chlore, même à des concentrations inférieures.

Tableau 22 : Tableau comparatif des différentes techniques de désinfection

	Lagunage	Chloration	Ozonation	Rayonnement UV	Acide peracétique	Dioxyde de chlore
Inactivation bactérienne	Bonne	Bonne	Bonne	Bonne	Bonne	Bonne
Inactivation virale	Faible	Faible	Bonne	Bonne	Faible	Modéré
Réactivation possible	Oui	Oui	Non	Oui	Oui	Oui
Formation de produits secondaires nuisibles	Non	Oui	Oui	Non	Oui	Oui
Corrosif	Non	Oui	Oui	Non	Oui	Oui
Risque pour la sécurité publique	Non	Oui	Non	Non	Oui	Oui
Risque pour le personnel exploitant	Faible	Elevé	Modéré	Faible	Elevé	Elevé
Entretien requis	Minime	Minime	Elevé	Variable	Minime	Minime
Emprise foncière	Elevée	Aucun	Faible	Modéré	Aucun	Aucun
Consommation énergétique	Aucun	Aucun	Modéré	Important	Aucun	Aucun
Coût d'investissement	Modéré	Faible	Elevé	Modéré	Faible	Modéré
Coût d'exploitation	Faible	Faible	Elevé	Modéré	Faible	Faible
Nécessité d'un traitement complémentaire	Abattement de la matière organique et des MES	Abattement de la matière organique et des MES	Abattement de la matière organique et des MES	Abattement des MES	Abattement de la matière organique et des MES	Abattement de la matière organique et des MES

5.2.3 Autres facteurs qualitatifs à considérer pour la REUT et ne pouvant être facilement résolus par un traitement complémentaire

5.2.3.1 La salinité

ORIGINE DU SEL DANS LES EUT

Les teneurs en sels des eaux usées traitées sont souvent supérieures à celles des ressources conventionnelles. Les sels dans les eaux usées ont pour origine :

- leur **présence initiale dans l'eau potable**. En effet, la salinité des eaux potables varie de 1 g/L à 2 g/L en fonction de la région en Tunisie dans laquelle on se trouve. La salinité de l'eau potable est la plus élevée dans les gouvernorats du Sud et de Sfax. La SONEDE doit procéder à des dilutions des eaux saumâtres par des eaux conventionnelles de moindre salinité ;
- **leur présence dans l'urine et les fèces** (sodium 3,4 g/–individu/jour, potassium 3,9 g/–individu/jour, chlorure 3,5 g/–individu/jour) (Schmidt et al. 2005), et **l'ajout d'agents adoucissants dans les machines à laver et les lave-vaisselle.** Ces apports en sel ne sont cependant pas suffisant en général pour atteindre des salinités qui dépassent le seuil de conformité ;
- **l'intrusion d'eaux salines des nappes** qui subissent le biseau salé dans les réseaux d'assainissement présentant des **défauts d'étanchéité.** Ce phénomène touche la plupart des STEP proches de la bordure côtière ;
- des procédés de traitement de type lagunage des anciennes STEP avec une évaporation importante (cas des STEP de Moknine, Mahdia et Côtière Nord) ;
- **certains effluents bruts spécifiques**, comme des effluents de certaines activités industrielles (margines) ou par exemple les eaux des piscines des hôtels pour la STEP de Sahline dans le gouvernorat de Monastir.

PROBLEMES LIES A LA PRESENCE DE SELS DANS LES EUT

Une concentration importante de sels dans les EUT peut être un frein pour leur réutilisation. En effet, les sels impactent :

- le fonctionnement biologique de la STEP en provoquant une défloculation partielle, c'est-à-dire une sortie de boue au niveau du clarificateur et donc une augmentation des MES ;
- la durée de vie utile du matériel d'irrigation ;
- la fertilité physico-chimique des sols (Belaid, 2010), (Hachicha, 2015) et les cultures irriguées, notamment en réduisant la capacité des cultures à extraire l'eau des sols et en diminuant le niveau de tolérance des cultures à l'accumulation ionique ;
- l'environnement proche, y compris les eaux souterraines dans les zones d'épandage des EUT.

ANALYSE DE LA SALINITE DES EUT EN SORTIE DES STEP DU PAYS

La salinité des eaux en sortie de STEP peut être exprimée selon le Total de matières Solides Dissoutes (TDS) en g/L. Ces salinités ont été étudiées à l'échelle du pays, dans le cadre de la présente phase 2 de l'étude, grâce aux rapports annuels d'exploitation de l'ONAS de l'année 2017. Les STEP ont été triées selon différentes classes de salinité (FAO, 1988) :

- Classe 1 (0 à 1 g/L) : Le rendement des cultures irriguées ne va pas être impacté par le TDS des EUT ;
- Classe 2 (1 à 2 g/L) : Une baisse de rendement est observée pour les cultures irriguées les plus sensibles à la salinité (ex : orangers, amandiers, produits maraîchers) ;

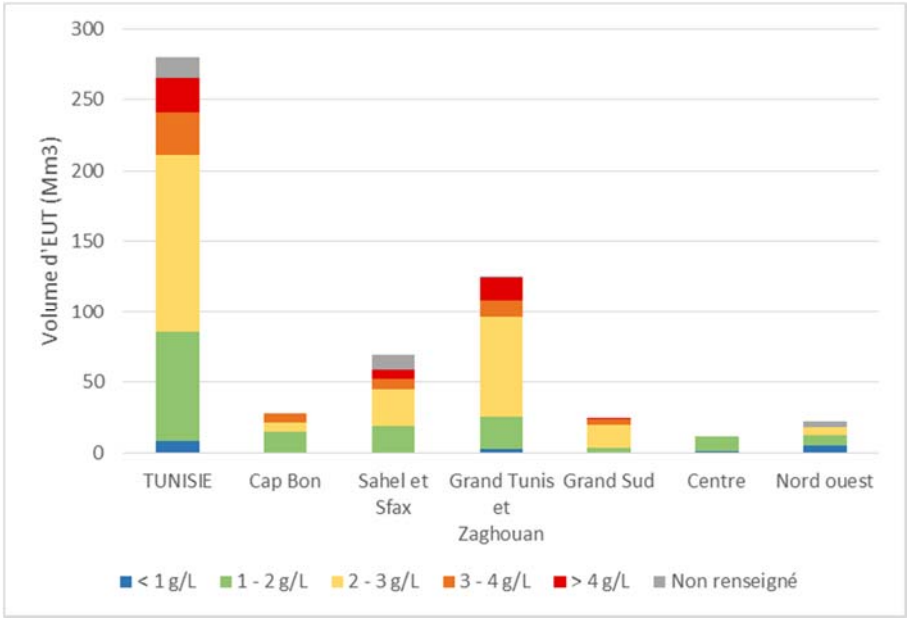
- Classe 3 (2 à 3 g/L) : Une baisse de rendement est observée pour les cultures irriguées moyennement tolérantes à la salinité (ex : fourrages, céréales, oliviers) ;
- Classe 4 (3 à 4 g/L) : Une baisse de rendement est observée pour les cultures irriguées tolérantes à la salinité (ex : oliviers, palmiers dattiers) ;
- Classe 5 (> 4g/L) : L'impact sur les rendements agricoles est trop important pour l'ensemble des cultures ;
- Non renseigné : Le TDS en sortie de STEP n'a pas été mesuré.

Il faut cependant garder à l'esprit que les tolérances des cultures varient selon le climat, le type de sol et les techniques culturales appliquées.

Les résultats au niveau national puis par régions sont fournis dans le tableau et le graphique suivants.

Tableau 23 : Volumes d'EUT produits en fonction de la salinité des EUT en sortie de STEP (ONAS, 2017)

	Classes de salinité en sortie de STEP												Volume total d'EUT produit en 2017 (m3)
	< 1 g/L		1 - 2 g/L		2 - 3 g/L		3 - 4 g/L		> 4 g/L		Non renseigné		
	Volume EUT (m3)	% du volume d'EUT	Volume EUT (m3)	% du volume d'EUT	Volume EUT (m3)	% du volume d'EUT	Volume EUT (m3)	% du volume d'EUT	Volume EUT (m3)	% du volume d'EUT	Volume EUT (m3)	% du volume d'EUT	
TUNISIE	**7 821 000**	**3%**	**78 011 000**	**28%**	**125 221 000**	**45%**	**29 946 000**	**11%**	**24 578 000**	**9%**	**14 779 000**	**5%**	**280 356 000**
Cap Bon	0	0%	14 681 000	53%	6 293 000	23%	6 598 000	24%	0	0%	0	0%	27 572 000
Sahel et Sfax	0	0%	18 686 000	27%	26 475 000	38%	6 670 000	10%	7 070 000	10%	10 078 000	15%	68 979 000
Grand Tunis et Zaghouan	2 381 000	2%	23 078 000	18%	70 385 000	56%	12 202 000	10%	16 593 000	13%	617 000	0%	125 256 000
Grand Sud	0	0%	3 538 000	14%	15 912 000	64%	4 476 000	18%	915 000	4%	0	0%	24 841 000
Centre	548 000	5%	10 898 000	95%	0	0%	0	0%	0	0%	0	0%	11 446 000
Nord ouest	4 892 000	22%	7 130 000	32%	6 156 000	28%	0	0%	0	0%	4 084 000	18%	22 262 000


300
250
200
150
100
50
0
Volume d'EUT (Mm3)
TUNISIE
Cap Bon
Sahel et Sfax
Grand Tunis et Zaghouan
Grand Sud
Centre
Nord ouest
< 1 g/L
1 - 2 g/L
2 - 3 g/L
3 - 4 g/L
> 4 g/L
Non renseigné

A l'échelle du pays, 31 % des EUT ont une salinité compatible avec une irrigation peu restrictive (TDS < 2g/L), 45 % peuvent être utilisées pour irriguer avec des pratiques agricoles appropriées (TDS <3 g/L) et 20 % présente une salinité peu compatible avec des eaux d'irrigation (TDS > 3 g/L).

Le problème de salinité des EUT est surtout présent sur les STEP du littoral avec l'intrusion des eaux de nappes salines dans les réseaux d'assainissement. Les régions Sahel-Sfax et du Grand Tunis sont particulièrement touchées par ce phénomène avec des STEP pouvant produire des EUT avec des salinités supérieures à 4 g/L (respectivement 10 % et 13 % du volume d'EUT produit à l'échelle de ces régions). Pour les régions du Centre et du Nord-Ouest, aucune STEP ne produit des EUT avec des salinités supérieures à 3 g/L.

L'ajout de traitements complémentaires au niveau de ces STEP ne résoudra pas le problème, sauf installation de technologies membranaires avancées (osmose inverse) pour dessaler les EUT. Les solutions pouvant être mises en place aux différents maillons de la filière REUT pour contrôler et limiter les impacts agronomiques et environnementaux des sels sont les suivantes :

- **la maitrise de la salinité des eaux produites pour l'eau potable** (choix des ressources en eau, dilution entre ressources, stations de dessalement des eaux saumâtres, etc.) ;
- **la limitation de l'intrusion d'eaux salines dans les réseaux** en réhabilitant les réseaux en amont des STEP présentant des problèmes d'étanchéité ;
- **la dilution des EUT avec des eaux conventionnelles présentant une salinité moindre** en amont de leur réutilisation ;
- **le suivi du niveau de salinité des sols** pour évaluer l'éventuel engorgement des sols en sel et l'association de la REUT à des **pratiques de drainages appropriées du sol.**

5.2.3.2 Les margines

Les margines sont des effluents liquides résultant de l'extraction de l'huile d'olive. Elles ont une forte charge saline et sont très acides, riches en matières organiques et en polyphénols peu biodégradables. Lorsqu'elles sont rejetées dans le réseau d'assainissement, elles peuvent perturber le fonctionnement des STEP et dégrader la qualité des EUT produites.

Pour éviter ces dysfonctionnements et les rejets illicites, des solutions de traitement et de gestion des margines doivent être mises en place. La solution la plus utilisée actuellement en Tunisie pour traiter ces effluents est le stockage et l'évaporation dans des bassins de surface des margines. 116 bassins de ce type existent dans tout le pays. Mais des problèmes de gestion subsistent (non-respect de la réglementation, manque de contrôles, manque de sensibilisation du secteur oléicole, manque d'organisation, etc.).

Un plan national de gestion des margines a été élaboré en 2010 par le Ministère de l'environnement. Ce schéma estime que la production totale de margines est proche de 1 million de tonnes lors d'une bonne année de production. Elles sont réparties à 22 % dans le Nord du pays, 38 % dans le Centre et 40 % dans le Sud, sachant que le gouvernorat de Sfax est intégré dans la région Sud et qu'il a un poids important dans la production de margines à l'échelle de cette région (DGEQV, 2010).

- Les solutions retenues dans le schéma pour améliorer la gestion des margines sont : l'organisation d'un stockage intégral, au niveau de la production d'huile d'olive puis du transport ;
- l'évaporation naturelle accompagnée d'une évaporation séquentielle forcée pour accélérer le processus ;
- l'ajout d'une filtration membranaire complémentaire quand c'est nécessaire ;
- l'épandage des margines en agriculture quand les conditions techniques sont réunies.

La mise en place des mesures préconisées dans le schéma national permettra la mise en œuvre de la REUT dans de meilleures conditions, notamment pour les régions à forte vocation oléicole.

5.2.3.3 Autres effluents industriels

Les effluents industriels ont des caractéristiques qui peuvent impacter le bon fonctionnement des STEP et la qualité finale des EUT. En fonction des activités industrielles, ces flux peuvent être difficilement traitables par les STEP avec un traitement de type boues activées si des prétraitements adéquats ne sont pas mis en place au niveau des unités industrielles.

Comme calculé dans le chapitre 3 sur la quantification des flux d'EUT, il est estimé que le flux industriel arrivant aux STEP en 2020 est d'environ 26 Mm^3, soit 8 % du flux total d'EUT. Il est projeté que ce flux augmentera jusqu'à environ 32 Mm^3 d'ici 2050, soit 5 % du flux total d'EUT qui sera produit à cet horizon.

Les types d'effluents industriels qui entravent le fonctionnement des STEP et qui sont fréquemment cités par l'ONAS sont :

- Les effluents des **industries textiles** (teintureries, imprimeries, filatures) qui produisent de différents types d'effluents en fonction des industries qu'il convient d'analyser finement avant de pouvoir les traiter efficacement. Les eaux sont susceptibles de contenir des substances comme des acides, des huiles, des sels, des colorants, des détergents, des métaux toxiques, des fibres etc. Les effluents des **tanneries** notamment présentent un risque de pollution chimique si elles sont chargées en matières non dissoutes, en chlorures, voir du chrome en fonction des procédés industriels ;
- Les **margines** (voir paragraphe ci-dessus ;
- Les effluents des **abattoirs** : le traitement de ces effluents est très difficile à cause de son caractère non biodégradable et de l'apport en microbiologie très fort (notamment en œufs de nématodes intestinaux, paramètre présent au niveau de la norme NT 106.03) ;
- Les effluents touristiques, comme ceux des **restaurants** par exemple qui peuvent être chargés en graisses et huiles si elles sont rejetées dans le réseau ;
- Les **eaux des hammams** : la présence de filasses peut provoquer des dysfonctionnements sur tous les organes électromécaniques des STEP.

Les STEP où l'ONAS rencontre des difficultés à traiter les effluents industriels reçus sont identifiées pour chaque région dans les chapitres sur les conséquences environnementales des rejets d'eaux usées (chapitres 10, 11, 12, 13, 14 et 15.3).

Pour remédier à ces problèmes, les actions peuvent être :

- la **caractérisation qualitative des différents effluents**, marquée par la diversité des activités industrielles, doit être mieux connue. Il semblerait donc opportun de mener des enquêtes plus détaillées auprès des industriels pour évaluer les charges hydrauliques et polluantes industrielles raccordées et évaluer l'impact éventuel sur le traitement biologique et les usages pour les STEP où la REUT est envisagée (voir chapitre 7.3 sur les propositions pour une nouveau cadre réglementaire) ;
- en amont des rejets, il est nécessaire d'agir auprès des industriels ou des hôteliers. Les actions peuvent se faire de manière graduelle avec des **campagnes de sensibilisation**, des **outils financiers incitatifs** puis des **contrôles** et des **sanctions dissuasives** en cas de rejets non conformes dans le réseau d'assainissement et de non mise en œuvre de prétraitements quand cela est nécessaire ;
- **l'amélioration du système d'autorisation pour accepter uniquement les effluents conformes** ne provoquant pas de dysfonctionnements au niveau du traitement et en évitant le raccordement de certaines activités (par exemple : abattoirs, équarrissage). La REUT pourrait être interdite tant que ces types d'effluents sont raccordés à le STEP ;

- **la mise en place d'une filière de traitement industrielle en parallèle de celle des eaux domestiques** quand les débits journaliers sont importants. Cela permettra de mieux valoriser les eaux domestiques sans qu'elles ne soient polluées par des eaux industrielles toxiques. L'ONAS a déjà un programme de construction de ces nouvelles STEP industrielles sous le même modèle que la STEP Grappée de Ben Arous (voir tableau ci-dessous). Cela concerne les zones où les effluents industriels représentent plus de 20 % des effluents en entrée de STEP. Cependant, ces filières de traitement est souvent très coûteuses : elles nécessitent des procédés très performants pouvant traiter des effluents avec des caractéristiques parfois très différentes et où les polluants se retrouvent beaucoup plus concentrés. Les efforts doivent donc vraiment porter en premier lieu sur la sensibilisation des industriels et la mise en place de prétraitements adaptés aux effluents produits par unités industrielles.

Tableau 24 : Liste des STEP industrielle programmées par l'ONAS (ONAS, 2020)

Région	STEP industrielle	Année de mise en service	Capacité hydraulique (m^3/j)
Grand Tunis et Zaghouan	Grappée de Ben Arous	2001	5 500
Cap Bon	Bouargoub industrielle	2030	1 171
	Grombalia industrielle	2030	1 030
	Soliman industrielle	2030	4 418
Sahel et Sfax	Enfidha industrielle	2025	Non connue
	Sfax industrielle	2025	2 577
	Moknine industrielle	2025	5 000
	Agareb industrielle	2030	3 625
Nord-Ouest	Utique industrielle	2025	921

5.2.3.4 Les eaux d'orages

Les eaux d'orage ne sont pas des Eaux Usées Traitées. Ces eaux peuvent toutefois se retrouver **mélangées à des Eaux Usées** si les réseaux d'assainissement sont de type unitaire (ce qui est fréquemment le cas en Tunisie) ou dans le cas d'intrusions d'eaux parasites météoriques, liées à des non-conformités de branchements ou à un manque d'étanchéité des réseaux d'assainissement. Une STEP a généralement une capacité de dimensionnement correspondant à une intensité et à une période de retour d'une pluie de type mensuelle. S'il survient un épisode orageux avec une pluie d'intensité plus importante que celle du dimensionnement, l'excédent d'effluents est rejeté dans le milieu récepteur avec une qualité proche des effluents bruts, voire d'effluents en partie prétraités. Dans le cas des STEP sur le littoral, ce rejet se fait via un déversoir d'orage au regard du caractère exceptionnel de l'évènement.

Les eaux d'orage ont donc un rôle dommageable pour la REUT en engendrant des surcharges hydrauliques au niveau des STEP. Elles influencent ainsi la performance de traitement et donc la qualité de l'eau traitée lorsque leur présence est trop importante dans les eaux usées.

L'impact de ces eaux d'orages sur le milieu récepteur et la REUT ne pourra pas être complètement éliminé, mais il peut être limité via les solutions suivantes :

- La réhabilitation des réseaux d'assainissement et des branchements en amont des STEP qui manque d'étanchéité afin de réduire leur sensibilité aux évènements pluvieux ;
- La déconnexion des eaux pluviales des réseaux d'assainissement à travers la mise en œuvre de diagnostic réseaux (tests à la fumée, colorant, etc.) pour assurer un bon fonctionnement des STEP même en temps de pluie (solution coûteuse mais envisageable sur des nouveaux réseaux d'assainissement ou des STEP très sensibles aux eaux d'orages) ;
- L'augmentation de la capacité des STEP sur tout ou partie de la filière de traitement (mais cela peut engendrer des surconsommations énergétiques en temps sec) ;

- La réalisation de bassins d'orage sur le réseau en amont de la STEP et sur la STEP.

5.2.3.5 Les incidents techniques et opérations de maintenance au niveau des STEP

Les pannes ou incidents rencontrés sur une STEP (panne d'électricité, panne d'équipement, colmatage des conduites, casses de conduites, inondation, etc.) ou les arrêts d'exploitation pour cause de maintenance (réparation du génie civil de postes de relevage, remplacement des turbines ou des diffuseurs d'aération, etc.) peuvent engendrer l'arrêt de la REUT et le rejet de tout ou partie des effluents bruts ou prétraités dans le milieu récepteur. Comme pour les eaux d'orage, pour les STEP littorales le rejet se fait en bord de plage, parfois via le même déversoir d'orage. Le rejet peut aussi s'effectuer via un émissaire, s'il existe, en fonction de la durée de l'incident ou de l'opération de maintenance.

Il sera difficile d'éliminer totalement l'impact de ce type d'incidents sur la REUT et le milieu récepteur, mais il est néanmoins possible de les limiter et d'agir plus rapidement à travers les solutions suivantes :

- La prévision d'instrumentation pour le suivi et la détection rapide de l'incident (détection incendie, qualité des effluents, etc.) ;
- L'instauration d'un système d'alarme efficace pour prévenir au plus vite les usagers de l'arrêt temporaire de la REUT ;
- La mise en place d'une gestion au maximum autonome de la STEP en cas d'incidents ou de maintenance : installation d'un atelier sur la STEP, prévision de pièces de rechange dans le magasin de la STEP, installation de secours sur les équipements (pompes, groupes électrogènes de secours, etc.), maintenance et renouvellement préventifs des équipements, etc. ;
- L'installation de plusieurs lignes de traitement en parallèle ;
- La mise en place d'un bassin tampon sur la STEP qui peut être en commun avec le bassin d'orage.

5.2.4 Conclusion

Le **choix des technologies de traitement** est un point important à considérer dans les projets de REUT. Il **assure la qualité d'eau** nécessaire à l'usage, **diminue les risques sanitaires**, **encourage l'acceptabilité des usagers** pour le projet, peut **garantir un apport de nutriments**, apport en particulier bénéfique pour les usages agricoles et l'arrosage d'espaces verts.

Ces traitements vont toutefois générer des coûts d'investissement, d'exploitation et nécessiter de compétence du personnel d'exploitation compétent, etc. Actuellement, en traitement complémentaire, on peut constater **l'intérêt croissant pour l'UV** alors que l'ozonation ne représente que 13% en 2016 du marché total de la désinfection en 2016 (Lazarova V. , 2019).

Au cours de la dernière décennie, on note aussi que **les technologies membranaires sont devenues le pivot du traitement dans les projets de réutilisation de l'eau**. Les nouvelles interrogations concernant les micropolluants oriente vers les technologies membranaires (source : Christelle Guigui, Professeur en Génie des procédés à l'INSA Toulouse). Cependant, cette technique engendre des **dépenses énergétiques fortes**, difficilement supportables pour les territoires où les ressources énergétiques sont sous tension.

Les technologies de traitements complémentaires ne pourront cependant pas résoudre toutes les problématiques liées à la qualité des EUT. Certains effluents spécifiques (eaux industrielles chargées en métaux lourds ou en éléments microbiologiques, intrusions salines, margines, eaux d'orage, etc.) nécessitent des mesures à mettre en œuvre en amont de la STEP (amélioration de la performance des réseaux, séparation des effluents, sensibilisation des usagers, contrôles et sanctions dissuasives, mise en place et gestion des prétraitements, installation de bassins tampons, etc.).

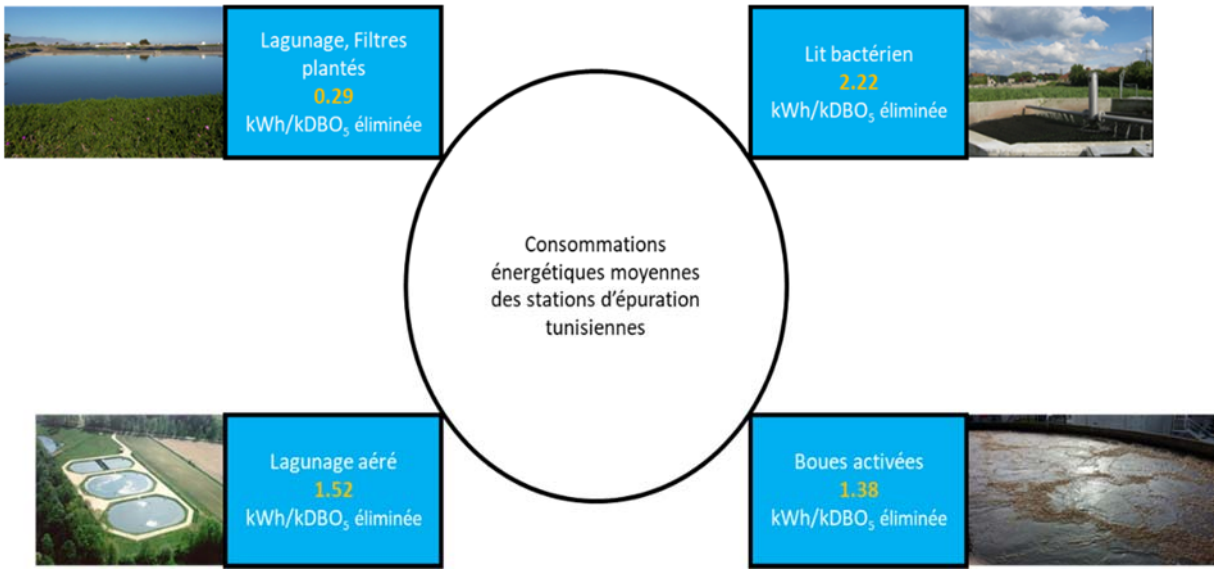
Le sous chapitre suivant détaille les questions liées à l'énergie en lien avec celles des traitements complémentaires à développer pour la REUT.

5.3 LES CONTRAINTES ENERGETIQUES ASSOCIEES

5.3.1 Le lien entre REUT et énergie

Actuellement, en Tunisie, la **consommation énergétique dépensée pour l'épuration de l'eau** (traitement jusqu'à un stade secondaire), **se situe entre 0,29 et 2,22 KWh/kg de DBO_5 éliminée** et est présentée dans la figure ci-dessous :

Figure 29: Consommation énergétique en fonction du type de procédé de traitement en Tunisie



Source : ONAS, Rapports annuel 2017

Selon la technologie de traitement, les consommations énergétiques sont très différentes : le lagunage ou les filtres plantés sont des technologies moins consommatrice que d'autres technologies plus performantes pour le traitement.

S'ajoutent au type de technologies utilisées des facteurs internes et externes qui influencent la consommation énergétique :

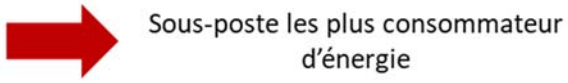
- Taux de charge organique DBO_5 (effet décroissant) ;
- Volume d'eau à traiter ;
- Température de l'air : les vitesses de dégradation de la matière organique sont influencées par la température ambiante ;
- Concentration en DBO5 pour le procédé de traitement par boues activées ;
- Puissances d'aération et d'agitation liées à la taille des bassins : plus un bassin est important, plus la consommation énergétique est élevée ;
- Pour les stations avec un procédé Boues Activées :
  - La présence d'une digestion anaérobie, qui est susceptible de réduire sensiblement la consommation spécifique globale des stations en valorisant leur biogaz,
  - La nécessité de stabiliser les boues en l'absence de digestion anaérobie qui implique un âge de boues élevé. Or, la consommation spécifique augmente avec l'âge de boue.

SITUATION ACTUELLE EN TUNISIE

Pour l'année 2017, **la consommation énergétique en Tunisie pour le fonctionnement des stations d'épuration est estimée à 0.25 kWh/m³** (cf. page 93 de l'édition finale du rapport de Phase 1 – Diagnostic). La Tunisie se situe en fourchette basse en termes de consommation énergétique, mais ce ratio n'est cependant pas négligeable et impacte le coût d'exploitation des stations d'épuration.

Figure 30 : Consommations relatives par sous-postes au sein du poste Eau à l'échelle annuelle (8 cas étudiés) (prétraitement et traitement secondaire)

Sous-poste	Gamme observée Min - max
relevage	5% - 18%
prétraitements	0.6% - 8%
bassin tampon	5% - 7%
agitation hors BA	1% - 12%
agitation BA	2% - 66%
aération biologique	22% - 80%
aération membranes	23% - 57%
recirculation interne	2% - 3%
recirculation externe	2% - 12%
pompages divers	0.9% - 8%
décantation	0.3% - 4%



Source : Rapport « Consommation énergétique du traitement intensif des eaux usées en France : Etat des lieux et facteurs de variation, IRSTEA, 2017

A cette consommation énergétique dans le procédé de traitement des eaux usées, s'ajoutent les consommations liées au traitement tertiaire qui dépendent du type de traitement et des objectifs de traitement fixés.

Les données ci-dessous sont issues de stations d'épuration québécoises :

Figure 31 : Consommations relatives par sous-poste au sein du traitement tertiaire

	Etape traitement tertiaire	Consommation énergétique (kWh/m³)	% de la consommation électrique globale
	Dosage des produits chimiques	0.02	< 4%
	Pompage	0.018 – 0.038	4.3-6.3 %
	Filtration tertiaire	0.009 – 0.036	2.1 -5.3%
Désinfection	Chloration	0.0003 – 0.0007	0.03 -0.4%
Désinfection	UV	0.0177 – 0.0216	
Désinfection	Ozonation	0.029	

Source: Burton Environmental Engineering et al., 1993, Water and Wastewater Industries: Characteristics and DSM Opportunities

A partir des données collectées, des éléments transmis par les fournisseurs d'équipements de traitement et des données bibliographiques (Lazarova, Choo, & Cornel, 2012) la consommation énergétique par type de traitement complémentaire a été estimée et sera traduite en coût/m³ dans la suite du rapport (cf. chapitre 5.4.3) pour évaluer d'un point de vue économique le poids du traitement complémentaire dans les projets de REUT.

Le tableau ci-dessous indique **la part du traitement tertiaire dans la consommation énergétique du traitement de l'eau.** Le code traitement indiqué dans la colonne de gauche renvoie à des scénarios de traitement explicités plus bas dans le sous-chapitre 5.4.2. Le tableau distingue trois tailles d'unité de traitement.

Tableau 25 : Part de la consommation en énergie du traitement III dans la consommation énergétique totale de la file Eau d'une STEP

Code traitement	Synthèse		Energie traitement I - II (kWh/m3) (*)	Energie traitement III (kWh/m3)			Consommation énergétique traitement III / Consommation énergétique STEP de la file Eau		
	II	III		< 10 000 eq.hab	de 10 000 à 80 000 eq.hab	> 80 000 eq.hab	< 10 000 eq.hab	de 10 000 à 80 000 eq.hab	> 80 000 eq.hab
B-C3	Boues activées	Filtre sable	0,25	0,05	0,04	0,03	17%	14%	11%
B-B3	Boues activées	Filtration sur Sable + Chloration	0,25	0,06	0,05	0,04	18%	15%	12%
B-B2	Boues activées	Filtration sur Sable + Acide performique/ peracétique	0,25	0,06	0,05	0,04	18%	15%	12%
B-B1	Boues activées	Tambour Filtrant 10µm +UV	0,25	0,12	0,10	0,08	32%	29%	24%
B-A3	Boues activées	Filtration sur Sable + UV	0,25	0,13	0,11	0,09	34%	31%	26%
B-C2	Boues activées	Microfiltration	0,25	0,25	0,23	0,21	50%	48%	46%
B-A2	Boues activées	Microfiltration + UV	0,25	0,33	0,30	0,27	57%	55%	52%
B-C1	Boues activées	Ultrafiltration	0,25	0,40	0,38	0,36	62%	60%	59%
B-A1	Boues activées	Ultrafiltration + UV	0,25	0,48	0,45	0,42	66%	64%	63%
L-E1	Lagunage		0,06				0%	0%	0%
L-C4	Lagunage	Lagune de finition + Filtre à sable	0,06	0,05	0,04	0,03	45%	40%	33%
L-C3	Lagunage	Filtration sur Sable + Chloration	0,06	0,06	0,05	0,04	48%	43%	37%
L-C2	Lagunage	Filtration sur Sable + Acide performique/ peracétique	0,06	0,06	0,05	0,04	48%	43%	37%
L-B2	Lagunage	Tambour Filtrant 10µm +UV	0,06	0,12	0,10	0,08	67%	63%	57%
L-A2	Lagunage	Filtration sur Sable + UV	0,06	0,13	0,11	0,09	68%	65%	60%
L-C1	Lagunage	Microfiltration	0,06	0,25	0,23	0,21	81%	79%	78%
L-A1	Lagunage	Microfiltration + UV	0,06	0,33	0,30	0,27	85%	83%	82%
L-B1	Lagunage	Ultrafiltration	0,06	0,40	0,38	0,36	87%	86%	86%
OI-A1	Réacteur à Membrane**	Osmose inverse + UV	1,00	3,00	2,55	2,10	75%	72%	68%

* coût moyen - données ONAS

** valeur estimée pour ce procédé de traitement

Pour le traitement tertiaire, nous pouvons constater que les dépenses en énergie sont très différentes selon le niveau de filtration (la filtration membranaire est plus consommatrice que la filtration sur sable) et le type de désinfection des eaux usées (une désinfection par UV ou par ozonation est plus énergivore qu'une chloration).

En fonction du procédé de traitement utilisé, la part de du traitement III est donc plus ou moins importante. Dans le cas d'un traitement initial par boues activés, c**ette part va de 11% pour une filtration simple par filtre à sable à 66% pour ultrafiltration et désinfection par UV.**

Ainsi, **la technologie à haute technicité doit être utilisée pour des usages qui nécessitent un niveau élevé de qualité d'eau et pouvant générer une valeur ajoutée pour pouvoir assurer l'équilibre coût/bénéfice**.

VUE D'ENSEMBLE D'UN PROJET DE REUT EN TERME DE DEPENSE ENERGETIQUE

Dans les projets de REUT, la consommation énergétique liée au traitement III sera **également à replacer par rapport à l'ensemble de la dépense réalisée pour le petit cycle de l'eau**.

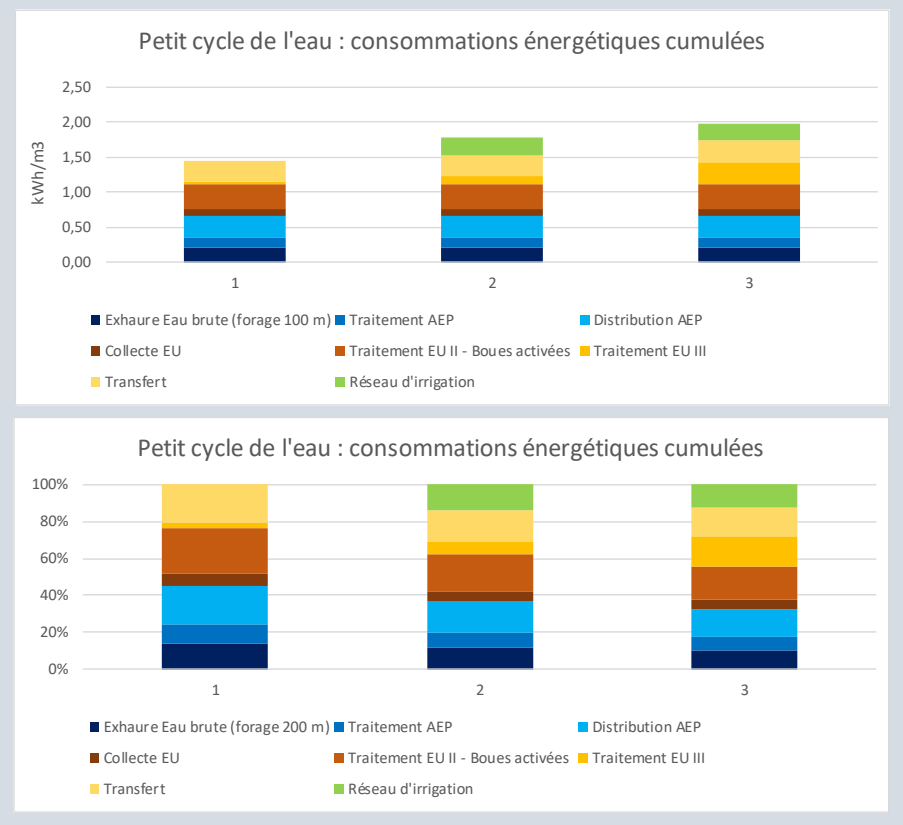
Imaginons par exemple un projet de REUT impliquant le cycle suivant :

- Prélèvement d'eau brute dans un aquifère à 50 m de profondeur,
- Traitement de cette eau pour produire de l'eau potable,
- Collecte et traitement, à un niveau secondaire, des eaux usées issues de la première utilisation de cette eau potable dans un contexte urbain (NB : alors que, comme indiqué précédemment, la consommation énergétique actuelle est de 0.25 kWh/m^3, nous avons choisi dans cette analyse une valeur de 0.35 kWh/m^3 en considérant que les installations de l'ONAS pourraient être amenées à travailler à de plus forts rendements dans les années à venir),
- Traitement complémentaire à un niveau tertiaire en vue d'un projet de REUT,
- Transfert de ces eaux à 10 km avec un dénivelé de 50 m,
- Trois cas d'usage, avec éventuelle mise en pression des eaux dans un réseau d'irrigation (dans le cas où le projet est d'irriguer).

Le tableau et les graphes suivants établis par l'équipe projet sur la base d'ordre de grandeur montrent le cumul des dépenses énergétiques successives. La part des dépenses énergétiques liées au seul projet REUT s'élève à entre moins de 20 % et près de 40%. (sans transfert, elle va de 3 à 27% selon les cas considérés ici). **La part du seul traitement III s'élève de 2 à 14%.**

Figure 32 : Dépenses énergétiques liées à la REUT à l'échelle du petit cycle de l'eau

	Cas 1 : Recharge de nappe sans prélèvements associés		Cas 2 : Arboriculture		Cas 3 : Maraichage	
Traitement III	B-C3 (filtre à sable)		B-B1 (tambour filtrant + UV)		B-A2 (microfiltration + UV)	
Transfert	10 km - 50 m de dénivelé		10 km - 50 m de dénivelé		10 km - 50 m de dénivelé	
Etapes du petit cycle de l'eau	*kWh/m3*	*%*	*kWh/m3*	*%*	*kWh/m3*	*%*
Eau potable	0,65	45%	0,65	37%	0,65	33%
Exhaure Eau brute (forage 50 m)	0,20	14%	0,20	11%	0,20	10%
Traitement AEP	0,15	10%	0,15	8%	0,15	8%
Distribution AEP	0,30	21%	0,30	17%	0,30	15%
Assainissement	0,45	31%	0,45	25%	0,45	23%
Collecte EU	0,10	7%	0,10	6%	0,10	5%
Traitement EU II - Boues activées	0,35	24%	0,35	20%	0,35	18%
REUT	0,34	24%	0,67	38%	0,88	44%
Traitement EU III	**0,04**	**3%**	**0,12**	**7%**	**0,33**	**17%**
Transfert	0,30	21%	0,30	17%	0,30	15%
Réseau d'irrigation		0%	0,25	14%	0,25	13%
TOTAL	1,44	100%	1,77	100%	1,98	100%



Dans les sous-chapitres à suivre, on analyse successivement :

- des moyens de solliciter des procédés de traitement moins énergivores, concernant notamment les traitements complémentaires nécessaires à la REUT ;
- Des solutions de production d'énergie intégrée au traitement de l'eau (Il s'agit de pistes de solution envisageables à court terme. Des éléments de plus long terme sont envisagés dans le chapitre 6.1.) ;
- La possibilité de produire de l'énergie solaire pour satisfaire les besoins en énergie de la REUT et plus largement ceux associés au petit cycle de l'eau.

5.3.2 Pistes opérationnelles de réduction de la consommation énergétique

Un premier volet pour diminuer la consommation énergétique dans le traitement des eaux usées est **d'intégrer l'aspect énergétique dès la conception du projet**, avant la construction des infrastructures, ou lors de leur réhabilitation.

En effet, en Tunisie, la dynamique des projets de réhabilitation pour renouveler le parc vieillissant des stations d'épuration est une réelle opportunité pour le développement de projets de REUT et également pour apporter des améliorations sur le plan énergétique, au niveau du système d'assainissement.

Les principales pistes de réduction de la consommation énergétique sont présentées ci-après.

INTEGRATION DU CRITERE « CONSOMMATION ENERGETIQUE » DANS LES PROJETS D'AMENAGEMENT ET SUIVI D'INDICATEURS PERTINENTS

Que ce soit au niveau de la conception des réseaux de collecte et de transport des eaux usées, ou au niveau du choix des procédés ou du dimensionnement des systèmes de traitement, **il est important d'intégrer le critère « consommation énergétique » dans la stratégie de réutilisation des eaux usées traitées en Tunisie**.

Le **critère de « performance énergétique »** d'une station peut être intégré aux critères de jugement des performances d'une station d'épuration, au niveau national, de la même façon que les objectifs de performance de traitement. Des niveaux de consommation à ne pas dépasser pourront être fixés. Cela obligera également à un meilleur suivi au niveau de chaque station des consommations globales et par poste.

Un **système de suivi de la consommation** devra être réfléchi dès la conception des stations avec des compteurs électriques globaux et divisionnaires et une supervision appropriée pour le calcul d'indicateurs pertinents. Des alertes pourraient également être mises en place en cas de dépassements de seuils ou objectifs à atteindre. Cette démarche permettrait l'enregistrement et l'archivage des données qui contribueraient à une meilleure connaissance et un meilleur suivi du sujet au niveau national.

LUTTE CONTRE LE SURDIMENSIONNEMENT

Le surdimensionnement des ouvrages et équipements de traitement des eaux usées est une cause majeure de surconsommation électrique[2], car il implique un fonctionnement habituel en sous-charge, qui dégrade les performances énergétiques des installations et équipements. Il concerne à la fois les ouvrages (capacité nominale de traitement) et les équipements (puissance nominale).

Il peut notamment être expliqué par les critères de dimensionnement appliqués : traitement dimensionné sur la semaine de pointe, marges de sécurité retenues, hypothèses sur les projections démographiques ou le taux de collecte trop optimiste, variations de charge (d'origine touristique, industrielle, eaux claires parasites) mal évaluées ou trop importantes, etc.

[2] Par exemple, en France, les faibles taux de charge sont le premier facteur explicatif des consommations spécifiques élevées des stations d'épuration (IRSTEA, 2017).

A noter que les variations de charge (notamment le ratio entre la charge moyenne annuelle et la charge maximale hebdomadaire) sont plus élevées sur les réseaux unitaires, ce qui tend à accroître les problèmes de surdimensionnement sur ce type de réseaux.

Ces constats incitent à privilégier les **dimensionnements modulables**, en échelonnant les capacités de traitement nominales des ouvrages et équipements dans le temps. La construction de stations par module (ou tranche) de capacité permet notamment de s'adapter à la charge réelle reçue, et aux évolutions non anticipées de la charge (projections démographiques actualisées, rejets touristiques, industriels, taux d'eaux claires parasites,…).

Il reste bien sûr nécessaire de s'assurer du foncier disponible pour les capacités envisagées à terme, mais les ouvrages et équipements pourront être mis en œuvre au fur et à mesure de l'évolution des besoins.

De même, le surdimensionnement des équipements peut être évité, ou diminué, en **fractionnant la puissance totale nécessaire** (en pointe) **sur plusieurs équipements en parallèle**, adapté au fonctionnement moyen ou en sous-charge.

Enfin, un fonctionnement en sous-charge ne pourra être totalement évité (puisqu'il faut assurer la fiabilité du traitement sur les périodes de pointe). Il faudra donc mettre en œuvre des modes de fonctionnement adaptés à la sous-charge, pour éviter une surconsommation électrique trop importante dans ces cas. Ces modes de fonctionnement sont basés sur les mêmes principes que pour éviter le surdimensionnement :

- **Modularité des filières** : plusieurs files permettront de s'adapter à la charge réelle reçue, notamment en cas de variation saisonnière ;
- **Flexibilité des équipements** : fractionner la puissance totale des équipements sur plusieurs équipement en parallèle, intégrer des variateurs de vitesses sur les équipements les plus puissants, etc. ;
- **Gestion de la concentration en boue** : pour les cultures libres, elle peut également contribuer à la gestion optimale de la sous-charge.

L'exploitant devra jouer un rôle important dans la mise en œuvre pratique des solutions mises à disposition pour faire face à la sous-charge, en anticipant notamment les montées et baisses de charge en cas de variation saisonnière par exemple, tout en conservant un niveau optimal de qualité des effluents rejetés.

CHOIX DE PROCEDES PEU ENERGIVORES

Le choix du procédé de traitement a un impact majeur sur la consommation énergétique future de la station de traitement. Le choix du procédé doit répondre à de multiples critères (charges à traiter, niveau de traitement, performance attendue, contraintes locales, critères financiers, etc.). L'ajout du critère «consommation énergétique » dans cette analyse (voir paragraphe ci-avant) est nécessaire.

En particulier, **les technologies plus énergivores, telles que les SBR, BRM, MBBR** (voir tableau suivant) **ne devraient être envisagées que si les technologies traditionnelles** (telles que boues activées, bio filtres, lagunage) **ne peuvent pas répondre aux critères imposés** (haute qualité des effluents traités, réutilisation de l'eau traitée, contraintes foncières ou paysagères fortes, etc.). Les consommations énergétiques très élevées de ces procédés s'expliquent aussi par leur utilisation récente et le manque de recul pour l'optimisation du fonctionnement de ces installations.

Tableau 26 : Approche de la consommation énergétique selon les procédés de traitement en France (Roche, 2019)

Type de procédé de traitement	Consommation en kWh/ kg de DBO_5 éliminée
Boues activées	3,2
Biofiltres	4,5
SBR (Sequential Batch Reactor)	4,6
MBBR (Moving Bed Biofilm Reactor)	6,5
BRM (Bioréacteurs à Membranes)	6,8

Actuellement, les stations de traitement des eaux usées en Tunisie sont majoritairement des procédés à Boues Activées (de l'ordre de 80%).

Dans tous les cas où cela est possible et permet de répondre aux exigences de niveau de rejet, des **procédés extensifs, moins énergivores, tels que le lagunage ou les filtres plantés** doivent être étudiés. En Tunisie, cette démarche peut s'envisager lors de la création de STEP de petite capacité.

De plus, une fois le procédé choisi, le choix des équipements peut lui aussi être optimisé : les **performances énergétiques des équipements** (rendement du moteur, rendement global, possibilité d'équiper d'un variateur de vitesse, etc.) devraient faire partie des critères de sélection lors de la conception. Il s'agira de maximiser les performances en conditions nominales, mais aussi de minimiser la dépense énergétique en fonctionnement en sous-charge.

CHOIX DU PROCEDE DE TRAITEMENT DES BOUES

Les récentes études européennes portant sur les diagnostics énergétiques des stations d'épuration convergent vers l'identification des principaux facteurs impactant les dépenses : **le taux de charge des installations et la présence d'un traitement thermique des boues sont notamment déterminants** (Stricker & Canler, 2017).

En effet, les traitements thermiques des boues sont particulièrement énergivores (mais impliquent une diminution drastique des volumes de boues à évacuer qui contrebalance en partie les impacts de dépenses énergétiques). La consommation énergétique de certains autres postes de traitement des boues, tels que l'épaississement ou la déshydratation, peut également représenter une part importante de la consommation énergétique globale des stations d'épuration.

Une attention particulière devra être portée à la **conception du traitement des boues** lors de la conception des stations d'épuration, en accord avec la valorisation qui souhaite en être faite.

LUTTE CONTRE LES EAUX CLAIRES PARASITES

La **dilution des eaux usées est un facteur important de surconsommation énergétique** au niveau des stations de traitement. En effet, elle entraine :

- Une **augmentation des volumes d'eau à traiter**, entrainant un **surdimensionnement des ouvrages de pompage et d'aération** (brassage), deux des principaux postes de consommation d'énergie au niveau des stations (mais aussi au niveau des postes de refoulement sur le réseau de transport) ;
- Une **moins bonne efficacité du traitement**, notamment sur les stations à boues activées qui supportent mal la dilution des effluents ;
- **Des variations importantes de la charge et du volume reçus au niveau des stations**. En effet, les eaux claires parasites présentent des variations saisonnières (infiltrations de nappe) et aléatoires (précipitations) importantes en comparaison des variations des autres effluents (domestiques, industriels, etc.). Ces variations entrainent des situations de fonctionnement en sous ou surcharge, qui entrainent des surconsommations énergétiques.

Ce point doit être appréhendé en amont des stations d'épuration, au niveau des réseaux de collecte :

- En favorisant la mise en place de **réseaux séparatifs**, lors des créations ou extensions de réseaux et en encourageant le remplacement des réseaux unitaires par des réseaux séparatifs ;
- En **luttant contre les eaux claires parasites**, via des actions de recherche des intrusions, de déconnexion des mauvais branchements (pluviaux), d'entretien et de réhabilitation des réseaux.

REUTILISATION DES EAUX INDUSTRIELLES

Il a été observé, notamment lors de la Phase 1 de la présente étude, que la majorité des effluents collectés en Tunisie sont de type domestique, type bien adapté aux procédés de traitement des stations d'épuration mis en place. Cependant, **une part non négligeable des effluents est d'origine industrielle et affecte les performances des stations d'épuration**, comme présenté dans le rapport de Phase 1.

En effet, certaines installations industrielles ou d'activités tertiaires ne respectent pas les normes de rejet au réseau d'assainissement et entrainent des dysfonctionnements des stations de traitement. C'est le cas notamment des abattoirs, des centres d'équarrissage, et des hammams. **Ce fonctionnement dégradé des stations entraine une surconsommation énergétique, et une baisse de la qualité des rejets des effluents.**

Des démarches pour encourager **le traitement ou le recyclage des eaux de process directement au niveau des industries ou installations concernées permettraient de minimiser cet impact.**

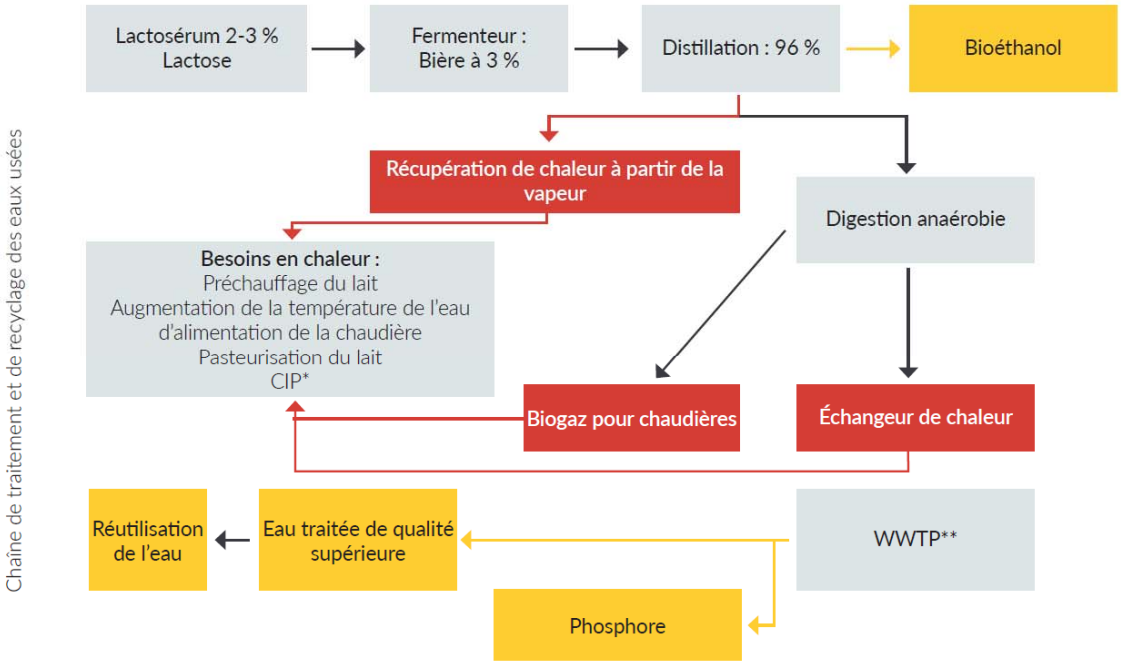
La mise en place d'une **filière de traitement industrielle** en parallèle de celle des eaux domestiques quand les débits journaliers sont importants est à étudier au cas par cas. Cela permettra de mieux adapter les traitements aux effluents reçus et de pouvoir valoriser plus facilement les eaux domestiques sans qu'elles ne soient polluées par des eaux industrielles toxiques (exemple de la STEP Grappée de Ben Arous), en diminuant le coût énergétique du traitement.

Nous présentons par exemple, ci-dessous un exemple d'industrie mettant à profit 6 formes de valorisation des eaux usées de son process :

Exemple d'industrie ayant mis en place une revalorisation multiple de ses eaux usées

L'exemple de Carbery Milk Products, producteur de lait installé à Cork, en Irlande, illustre les différentes valorisations qui peuvent être faites des eaux usées et de leurs composants (WWAP, 2017).

Figure 33 : Utilisation créative des eaux usées chez Carbery Milk Products, Cork, Irlande



* CIP : nettoyer en place
**WWTP : usine de traitement des eaux usées

L'industrie laitière produit de grandes quantités d'eaux usées issues des procédés de fabrication : pour chaque litre de lait, elle utilise 1,5 à 3 litres d'eau. En général, les eaux issues des procédés de fabrication ont une charge organique environ 10 fois supérieure à celle des eaux usées municipales. Le lactosérum est un sous-produit de la fabrication du fromage qui est couramment utilisé pour nourrir du bétail ou pour la fabrication d'autres produits. Toutefois, il y a un important excédent dont le traitement comme eaux usées est particulièrement gourmand en énergie. Le principal ingrédient du lactosérum est le lactose, qui peut être fermenté et transformé en éthanol dans un processus créatif de recyclage des eaux usées. Carbery Milk Products à Cork, en Irlande, a été le premier producteur de lait au monde à l'initier.

Le lactosérum est transmis par microfiltration et osmose inverse et le lactose arrive dans un fermenteur où il est transformé en bière avant de passer dans un système de distillation pour donner un produit constitué à 96 % d'éthanol destiné au marché du carburant bioéthanol. Tout le bioéthanol d'Irlande provient de cette usine et ce pays est le seul en Europe à ne pas utiliser d'éthanol à base de canne à sucre du Brésil.

La vapeur issue de la distillation est récupérée et utilisée pour préchauffer l'eau de la chaudière, l'eau de chauffage pour un nettoyage sur place (CIP) et pour la pasteurisation, ainsi que pour des économies d'énergie. Le flux de déchets issus de la fermentation est envoyé vers un digesteur anaérobie et produit du biogaz, utilisé pour produire un chauffage supplémentaire.

Les eaux usées chaudes provenant du digesteur anaérobie passent par un échangeur de chaleur pour préchauffer le lait cru refroidi. Ainsi, les eaux usées sont refroidies à une température convenable pour être déversées dans la rivière locale sans affecter l'environnement.

Dans le même temps, les eaux usées ont une concentration de phosphore élevée dont 99 % doivent être éliminés avant le rejet. Le phosphore est réutilisé sur les terres agricoles.

La société souhaite étendre l'usine et les effluents traités de haute qualité qui en résultent sont potentiellement appropriés à des fins de recyclage sur le site, en particulier comme eau d'alimentation, étant donné que le volume d'eau que l'usine peut prélever de la rivière locale est limité. En outre, le recyclage permettrait de réduire les rejets dans la rivière, particulièrement pendant les saisons de faible débit, lorsque la capacité de dilution est plus faible. Le polissage des effluents (déjà de haute qualité) au moyen de l'oxydation avancée fait l'objet de recherches, étant donné qu'il coûte moins cher que l'achat d'eau potable. L'eau passerait dans l'usine d'osmose inverse, qui la déminéralise. Ce procédé a l'avantage supplémentaire de réduire l'encrassement de la membrane de même que la contamination croisée, étant donné qu'il n'y a aucun contact direct avec les produits alimentaires.

Cet exemple illustre les possibilités variées offertes par la valorisation des eaux de process industrielles, en intégrant la problématique de valorisation des eaux usées au cœur de la stratégie des industries, par des incitations normatives, financières, législatives, etc.

Un projet de valorisation des eaux de process de la laiterie Vitalait à Mahdia est aussi en cours en Tunisie. Arès traitement, ces eaux seront réutilisées pour l'irrigation de fourrages.

AERATION

L'aération est un sous-poste prépondérant de consommation énergétique au niveau des stations d'épuration de type Boues Activées. Le choix du type d'aération, son dimensionnement et son exploitation sont donc un enjeu majeur dans la gestion de la consommation énergétique des STEP.

Pour les STEP existantes, il est recommandé le remplacement des turbines d'aération présentes sur de nombreuses STEP par des **systèmes d'aération à fines bulles**, moins énergivores.

Des réalisations ont déjà été faites en ce sens comme pour les STEP de Charguia, Gabes et El Frina. Le suivi de ces projets permettra d'évaluer les économies réalisées en termes de consommation énergétique sur ces postes. Des indicateurs spécifiques, voire des appareils de mesure (compteurs électriques globaux et divisionnaires) seraient utiles au suivi de ces consommations.

De plus, la fourniture d'air doit pouvoir être adaptée à la demande, en modulant la puissance d'aération (plusieurs équipements en parallèle) ou en mettent en place des surpresseurs à vitesse variable. Ces optimisations dépendent de **l'automatisation et de la télégestion** présentes sur la station, et sont décrites dans le paragraphe ci-après.

Exemple : la mise en place de soufflantes moins énergivores, dans la STEP de Pest-South (296 000 EH), a permis de diviser de près de deux fois la consommation d'énergie passant de 8.800 kWh/j (kilowattheure par jour) à 4.800 kWh/j (source : Veolia Eau Europe).

AUTOMATISATION ET TELEGESTION

De façon générale, **l'automatisation d'une station d'épuration est préférable à la gestion en mode manuel,** pour optimiser à la fois la qualité de traitement et la consommation d'énergie, car elle permet une adaptation continue et en temps réel des procédés de traitement aux variations des effluents à traiter (variation de charges, de qualité, de température, etc.).

Comme vu ci-avant, concernant la consommation énergétique, l'étape d'aération dans les STEP à Boues Activées représente un poste majeur de consommation énergétique. La possibilité d'adapter la fourniture d'air à la demande est donc cruciale. Celle-ci peut se faire en modulant la vitesse d'aération (plusieurs équipements en parallèle) ou à l'aide de surpresseurs à vitesse variable, sur la base de la charge à traiter, de sondes redox ou de capteurs d'oxygène dissous, afin de régler au mieux l'aération sur le besoin en oxygène.

Cette possibilité de régulation est particulièrement cruciale en cas de sous-charge de l'ouvrage. Cet asservissement, permettant de ne pas trop aérer lorsque ce n'est pas nécessaire, entraine ainsi des économies énergétiques substantielles.

La mise en place d'une **télégestion efficace**, permettant le suivi et le contrôle de cette régulation et des paramètres clés (consommation énergétique, qualité de l'effluent rejeté, DBO_5 traitée etc.) est primordiale pour l'amélioration des performances des stations. Les performances du système de régulation dépendront aussi de l'équipement en capteurs (emplacement, robustesse, fiabilité, etc.) de la station.

De plus, la régulation peut également faire économiser de l'énergie sur d'autres postes, tels que le relèvement ou la recirculation, en optimisant le process et les volumes pompés à la charge reçue. L'installation de pompes à débit variable, mais aussi de capteurs dédiés et d'un suivi automatisé de leur fonctionnement sera un facteur d'économies d'énergie.

L'asservissement d'un maximum de fonctions doit donc être prévu dès la conception des stations, en attachant une importance particulière aux postes les plus consommateurs (aération et agitation, pompage, désodorisation, chauffage des bâtiments,…). La mise en place d'une régulation efficace va de pair avec le suivi télégéré de ces actions, via des indicateurs pertinents, et la possibilité d'adapter les processus de régulation aux évolutions observées.

Le rôle de l'exploitant sera ensuite de mettre à profit toutes les solutions d'automatisation mises à disposition, d'entretenir et de renouveler les capteurs et d'optimiser les réglages.

RENOUVELLEMENT DES EQUIPEMENTS ET MAINTENANCE

En exploitation, c**haque renouvellement d'équipement doit être l'occasion de réévaluer la puissance à installer** (à la hausse ou à la baisse) pour répondre aux besoins réels, et de choisir du matériel plus performant en profitant des évolutions techniques et réglementaires.

De plus, **la maintenance régulière des moteurs et des éléments mécaniques** contribue non seulement à réduire la fréquence des pannes et à prolonger la durée de vie des équipements, mais aussi à ralentir la dégradation de leurs performances énergétiques.

Ces deux pistes devront donc être intégrées à la stratégie globale de gestion de la consommation énergétique des stations.

5.3.3 Solutions de récupération d'énergie intégrée au traitement de l'eau

La récupération d'énergie offre un potentiel considérable en termes de réduction de la consommation d'énergie, coûts d'exploitation et d'empreinte carbone.

LE POTENTIEL DANS LE TRAITEMENT DES BOUES

La **production de biogaz** à partir de l'énergie chimique contenue dans les substances organiques des eaux usées, au moyen de la digestion anaérobie des biosolides, pour la production d'électricité et de chaleur constitue la principale application en matière de récupération d'énergie sur place. Il est possible de répondre à une bonne partie des besoins en énergie et en chaleur des stations de traitement des eaux usées à l'aide de l'énergie récupérée à partir des biosolides (boues traitées convenablement pour leur valorisation).

Du fait de l'existence de nombreuses installations, le rapport coût-efficacité de la récupération d'énergie (biogaz) à partir des boues d'épuration est bien documenté (cf. WWAP, 2014 ; ONU-Eau, 2015a). La digestion anaérobie des boues produit du biogaz dont une estimation du potentiel énergétique conduit à une fourchette de 55 à 60 kWh EH_{60}/an. Un système de cogénération pourra donc produire (sous l'hypothèse d'un rendement global de 80 %) de l'ordre de 17 kWh EH_{60}/an d'énergie électrique (avec un rendement de 30 %) et de 30 kWh EH_{60}/an d'énergie calorifique (avec un rendement de 50 %). L'essentiel servira au chauffage/brassage du digesteur, la chaleur excédentaire produite pouvant être utilisée pour accroitre la siccité des boues déshydratées en vue d'atteindre leur auto-combustibilité ou pour un séchage poussé (ou valorisée sur un réseau de chaleur urbain ou en chauffage de locaux).

Une autre pratique, visant à maximiser la production de biogaz et d'électricité consiste en la co-digestion de biodéchets (résidus de cuisine, déchets de produits laitiers boisson, déchets agricoles, etc.). Elle doit être étudiée au cas par cas, selon le contexte dans lequel sont implantées les STEP.

Les procédés de cogénération demandent des moyens humains importants en termes de temps, de gestion et de technicité pour atteindre les taux de rentabilité prévisionnels. Certaines expériences n'ont d'ailleurs pas été concluantes comme la STEP de Charguia (digesteur à l'arrêt). De nombreux projets de ce type sont en cours en Tunisie (Gafsa, Gabès, SE4). Ces projets sont à suivre attentivement pour qu'ils atteignent les performances énergétiques attendues.

Exemple du Japon (WWAP, 2017) :

Le Gouvernement du Japon encourage l'innovation en faveur des technologies de pointe en matière de réutilisation des biosolides au moyen de mesures législatives, d'aides financières, d'encouragement à l'innovation, de réductions fiscales et de la normalisation des sous-produits des biosolides. Les financements privés sont aussi encouragés par le biais d'une mesure spéciale d'amortissement visant à alléger la fiscalité qui pèse sur les entreprises privées qui investissent dans l'équipement nécessaire à la réutilisation d'énergie, utilisé dans les stations de traitement des eaux usées. Les sous-produits tels que le combustible dérivé de biosolides sont en cours de normalisation afin de mettre en place un marché pour ces produits.

La ville d'Osaka offre un bon exemple avec 6 500 tonnes de combustible dérivé de biosolides produits par an à partir de 43 000 tonnes de boues d'épuration humides, pour la production d'électricité et de ciment. En guise d'aide financière en faveur des opérateurs d'assainissement qui investissent dans la réutilisation d'énergie à partir des biosolides, une tarification préférentielle est appliquée à l'électricité produite à l'aide de biosolides sur la base d'un prix fixe au kWh.

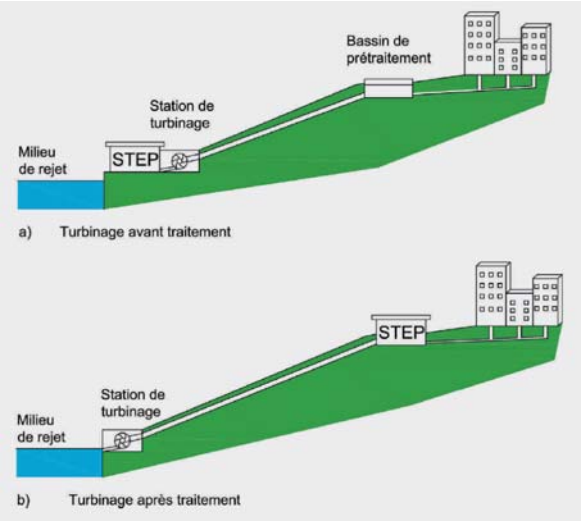
ENERGIE HYDRAULIQUE

Il est possible de produire de l'électricité en installant des turbines dans les flux d'eaux usées, mais ce procédé est limité en raison du fait que la plupart des stations de traitement des eaux usées sont implantées dans des endroits avec peu de dénivelé et que les réseaux d'eaux usées sont à surface libre.

Il existe toutefois plusieurs possibilités de production hydroélectrique sur les réseaux d'eaux usées :

- Turbiner les eaux usées avant qu'elles ne soient traitées à la station d'épuration ;
- Turbiner les eaux usées traitées avant leur rejet dans un milieu naturel.

Figure 34 : Possibilité d'installations de turbinage des eaux usées (Bousquet, 2015)



Comparé aux installations hydroélectriques classiques, le turbinage sur les eaux usées possède certaines particularités :

- Qualité des eaux : la présence de matières grossières dans les eaux brutes non traitées, qui risquent d'obstruer la conduite et la turbine, rend obligatoire la présence d'un tamiseur/dégrilleur et d'un bassin en amont de la conduite forcée. De plus, la concentration élevée en matières en suspension peut endommager la turbine et engendre donc une maintenance et un remplacement plus fréquents de la turbine. Ce problème ne se pose pas pour le turbinage des eaux traitées, en sortie de station de traitement (hors effluents by-passés) ;
- Mise en charge du réseau : les réseaux d'eaux usées étant à surface libre, une nouvelle conduite forcée devra être construite pour le transport des eaux entre la prise d'eau et la turbine.

Ces contraintes impliquent que seuls les sites possédant une topographie accidentée (montagneuse), avec notamment des différentiels d'altitude significatifs entre les stations et leurs milieux de rejet, disposeront d'un potentiel intéressant pour l'exploitation de l'énergie hydraulique des eaux usées traitées.

Une étude géographique et hydraulique pourrait être menée sur les stations tunisiennes, afin de déterminer le potentiel énergétique global et la rentabilité économique des sites potentiels.

Exemple : La station de traitement de As-Samra, en Jordanie est connue pour tirer parti de son dénivelé par rapport à la ville, mais aussi entre ses propres points d'entrée et de sortie, au moyen de deux turbines installées en amont et en aval de la station. Environ 80 à 95 % des besoins en énergie de la station sont satisfaits à l'aide de ces deux turbines (1,7 et 2,5 MW, respectivement) et du biogaz produit à partir des boues (9,5 MW) (Drechsel, Qadir, & Wichelms, 2015).

5.3.4 Est-il possible d'utiliser de l'énergie solaire pour le petit cycle de l'eau ? Et plus spécifiquement pour la REUT ?

ORDRES DE GRANDEUR CONCERNANT L'ENERGIE A PRODUIRE POUR LE PTIT CYCLE DE L'EAU EN TUNISIE ET LA SUPERFICIE D'INSTALLATION PHOTOVOLTAÏQUE NECESSAIRE A CETTE PRODUCTION

La puissance associée à une installation photovoltaïque du type grande surface installée au sol est de l'ordre de **800 kWcrête/ha** (source : *études BRLi en cours sur des projets photovoltaïques*). NB : On parle ici de surface globale incluant les panneaux et les à-côtés. Cette puissance peut varier d'une installation à l'autre et est susceptible d'augmenter significativement dans les années à venir en lien avec les progrès technologiques attendus.

Nous avons simulé la production moyenne annuelle en énergie associée à cette puissance dans l'hypothèse où l'installation se situait en Tunisie (Sousse dans notre exemple). Il ressort de cette approche une production annuelle de l'ordre de **1 300 000 kWh/ha/an** *(*source *: outil de calcul* (Commission Européenne, 2019) *de simuler la production associée à installations photovoltaïques en fonction de leur localisation)*.

Dans le tableau ci-après, on présente les résultats suivants en ordre de grandeur :

- le volume d'eau pouvant être traité à partir de la production électrique d'un hectare d'installation photovoltaïque ;
- la surface en installation photovoltaïque nécessaire pour produire l'énergie associée au petit cycle de l'eau dans diverses hypothèses de consommation énergétique par m^3, pour un projet impliquant 1 million de m^3 d'eau ;
- la surface de terrain nécessaire pour produire l'énergie en vue de traiter toutes les eaux de la Tunisie (300 Mm^3 en 2020 ; possiblement 650 Mm^3 en 2050).

Le tableau considère plusieurs hypothèses de consommations énergétiques s'étendant de 0.1 à 2.5 kWh/m^3. On pourra se déplacer sur cette échelle selon la part du petit cycle de l'eau que l'on considère.

Voilà plusieurs exemples de lecture du tableau :

- comme vu précédemment, l'énergie associée au traitement actuel des EUT en Tunisie est de l'ordre de 0.25 kWh/m^3. **Le tableau montre que pour générer l'énergie associée pour le traitement de toutes les EUT actuelles de la Tunisie au niveau secondaire** (en gros, l'énergie consommée actuellement par l'ONAS) **il faudrait une surface d'installation de l'ordre de 60 ha** (le tableau indique 58 ha).

  Pour information, le plus gros projet photovoltaïque en cours en Tunisie est celui de Tozeur (tranche 1 et 2) pour une superficie totale de 40 ha.

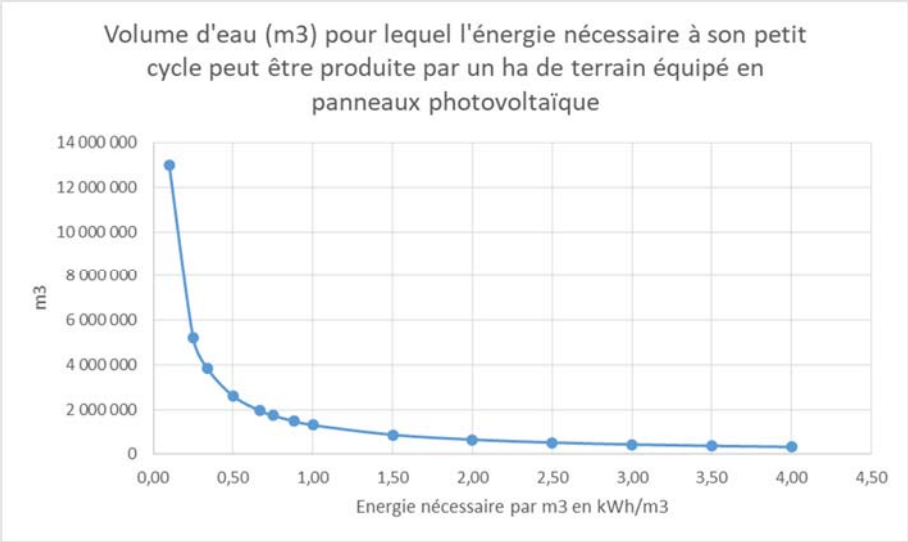
- si on s'intéresse au seul traitement de niveau tertiaire pour de la REUT on a vu que la consommation d'énergie électrique nécessaire était comprise entre 0.05 kWh/m^3 (filtre à sable) et 0.5 kWh/m^3 (ultrafiltration + UV) selon les usages et les scénarios de traitement envisagés, voire de l'ordre de 3 kWh/m^3 quand il s'agit de produire une eau traitée susceptible d'être ensuite utilisée pour produire de l'AEP.

  Le tableau montre que **pour un projet de traitement de 10 Mm^3 d'EUT il faut, selon le traitement considéré, entre 0.4 ha (filtre à sable) et 3.8 ha (ultrafiltration + UV) d'installation photovoltaïque pour produire l'énergie nécessaire au traitement tertiaire**.

- trois des lignes du tableau correspondent à la part REUT des trois cas envisagés dans le sous-chapitre 5.3.1 (pour rappel la consommation en énergie des trois cas de REUT envisagées plus haut se situe entre 0.34 et 0.88 kWh/m^3 pour les seuls aspects liés à la REUT et entre 1.4 et 2 kWh/m^3 pour le total des aspects liés au petit cycle de l'eau).

Figure 35 : Quelle surface d'installation photovoltaïque pour un projet de REUT ?

Energie considérée pour le petit cycle de l'eau (kWh/m3)	Volume d'eau (m3) pour lequel l'énergie nécessaire à son petit cycle peut être produite par un ha de terrain équipé en panneaux photovoltaïque	Surface d'installation photovoltaïque (ha) necessaire pour produire l'énergie en vue d'un projet de REUT de 10 million de m3	Surface d'installation photovoltaïque (ha) necessaire pour produire l'énergie en vue de traiter toutes les eaux de la Tunisie (300 Mm3 en 2020 ; 650 Mm3 en 2050)	
			2020	2050
0,05	26 000 000	0,4	12	25
0,10	13 000 000	0,8	23	50
0,25	5 200 000	1,9	58	125
0,34	3 823 529	2,6	78	170
0,50	2 600 000	3,8	115	250
0,67	1 940 299	5,2	155	335
0,75	1 733 333	5,8	173	375
0,88	1 477 273	6,8	203	440
1,00	1 300 000	7,7	231	500
1,50	866 667	11,5	346	750
2,00	650 000	15,4	462	1 000
2,50	520 000	19,2	577	1 250
3,00	433 333	23,1	692	1 500
3,50	371 429	26,9	808	1 750
4,00	325 000	30,8	923	2 000



ET EN PRATIQUE ?

Des panneaux photovoltaïques peuvent être installés sur des bâtiments ou des terrains de STEP. Les sites des STEP présentent en effet plusieurs avantages pour l'implantation de ces systèmes :

- Sites dont le foncier est maîtrisé (sites publics), avec souvent peu de contraintes d'espaces (sauf STEP implantées en zones urbaines denses) ;
- Ces sites sont surveillés, du fait de l'existence d'ouvrages et de matériel ;
- Les contraintes d'insertion paysagère sont généralement limitées ;
- La présence de personnel sur place en permanence ou ponctuellement.

Toutefois il reste difficile d'envisager une utilisation directe, en local, de l'énergie ainsi produite, considérant les contraintes associées à la production solaire, en particulier sa discontinuité. La production n'est en effet pas continue (variabilité de l'ensoleillement et cycle jour/nuit) et ne suit pas nécessairement la demande en électricité de la station, nécessitant la mise en place de batteries et d'accumulateurs couteux et encombrants et pas forcément au point à ce jour selon les quantités d'énergie dont il est question ici.

A ce stade, il semble donc difficile d'imaginer des installations de production d'énergie solaire en branchement direct et unique sur des projets de REUT ou plus généralement d'assainissement. L'idée serait plus de « compenser » la production d'énergie par une production d'énergie renouvelable connectée au réseau national.

Les spécificités de chaque site devront être étudiées pour évaluer l'opportunité et le potentiel de production de ce type d'équipements, en complément d'autres solutions proposées dans ce rapport. La station d'épuration SE3, où des panneaux solaires ont été mis en place, pourra servir de projet pilote afin de quantifier les gains énergétiques et économiques générés par cette installation.

5.4 EN PRATIQUE, QUELS SCENARIOS DE TRAITEMENT A COURT MOYEN/TERME POUR LA REUT EN TUNISIE ?

5.4.1 Les ambitions de l'ONAS

Les orientations stratégiques de l'ONAS sont déclinées en 3 axes (ONAS, 2020) :

- **Axe n°1** : Généralisation des services d'assainissement et renforcement des capacités de traitement des eaux usées ;
- **Axe n°2 : Amélioration de la qualité des eaux usées traitées et la promotion de leur réutilisation dans les différents domaines de développement ;**
- **Axe n°3** : S'orienter davantage vers les nouvelles technologies d'assainissement.

L'axe n°2 est clairement orienté vers la promotion de la REUT qui passe par :

- la mise à niveau des stations d'épuration devenues vétustes et ayant atteint le seuil de saturation compte tenu de la croissance urbaine et économique du pays ;
- L'équipement de ces stations d'épuration par des unités de traitement complémentaire (rabattement des matières en suspension et traitement bactériologique) ;
- La séparation des eaux usées industrielles des eaux usées domestiques au-delà d'un taux de 20% ;
- L'amélioration de la gestion des eaux industrielles à travers la mise œuvre d'un programme d'assainissement de 9 zones industrielles existantes (sites à forte concentration en rejets industriels polluants) afin de préserver les infrastructures d'assainissement destinées aux eaux usées domestiques ainsi que pour préserver la qualité des eaux épurées destinées à la valorisation ;
- La poursuite de la mise en place d'un programme d'amélioration des filières de traitement des boues et de leur gestion durable ;
- L'utilisation des technologies modernes de l'information et de la communication pour un suivi et un contrôle continu de la qualité des eaux usées et épurées.

Cet axe est notamment développé dans les schémas directeurs d'assainissement qui prévoient dans leur programme des filières de traitement complémentaire pour développer la REUT. Cependant, les filières de traitement complémentaires, proposées par l'ONAS dans le cadre des Schémas Directeurs d'Assainissement sont basées :

- sur un seul type de procédé :
  - Filtration par tambour filtrant 10 µm,

  - Désinfection par UV,
- sur une capacité du traitement tertiaire basée sur le débit moyen de la station et non la capacité nominale de la STEP.

La réflexion sur la technologie est uniforme quel que soit l'usage et l'approche des besoins en traitement complémentaire n'est pas intégrée puisque les exigences de qualité et de quantité, liées à l'usage ne sont pas prises en compte.

Cette dernière remarque est cependant à nuancer, actuellement. En effet, l'ONAS avec l'aide de bailleurs internationaux (AFD, KFW) développe de nouveaux projets mettant la REUT au cœur de la réflexion concernant la réorganisation du système des rejets des eaux usées traitées en vue d'une meilleure gestion des points de rejet et de la valorisation des eaux usées épurées. Cette démarche est en totale cohérence avec le développement de la REUT en Tunisie sur des bases solides.

5.4.2 Quels scénarios de traitement complémentaire pour quels usages ?

A partir des éléments développés ci-avant, nous proposons une **liste d'usage potentiels pour les EUT en Tunisie**, et, en regard de cette liste, **les scénarios de traitement permettant d'atteindre le niveau de qualité requis pour chacun de ces usages.**

L'enjeu principal commun est la protection de l'usager et/ou du consommateur, notamment vis-à-vis du risque biologique. Les autres enjeux importants sont la distance entre le point de production des EUT et le point d'usage, ainsi que la prévention du colmatage des canalisations.

Cependant, certains enjeux sont parfois contradictoires, comme ceux liés à la présence de nutriments (souhaitable pour les usages agricoles, à éviter pour les usages environnementaux) ou à la présence de chlore résiduel (souhaitable pour les usages urbains, à éviter pour les usages environnementaux). L'ensemble de ces paramètres détermine la filière de traitement à mettre en œuvre (Cf. Tableau ci-dessous). Il est donc important de bien identifier les risques pour déterminer les traitements les plus adaptés.

Tableau 27 : Résumé des enjeux liés à chaque usage et exemples de filières de traitement tertiaire associées

Usages		Enjeux	Exemples de filiaires de traitement complémentaire
Agriculture	Pâturage/parcours	Protection des consommateurs et des travailleurs Récupération des nutriments Composition chimique des EUT (impact de la salinité et du chlore résiduel) Colmatage des systèmes d'irrigation (notamment goutte à goutte)	Filtration sur sable + désinfection
	Arboriculture (oliviers/agrumes/autres)		Lagunage poussé et désinfection Filtration sur sable + désinfection
	Pépinières et arbustes et autres cultures florales		Lagunage poussé et désinfection Filtration sur sable + désinfection
	Céréales		Filtration sur sable + désinfection Selon les cas, filtration membranaire +désinfection
	Fourrages		Filtration sur sable + désinfection Selon les cas, filtration membranaire +désinfection
	Cultures industrielles (tabac ...) gravitaire		Filtration membranaire +désinfection
	Plantes médicinales		Filtration membranaire +désinfection
	Maraîchage - aspersion		Filtration membranaire +désinfection
Tourisme	Blocs sanitaires	Maîtrise technique pour séparation des réseaux: double réseau sans connexion avec le réseau d'eau potable Colmatage des canalisations Protection des usagers	Lagunage poussé et désinfection Filtration sur sable + désinfection
	Golfs (aspersion)	Protection des clients et des travailleurs Récupération des nutriments Composition chimique des EUT (impact de la salinité et du chlore résiduel)	Filtration sur sable + désinfection
	Espaces verts hôteliers - goutte-à-goutte		Filtration sur sable + désinfection Selon les cas, filtration membranaire +désinfection
Urbain	Hydrocurage des réseaux d'assainissement	Protection des travailleurs	Lagunage poussé et désinfection Filtration sur sable + désinfection
	Lavage des rues/véhicules	Protection des travailleurs	Lagunage poussé et désinfection Filtration sur sable + désinfection
	Espaces verts d'ornement (aéroport, alignement d'arbres, ronds points...)	Protection des clients et des travailleurs Récupération des nutriments	Lagunage poussé et désinfection Filtration sur sable + désinfection
	Espaces verts recevant du public (parcs urbains, stades…)	Composition chimique des EUT (impact de la salinité et du chlore résiduel)	Filtration sur sable + désinfection Selon les cas, filtration membranaire +désinfection
	Nettoyage de carrières	Protection des travailleurs	Lagunage poussé et désinfection Filtration sur sable + désinfection
	Dilution des saumures provenant du dessalement	Qualité d'eau adapté au milieu récepteur (peu de nutriments, teneur suffisante en oxygène dissous)	Pas de traitement supplémentaire nécessaire
Industriel	Eaux de process hors IAA (Textiles…)	Distance avec le point d'usage Protection des travailleurs Qualité d'eau adaptée au process industriel	Filtration membranaire +désinfection Dans certain cas, eau ultra ure ajout d'une étape d'Osmose Inverse
	Eau de refroidissement		Filtration sur sable + désinfection Selon les cas, filtration membranaire +désinfection
Environnemental	Alimentation zone humide	Qualité d'eau adapté au milieu récepteur (peu de nutriments, teneur suffisante en oxygène dissous)	Filtration sur sable + désinfection et affinage par percolation dans le sol (SAT)
	Revégétalisation espace forestier fermé au public	Récupération des nutriments Colmatage des systèmes d'irrigation (notamment goutte à goutte)	Lagunage poussé et désinfection Filtration sur sable + désinfection
	Pépinières (lutte contre la désertification)		Lagunage poussé et désinfection Filtration sur sable + désinfection
AEP	Production d'eau destinée à l'AEP	Eau de qualité adaptée à la consommation humaine	Traitement avancé: double filtratiobn (UF - OI), procédés d'oxydation avancée, désinfection, mélange avec une autre ressource
Recharge de nappe	Recharge de nappe sans prélèvement	Qualité d'eau adapté au milieu récepteur (peu de nutriments, teneur suffisante en oxygène dissous) Protection des consommateurs et des travailleurs	Lagunage poussé et désinfection Filtration sur sable + désinfection
	Recharge de nappe pour barrière anti-sel		Lagunage poussé et désinfection Filtration sur sable + désinfection
	Recharge de nappe avec prélèvements agricoles mais sans prélèvements AEP		Lagunage poussé et désinfection Filtration sur sable + désinfection
	Recharge de nappe avec utilisation AEP	Eau de qualité permettant d'être traitée pour une consommation humaine	Traitement avancé: double filtration (UF - OI), procédés d'oxydation avancée, désinfection, mélange avec une autre ressource
Autre usages indirects	Rejet dans un barrage avec utilisation AEP	Eau de qualité permettant d'être traitée pour une consommation humaine	Traitement avancé: double filtration (UF - OI), procédés d'oxydation avancée, désinfection, mélange avec une autre ressource
	Rejet dans un barrage sans utilisation AEP	Qualité d'eau adapté au milieu récepteur (peu de nutriments, teneur suffisante en oxygène dissous)	Lagunage poussé et désinfection Filtration sur sable + désinfection
	Rejet dans un oued puis pompage pour l'agriculture		Lagunage poussé et désinfection Filtration sur sable + désinfection
	Mélange avec eaux conventionnelles hors AEP		Lagunage poussé et désinfection Filtration sur sable + désinfection

Sur cette base et sur la sélection des usages possibles en Tunisie, nous avons établi une matrice de **scénarios de traitement à mettre en œuvre en fonction des usages potentiels**, matrice présentée ci-après : cf *Tableau 28 : Matrice Usages potentiels x Scénarios de traitement III*.

Cette matrice croise, en ligne, 50 usages possibles des EUT (usages classés en 8 grandes catégories : Agriculture/Tourisme/Urbain/Industriel/Environnemental/Eau potable/Recharge de nappe/Usages indirects) avec, en colonne, les 19 scénarios de traitement tertiaire développés ci-avant.

La matrice précise les scénarios à utiliser, selon 4 recommandations traduites en 4 couleurs : rouge - scénario interdit, marron – scénario conduisant à un niveau de qualité trop élevé par rapport à l'usage considéré, jaune - scénario de traitement envisageable à condition de mettre en place des mesures barrières, vert – scénario à privilégier.

Le codage de chacun des scénarios de traitement est composé :

- d'une première lettre majuscule : L ou B, qui indique la technologie de traitement secondaire (L pour Lagunage et B pour Boues activées), (*1)
- suivie d'une seconde lettre majuscule qui indique le niveau de qualité, niveau pouvant aller de A (Très haute qualité) à E (eaux usées ayant suivi un simplement traitement extensif) (*),
- suivie enfin d'un chiffre qui permet de distinguer différents scénarios technologiques pour un même niveau de qualité atteint. Par exemple, après un traitement secondaire par boues activées, nous proposons trois scénarios permettant d'atteindre le niveau de qualité A : les scénarios B-A1, B-A2 et B-A3.

*(*1) : le scénario codé « OI » renvoie à un scénario particulier permettant le traitement des eaux usées pour un usage AEP. Il signifie « Osmose Inverse ».*

*(*2) La justification et le détail des 5 classes de qualité A, B, C, D et E sont explicités au chapitre 7 qui expose nos propositions en termes de réglementation.*

Tableau 28 : Matrice Usages potentiels x Scénarios de traitement III

INTERDIT
DECONSEILLE (niveau de traitement trop élevé par rapport à l'usage)
POSSIBLE AVEC BARRIERE
A PRIVILEGIER

		Traitement II	Boues activées										Lagunage									Réacteur à membrane
		Nom du scénario de traitement		Filtre sable	Microfiltration	Ultrafiltration	Filtration sur Sable + Chloration	Filtration sur Sable + Acide performique/ paracétique	Tambour Filtrant 10µm +UV	Filtration sur Sable + UV	Microfiltration + UV	Ultrafiltration + UV		Lagune de finition + Filtré à sable	Filtration sur Sable + Chloration	Filtration sur Sable + Acide performique/ paracétique	Microfiltration	Tambour Filtrant 10µm +UV	Ultrafiltration	Filtration sur Sable + UV	Microfiltration + UV	Osmose inverse + UV
		Code du Scénario de traitement III	B-E1	B-C3	B-C2	B-C1	B-B3	B-B2	B-B1	B-A3	B-A2	B-A1	L-E1	L-C4	L-C3	L-C2	L-C1	L-B2	L-B1	L-A2	L-A1	OI-A1
Usage	**Sous usage**																					
Agriculture	Pâturage/parcours																					
	Arboriculture (oliviers/agrumes/autres) - gravitaire																					
	Arboriculture (oliviers/agrumes/autres) - goutte-à-goutte																					
	Arboriculture (oliviers/agrumes/autres) - aspersion																					
	Pépinières et arbustes et autres cultures florales - gravitaire																					
	Pépinières et arbustes et autres cultures florales - goutte-à-goutte																					
	Pépinières et arbustes et autres cultures florales - aspersion																					
	Céréales - gravitaire																					
	Céréales - aspersion																					
	Fourrages - gravitaire																					
	Fourrages - aspersion																					
	Cultures industrielles (tabac ...) - gravitaire																					
	Cultures industrielles (tabac ...) - goutte-à-goutte																					
	Cultures industrielles (tabac ...) - aspersion																					
	plantes médicinales - gravitaire																					
	plantes médicinales - goutte-à-goutte																					
	plantes médicinales - aspersion																					
	Maraîchage - gravitaire																					
	Maraîchage - goutte-à-goutte																					
	Maraîchage - aspersion																					
Tourisme	Blocs sanitaires																					
	Golfs (aspersion)																					
	Espaces verts hôteliers - goutte-à-goutte																					
	Espaces verts hôteliers - aspersion																					
Urbain	Hydrocurage des réseaux d'assainissement																					
	Lavage des rues/véhicules																					
	Blocs sanitaires bâtiments publics																					
	Espaces verts d'ornement (aéroport, alignement d'arbres, ronds points...) - goutte-à-goutte																					
	Espaces verts d'ornement (aéroport, alignement d'arbres, ronds points...) - aspersion																					
	Espaces verts recevant du public (parcs urbains, stades...) - goutte-à-goutte																					
	Espaces verts recevant du public (parcs urbains, stades...) - aspersion																					
Industriel	Nettoyage de carrières																					
	Dilution des saumures provenant du dessalement																					
	Eaux de process hors IAA (Textiles...)																					
	Eaux de process hors IAA (Phosphates ...)																					
	Eau de refroidissement																					
Environnemental	Alimentation zone humide																					
	Revégétalisation espace forestier fermé au public - goutte-à-goutte																					
	Revégétalisation espace forestier ouvert au public - aspersion																					
	Pépinières (lutte contre la désertification) - goutte-à-goutte																					
	Pépinières (lutte contre la désertification) - aspersion																					
AEP	AEP																					
Recharge de nappe	Recharge de nappe sans prélèvement																					
	Recharge de nappe pour barrière anti-sel																					
	Recharge de nappe avec prélèvements agricoles mais sans prélèvements AEP																					
	Recharge de nappe avec utilisation AEP																					
Autre usages indirects	Rejet dans un barrage avec utilisation AEP																					
	Rejet dans un barrage sans utilisation AEP																					
	Rejet dans un oued puis pompage pour l'agriculture																					
	Mélange avec eaux conventionnelles hors AEP																					

5.4.3 Quels coûts d'investissement et d'exploitation pour atteindre les performances de traitement en Tunisie ?

Le choix du scénario de traitement complémentaire est donc à rapprocher de l'usage, cependant, il est évident qu'il faut que le modèle économique qui en découle soit viable. La question de qui paie ce traitement complémentaire se pose donc et peut influencer le choix du traitement. En effet, les coûts d'investissement liés au traitement à mettre en œuvre sont souvent à la charge du producteur des eaux usées (collectivité), et une redevance est payée par l'usager des EUT. Pour l'usage agricole, il s'agit souvent d'une décision politique de maintien de l'activité, et le coût du traitement n'est pas supporté par l'agriculteur, ou faiblement. La question du « qui paye quoi ? » se pose au final spécifiquement pour chaque projet, que ce soit pour l'investissement ou le fonctionnement des installations. Le cas de la réutilisation en eau potable est particulier, dans le sens où l'utilisateur final est aussi le producteur. Ces aspects sont abordés plus en détail dans le chapitre 8 consacré aux aspects économiques.

Dans le présent chapitre, nous avons développé les possibilités de traitement en fonction de l'usage et avons estimé le coût **additionnel** global (en DNT/m^3) associé aux différentes technologies de traitement tertiaire considérées. Ce coût intègre, sur 30 ans, les investissements à réaliser sur le traitement tertiaire ainsi que les coûts d'exploitation associés, coûts dans lesquels nous avons isolé les aspects énergie.

Les hypothèses retenues sont les suivantes :

- Investissement initial l'année 1.
- Renouvellement : Le tableau ci-dessous détaille, selon les scénarios de traitement, la constitution du prix d'investissement initial et le nombre de fois où le matériel est renouvelé sur la période de 30 ans (une fois, au bout de 20 ans, pour le génie civil, 5 à 7 fois pour l'équipement selon le type de filtration).

Tableau 29 : Base des hypothèses concernant le coût de renouvellement

Type de traitement	Procédé tertiaire	Constitution du prix d'investissement		Taux de renouvellement sur 30 ans	
		Génie Civil	Equipements	Génie Civil	Equipements
B-C3	Filtre sable	80%	20%	1,00	5,00
B-B3	Filtration sur Sable + Chloration	80%	20%	1,00	5,00
B-B2	Filtration sur Sable + Acide performique/ peracétique	80%	20%	1,00	5,00
B-B1	Tambour Filtrant 10µm +UV	20%	80%	1,00	6,00
B-A3	Filtration sur Sable + UV	20%	80%	1,00	6,00
B-C2	Microfiltration	20%	80%	1,00	7,00
B-A2	Microfiltration + UV	20%	80%	1,00	7,00
B-C1	Ultrafiltration	20%	80%	1,00	7,00
B-A1	Ultrafiltration + UV	20%	80%	1,00	7,00
L-E1		80%	20%	1,00	5,00
L-C4	Lagune de finition + Filtre à sable	80%	20%	1,00	5,00
L-C3	Filtration sur Sable + Chloration	80%	20%	1,00	5,00
L-C2	Filtration sur Sable + Acide performique/ peracétique	80%	20%	1,00	5,00
L-B2	Tambour Filtrant 10µm +UV	20%	80%	1,00	6,00
L-A2	Filtration sur Sable + UV	20%	80%	1,00	6,00
L-C1	Microfiltration	20%	80%	1,00	7,00
L-A1	Microfiltration + UV	20%	80%	1,00	7,00
L-B1	Ultrafiltration	20%	80%	1,00	7,00
OI-A1	Osmose inverse + UV	20%	80%	1,00	7,00

- Calcul d'un coût annuel d'exploitation intégrant frais de personnel, de consommables ... et d'énergie.
- Les coûts totaux sont additionnés sur 30 ans et divisés par le volume traité sur la durée de 30 ans considérée.

Les coûts sont issus de notre expérience en conception de STEP, de la bibliographie et d'éléments recueillis auprès de fabricants. Nous avons distingué, pour ces coûts, trois tranches de capacité des stations.

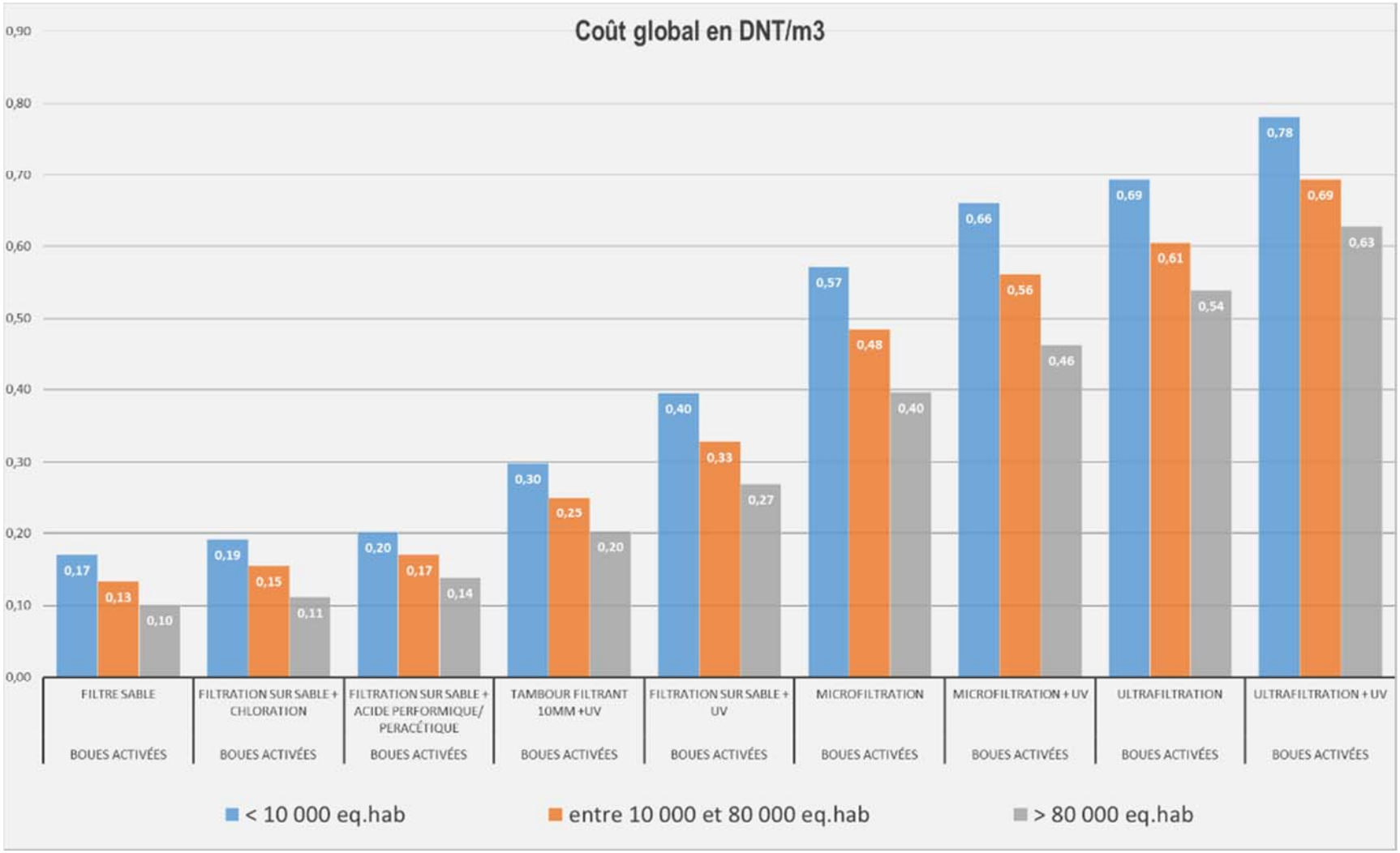
Pour chacun des scénarios, **nous indiquons également un avis sur l'applicabilité du scénario technologique au contexte tunisien**, en référence aux différents horizons prospectifs de l'étude.

Tableau 30 : Tableau des scénarios de traitement – nutriments, énergie, coûts et appréciation de l'applicabilité

Niveau de qualité	Scénario de traitement permettant d'atteindre ce niveau de qualité			Abattement de désinfection à atteindre par traitement tertiaire pour UV	Contient des éléments nutriments après traitement	Coût global (investissement et exploitaiton)																				Applicabilité au contexte tunisien
						< 10 000 eq.hab							entre 10 000 et 80 000 eq.hab							> 80 000 eq.hab							
	Code	II	III			coût global DNT/m3	dont coût inv et renouv. (DNT/m3)	dont coût exploitation				énergie en kWh/m3	coût global DNT/m3	dont coût inv et renouv. (DNT/m3)	dont coût exploitation				énergie en kWh/m3	coût global DNT/m3	dont coût inv et renouv. (DNT/m3)	dont coût exploitation				énergie en kWh/m3	
								Coût d'exploit° DNT/m3	Coût énergie DNT/m3	Autres coûts exploita° DNT/m3	part énergie %				Coût d'exploit° DNT/m3	Coût énergie DNT/m3	Autres coûts exploita° DNT/m3	part énergie %				Coût d'exploit° DNT/m3	Coût énergie DNT/m3	Autres coûts exploita° DNT/m3	part énergie %		
C	B-C3	Boues activées	Filtre sable		oui	**0,17**	0,11	0,06	0,01	0,05	20%	0,05	**0,13**	0,09	0,05	0,01	0,04	20%	0,04	**0,10**	0,07	0,04	0,01	0,03	20%	0,03	2020-2025
B	B-B3	Boues activées	Filtration sur Sable + Chloration		oui	**0,19**	0,12	0,07	0,01	0,05	19%	0,06	**0,15**	0,10	0,05	0,01	0,04	20%	0,05	**0,11**	0,07	0,04	0,01	0,03	21%	0,04	à proscrire
B	B-B2	Boues activées	Filtration sur Sable + Acide performique/ peracétique		oui	**0,20**	0,13	0,07	0,01	0,06	18%	0,06	**0,17**	0,11	0,06	0,01	0,05	18%	0,05	**0,14**	0,09	0,05	0,01	0,04	17%	0,04	à tester
B	B-B1	Boues activées	Tambour Filtrant 10µm +UV		oui	**0,30**	0,23	0,07	0,03	0,04	41%	0,12	**0,25**	0,19	0,06	0,02	0,03	41%	0,10	**0,20**	0,16	0,05	0,02	0,03	40%	0,08	2020
A -	B-A3	Boues activées	Filtration sur Sable + UV		oui	**0,40**	0,30	0,09	0,03	0,06	33%	0,13	**0,33**	0,25	0,08	0,03	0,05	34%	0,11	**0,27**	0,21	0,06	0,02	0,04	34%	0,09	2020-2025
C+	B-C2	Boues activées	Microfiltration		peu	**0,57**	0,44	0,14	0,06	0,08	44%	0,25	**0,48**	0,37	0,11	0,05	0,06	47%	0,23	**0,40**	0,30	0,09	0,05	0,04	53%	0,21	2040
A -	B-A2	Boues activées	Microfiltration + UV	3 log pour E.Coli 2 log pour virus	peu	**0,66**	0,50	0,16	0,08	0,08	50%	0,33	**0,56**	0,43	0,13	0,07	0,06	53%	0,30	**0,46**	0,35	0,11	0,06	0,05	58%	0,27	2040
C+	B-C1	Boues activées	Ultrafiltration	3 log pour E.Coli 2 log pour virus	non	**0,69**	0,53	0,16	0,09	0,07	57%	0,40	**0,61**	0,46	0,14	0,09	0,05	63%	0,38	**0,54**	0,41	0,13	0,08	0,04	66%	0,36	2040
A+	B-A1	Boues activées	Ultrafiltration + UV	2 log pour E.Coli	non	**0,78**	0,60	0,18	0,11	0,07	61%	0,48	**0,69**	0,53	0,16	0,11	0,06	65%	0,45	**0,63**	0,48	0,15	0,10	0,05	67%	0,42	2040
E	L-E1	Lagunage			oui	**0,00**	0,00	0,00	0,00	0,00	0%	0,00	**0,00**	0,00	0,00	0,00	0,00	0%	0,00	**0,00**	0,00	0,00	0,00	0,00	0%	0,00	2020
B	L-C4	Lagunage	Lagune de finition + Filtre à sable		oui	**0,19**	0,12	0,06	0,01	0,05	18%	0,05	**0,15**	0,10	0,05	0,01	0,04	17%	0,04	**0,12**	0,08	0,04	0,01	0,04	17%	0,03	2020-2025
B	L-C3	Lagunage	Filtration sur Sable + Chloration		oui	**0,19**	0,12	0,06	0,01	0,05	20%	0,06	**0,15**	0,10	0,05	0,01	0,04	20%	0,05	**0,11**	0,07	0,04	0,01	0,03	22%	0,04	à proscrire
B	L-C2	Lagunage	Filtration sur Sable + Acide performique/ peracétique		oui	**0,20**	0,13	0,07	0,01	0,06	19%	0,06	**0,16**	0,11	0,06	0,01	0,05	18%	0,05	**0,13**	0,09	0,05	0,01	0,04	18%	0,04	à tester
B	L-B2	Lagunage	Tambour Filtrant 10µm +UV		oui	**0,29**	0,22	0,07	0,03	0,04	42%	0,12	**0,24**	0,19	0,06	0,02	0,03	42%	0,10	**0,19**	0,15	0,04	0,02	0,03	42%	0,08	2020
A -	L-A2	Lagunage	Filtration sur Sable + UV		oui	**0,38**	0,29	0,09	0,03	0,06	35%	0,13	**0,31**	0,24	0,07	0,03	0,05	36%	0,11	**0,25**	0,19	0,06	0,02	0,04	37%	0,09	2020-2025
C+	L-C1	Lagunage	Microfiltration		peu	**0,57**	0,44	0,14	0,06	0,08	44%	0,25	**0,48**	0,37	0,11	0,05	0,06	47%	0,23	**0,40**	0,30	0,09	0,05	0,04	53%	0,21	2040
A	L-A1	Lagunage	Microfiltration + UV	1 log pour virus	peu	**0,64**	0,49	0,15	0,08	0,07	51%	0,33	**0,54**	0,41	0,13	0,07	0,06	55%	0,30	**0,44**	0,34	0,10	0,06	0,04	61%	0,27	2040
B	L-B1	Lagunage	Ultrafiltration	1 log pour virus	non	**0,69**	0,53	0,16	0,09	0,07	57%	0,40	**0,61**	0,46	0,14	0,09	0,05	63%	0,38	**0,54**	0,41	0,13	0,08	0,04	66%	0,36	2040
A ++	OI-A1	Réacteur à Membrane	Osmose inverse + UV		non	**2,10**	1,26	0,83	0,71	0,13	84%	3,00	**1,82**	1,09	0,72	0,60	0,12	83%	2,55	**1,54**	0,93	0,61	0,49	0,12	81%	2,10	2050

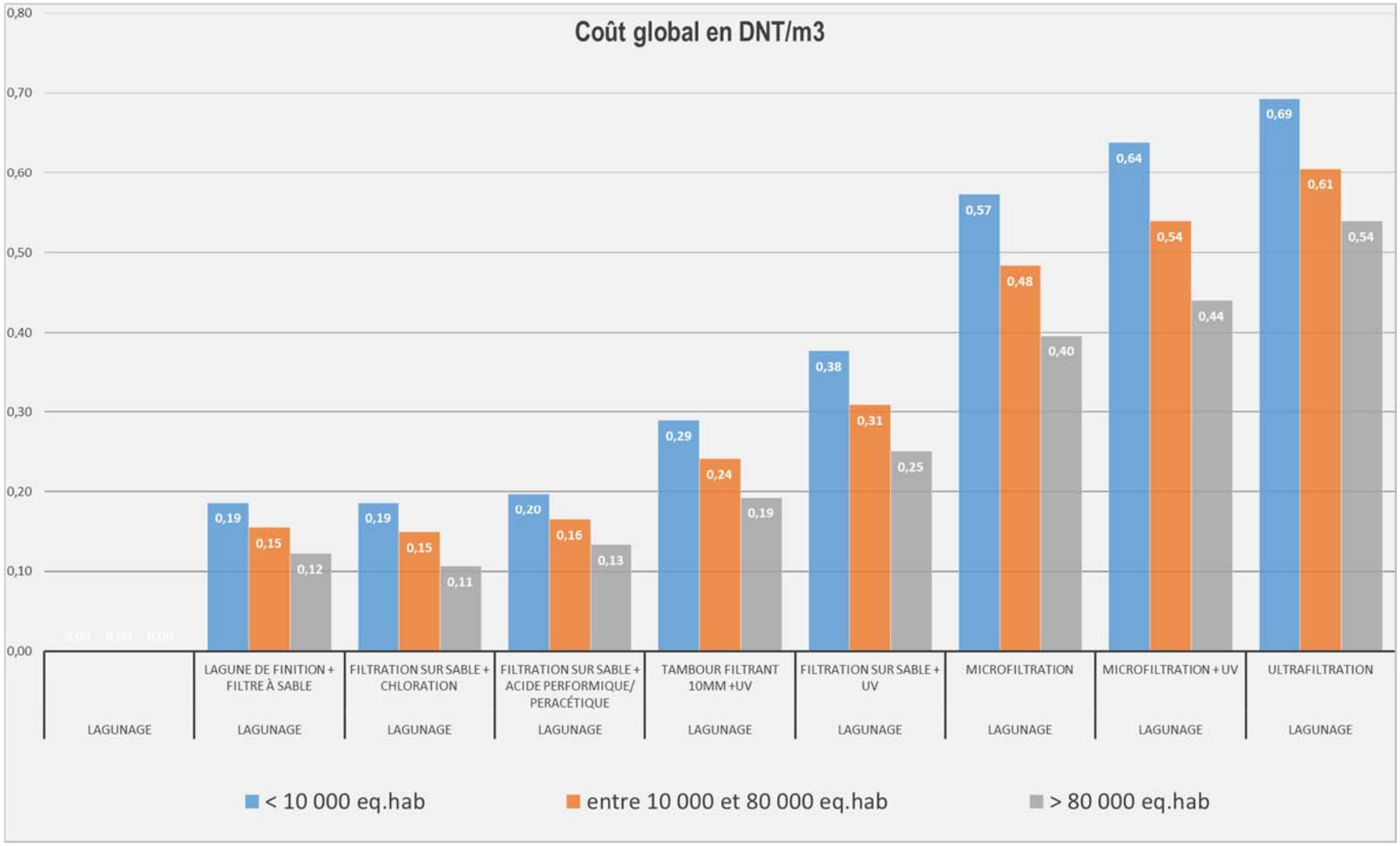
NB : dans la colonne « applicabilité au contexte tunisien » : « 2020 » signifie que ce traitement est déjà existant ; « 2020-2025 » signifie que ce traitement pourrait être mis en place dans les 5 ans à venir.

Figure 36 : Coût global du traitement tertiaire pour différents scénarios technologiques (cas où on se situe à l'aval d'un traitement secondaire par boues activées)



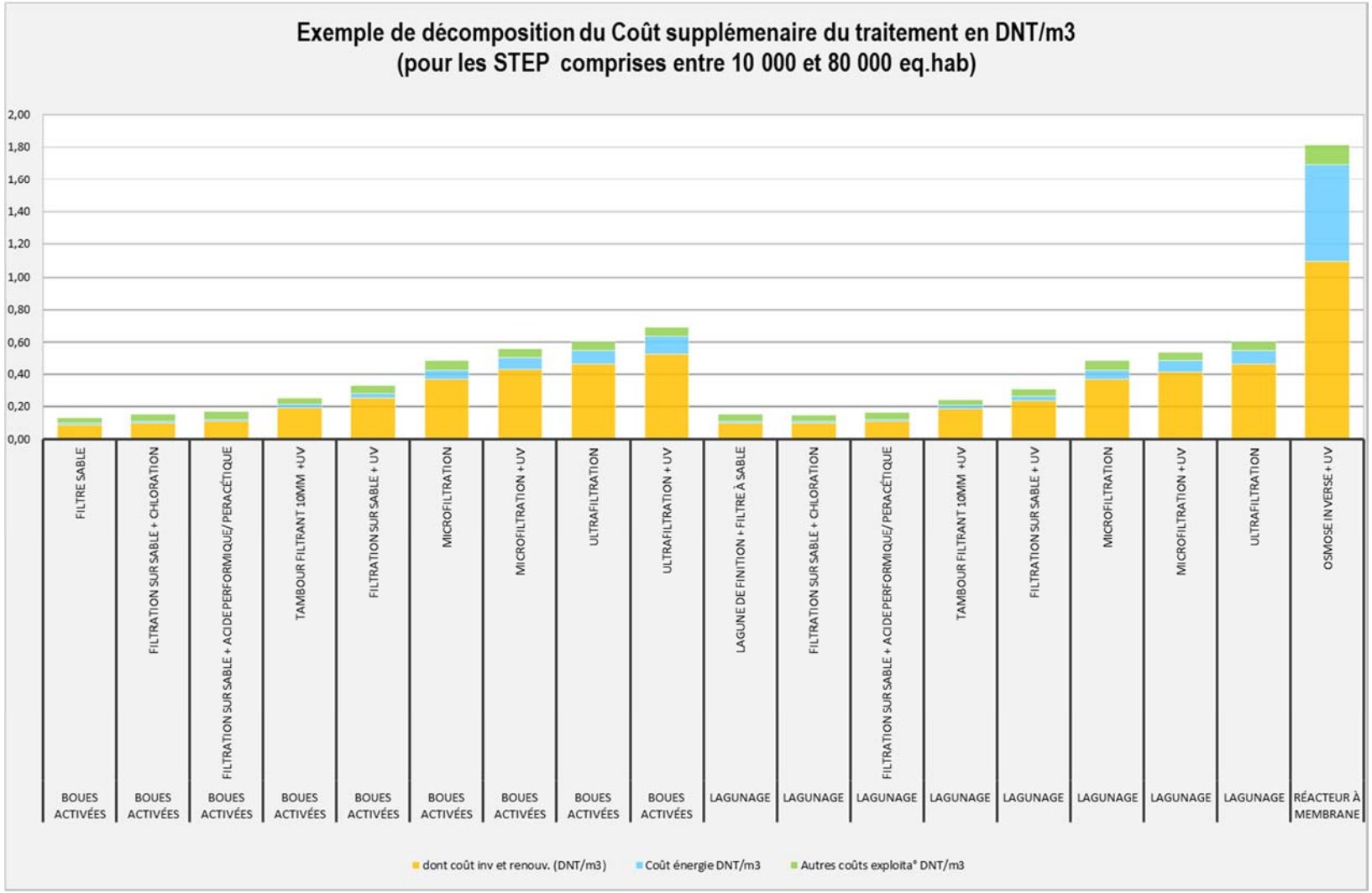
NB : comme explicité plus haut, seul le coût du traitement III est ici pris en compte

Figure 37 : Coût global du traitement tertiaire pour différents scénarios technologiques (cas où on se situe à l'aval d'un traitement secondaire par lagunage)



NB : comme explicité plus haut, seul le coût du traitement III est ici pris en compte

Figure 38 : Décomposition du coût global du traitement tertiaire pour différents scénarios technologiques (Distinction des postes investissement+renouvellement / Energie / Autres frais de fonctionnement) – Cas des STEP de taille comprise entre 10 000 et 80 000 eq.hab



NB : comme explicité plus haut, seul le coût du traitement III est ici pris en compte

5.4.4 Recommandations

Il est au final très clairement recommandé de ne pas retenir un seul traitement tertiaire pour toutes les stations du pays mais bien d'adapter les choix aux différents usages et aux politiques de mesures barrières mises éventuellement en œuvre. A ce stade, les schémas directeurs d'assainissement de l'ONAS prévoient bien des filières de traitement complémentaire pour développer la REUT, mais elles sont basées sur un seul type de procédé (filtration par tambour filtrant 10 µm et désinfection par UV) et par ailleurs dimensionnées sur le débit moyen de la station et non la capacité nominale de la STEP. Ces schémas seront donc à revoir pour dépasser une mise en œuvre uniforme de traitement tertiaire et réaliser une approche véritablement adaptée à chaque contexte, une fois bien établis les scénarios de REUT à développer à l'aval des STEP considérées.

Parmi l'ensemble de la gamme des options technologiques exposée dans le présent chapitre, les scénarios de traitement complémentaires que nous recommandons pour les principaux usages de la REUT sont les suivants :

Pour des usages agricoles restrictifs (sans maraîchage) et de l'irrigation d'espaces verts ouverts au public : la mise en place d'un **filtre à sable et d'une désinfection UV** apparait comme le traitement le plus approprié pour des usages sans risques. Le choix du **tambour filtrant** pour la filtration est aussi envisageable. En effet, c'est le choix fait dans la stratégie de l'ONAS et les coûts sont plus faibles que pour le filtre à sable (0,25 DT/m^3 contre 0,33 DT/m^3, pour une STEP de taille moyenne). Cependant, ce type d'équipement demande une plus grande maintenance et des compétences pour gérer l'électromécanique.

Pour l'irrigation du maraichage : le traitement le plus recommandé pour une réutilisation sécurisée est **l'ultrafiltration avec une désinfection UV**. Une **microfiltration + UV** est aussi envisageable et sera moins onéreuse (0,56 DT/m^3 contre 0,69 DT/m^3 pour de l'ultrafiltration), mais nécessitera plus de mesures barrières afin de garantir la qualité des produits maraîchers.

Pour la recharge de nappe avec prélèvements pour l'agriculture : le traitement complémentaire à ajouter sera à étudier au cas par cas en fonction de la profondeur de la zone non saturée de la nappe à recharger. Cependant, il est recommandé de mettre au minimum en place une **microfiltration** (sans désinfection complémentaire).

La **demande en énergie varie très largement en fonction des différentes options de traitement**. Ce **coût est cependant à analyser sur l'ensemble du petit cycle de l'eau** (comme déjà analysé plus haut) et par rapport **au coût engendré par la mobilisation d'autres ressources** (comme ce sera le cas dans les analyses ACB présentées dans le chapitre 16).

Le tableau suivant reprend ces recommandations. Il résume ainsi les traitements complémentaires recommandés pour ces principaux usages de la REUT. Il indique également, pour chaque scénario, le coût unitaire total (investissement, renouvellement, fonctionnement) pour le seul traitement tertiaire et la consommation énergétique au m^3.

Tableau 31 : Traitement complémentaire conseillé pour les principaux usages des EUT, avec les coûts et consommations énergétiques associés pour une STEP de capacité moyenne (entre 10 000 et 80 000 EH)

Usages principaux	Niveau de qualité à atteindre	Traitement complémentaire conseillé	Coût unitaire total	Consommation énergétique
Usages agricoles restrictifs (sans maraîchage)	B	1. Filtre à sable + UV	0,33 DT/m^3	0,11 kWh/m^3
Irrigation d'espaces verts ouverts au public		2. Tambour filtrant + UV	0,25 DT/m^3	0,10 kWh/m^3
Irrigation du maraîchage	A	1. Ultrafiltration + UV	0,69 DT/m^3	0,48 kWh/m^3
		2. Microfiltration + UV	0,56 DT/m^3	0,33 kWh/m^3
Recharge de nappe	C+	Microfiltration	0,48 DT/m^3	0,25 kWh/m^3
Alimentation en eau potable	A+	Réacteur à membrane + Osmose inverse + UV	1,82 DT/m^3	2,55 kWh/m^3

Notons que dans le cas du **développement de plusieurs usages à l'aval d'une même station d'épuration**, plusieurs situations pourront se rencontrer :

- Ces usages nécessitent le même niveau de qualité. Une seule filière de traitement complémentaire pourra alors être mise en œuvre.
- Ces usages ne nécessitent pas le même niveau de qualité. Une étude approfondie devra alors être conduite pour comparer en termes de coût global (investissement, renouvellement et fonctionnement) les deux options suivantes :
  - Mettre en place deux files de traitement différentes, une pour chacun des usages,
  - Mettre en place une file de traitement correspondant au niveau de qualité le plus exigeant.

  Le résultat de la comparaison dépendra du volume respectif des deux usages. Il pourra également dépendre d'autres contraintes à prendre en compte que le seul niveau de qualité. Par exemple le souhait de conserver une partie des nutriments azotés ou autre pour un des usages.

5.5 QUELLES SOLUTIONS POSSIBLES POUR LES STEP DE FAIBLE CAPACITE EN MILIEU RURAL ?

POSITIONNEMENT DE L'ENJEU A L'ECHELLE NATIONALE

L'ONAS est responsable de l'assainissement des communes de plus de 3 000 habitants. Cependant, des systèmes de traitement semi-collectifs adaptés à des faibles volumes d'eaux usées et au milieu rural sont en train d'être mis en œuvre. Ces petites STEP ont généralement une capacité comprise entre 50 et 3 000 équivalents habitants. Le tableau ci-dessous synthétise les caractéristiques des STEP rurales existantes et projetées dans le programme à court terme de l'ONAS. Le flux potentiel d'EUT, si l'on considère leur capacité hydraulique, représente au maximum 0,6 Mm^3/an, soit seulement 0,2 % des flux d'EUT produit à l'échelle du pays en 2020. En prenant en compte les STEP projetées pour 2030 et en considérant une capacité maximale de 300 m^3/j, ce flux représente toujours seulement 0,25 % des flux d'EUT à l'horizon 2030. Outre les projections de l'ONAS, il est difficile d'estimer à plus long terme l'évolution de la part d'assainissement semi-collectif pour les communes de moins de 3 000 habitants car les solutions d'assainissement autonomes seront souvent plus adaptées pour ces communes rurales.

Tableau 32 : Liste des STEP rurales existantes et projetées par l'ONAS (ONAS, 2020)

Région	STEP	Année de mise en service	Capacité (m3/j)	EH	Procédé de traitement
Grand Tunis et Zaghouan	Cherfech	2009	25	500	Filtre planté à roseaux
Grand Tunis et Zaghouan	Sidi Omar	2017	520	2166	Filtre planté à roseaux
Grand Tunis et Zaghouan	Kantaret Binzart	2018	200	2000	Boue activée compacte mobile
Cap Bon	Khanguet El Hojej	2002	96	2000	Filtre planté à roseaux
Cap Bon	El Mrissa	2009	400	2760	Boue activée compacte mobile
Cap Bon	Beni Ayech	2009	200	2000	Drain filtrant
Grand Tunis et Zaghouan	Boujrida	2009	10	50	Fosse à compartiment + roseaux
Nord Ouest	Hammam Bourguiba	2010	230	1500	Filtre planté à roseaux
Nord Ouest	Oued Zargua	2003	30	500	Drain filtrant + fosse décantation
Nord Ouest	Dougga Teboursouk	2030	Non connu	Non connu	Non connu
Grand Tunis et Zaghouan	Dkhila à Tebourba	2030	Non connu	Non connu	Non connu
Cap Bon	Boukrim	2030	Non connu	Non connu	Non connu
Cap Bon	Zaouiet Sidi Mgaiez	2030	Non connu	Non connu	Non connu
Sahel et Sfax	Takrouna	2030	Non connu	Non connu	Non connu

PROCEDES DE TRAITEMENT NECESSAIRES

Les procédés de traitement choisis ne permettent de traiter les EUT qu'à un niveau secondaire (qualité E ou D), donc non compatibles avec la plupart des usages potentiels avec des EUT. Des traitements complémentaires seront nécessaires, comme pour les autres STEP afin de filtrer de désinfecter les EUT à un niveau tertiaire avant réutilisation. Au regard des faibles volumes produits par les STEP, les coûts unitaires engendrés pour ces traitements complémentaires seront élevés.

DES ENJEUX LOCAUX A APPRECIER AU CAS PAR CAS

Le potentiel de réutilisation restera dans tous les cas très limité pour ce type de STEP. Nous illustrons ci-après cette idée par un exemple d'utilisation agricole.

Afin d'estimer les superficies théoriquement irrigables à partir d'un flux d'une STEP de faible capacité, deux cas de figure ont ainsi été étudiés :

- Cas 1 : exploitation simple du flux,
- Cas 2 : exploitation du flux, associé à un stockage intersaisonnier (remplissage d'un bassin de stockage pendant la période hivernale).

La feuille de calcul ci-dessous présente les hypothèses de besoin et d'efficience posées ainsi que les résultats de ces estimations théoriques. Les calculs ont été effectués pour 2 types de cultures : oliviers et un autre type d'arboriculture avec des besoins en eau plus élevés.

Figure 39 : Calcul théorique de la surface en olivier et arboriculture irrigable à partir d'une STEP rurale, avec et sans stockage

Calcul théorique de la surface irrigable à partir d'une STEP rurale

Hypothèses :

	Oliviers	Autre arboriculture
Besoin des cultures en pointe (m3/ha/j)	18	35
Besoin annuel des cultures (m3/ha/an)	3 000	6 600
Efficience STEP	90%	
Efficience irrigation	90%	
Efficience globale	81%	

Cas 1 : Utilisation du flux moyen - Pas de stockage intersaisonnier

	Flux moyen de la STEP (m3/j)	Surface théoriquement irrigable en oliviers (ha)	Surface théoriquement irrigable en arboriculture (ha)
1	50	2	1
2	100	5	2
3	200	9	5
4	300	14	7
5	400	18	9

Cas 2 : Utilisation du flux moyen + Stockage intersaisonnier

	Flux moyen de la STEP (m3/j)	Volume du stock (m3)	Surface théoriquement irrigable en oliviers (ha)	Surface théoriquement irrigable en arboriculture (ha)
1	50	3 000	3	1
2	100	6 000	6	3
3	200	12 000	12	6
4	300	18 000	19	9
5	400	24 000	25	12

Il ressort de l'exemple considéré que les superficies potentiellement irrigables avec les STEP rurales (flux maximum de 300 m^3/j) seront très faibles (entre 2 et 14 ha d'oliviers sans stockage, 3 à 19 ha avec stockage) au regard des investissements et des coûts d'exploitation qui seront nécessaires pour pratiquer cette réutilisation (traitement complémentaire, stockage, périmètre irrigué). L'intérêt d'une REUT pour de tels petits flux restera à apprécier au cas par cas selon les opportunités et en particulier des usages potentiels avec la STEP. Il ne constitue en aucun un enjeu national.

A ce sujet, le groupe BRL dispose d'une expérience d'aménagement d'une filière de REUT pour une petite STEP rurale (150 m^3/j) située au milieu d'un vignoble. Le projet consiste à irriguer 15 ha de vignes. Les eaux usées subissent un traitement lagunaire auquel a été ajouté des filtres à sable et une désinfection UV. Les moteurs de ce projet ont été la proximité immédiate des parcelles irriguées et la motivation des viticulteurs au regard de la valeur ajoutée des produits (maîtrise des coûts). Ce type de projet nécessite donc une analyse coûts bénéfices afin d'étudier les coûts des investissements nécessaires pour la REUT (traitement, stockage, distribution des EUT…), les bénéfices économiques de la valorisation des EUT et les bénéfices environnementaux (moins de rejet dans le milieu récepteur).

6. QUELLES EVOLUTIONS TECHNOLOGIQUES SONT POSSIBLES A PLUS LONG TERME POUR L'ASSAINISSEMENT ET LA REUT ?

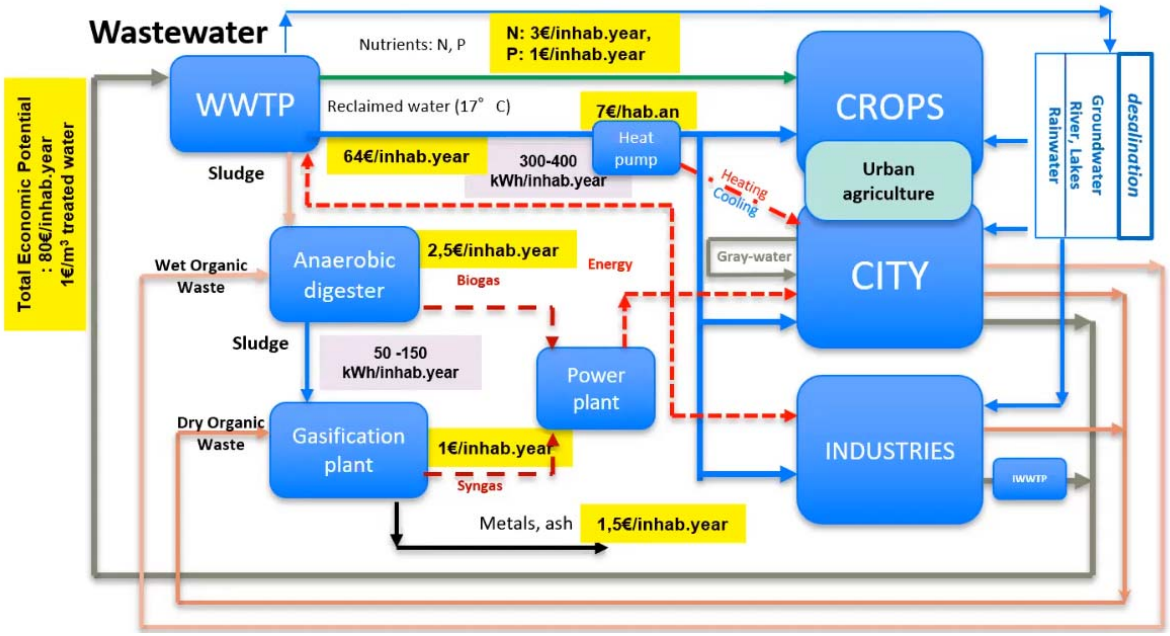
On se situe dans ce chapitre dans une perspective de plus long terme en évoquant des innovations qui pourraient conduire à des ruptures (dans le sens de changement radical) dans le domaine de l'assainissement. Nous évoquerons en particulier les questions liées à l'énergie et à la séparation à la source.

6.1 LES INNOVATIONS POSSIBLES DANS LE DOMAINE EN LIEN AVEC L'ENERGIE

Afin d'envisager pleinement la valorisation des eaux usées, notre vision doit évoluer du traitement des eaux usées (comme un coût) à la réutilisation de l'eau et à la récupération de ressources valorisables, dans une dynamique d'économie circulaire, ne considérant plus les sous-produits des stations de traitement comme des déchets mais comme des ressources potentielles. Le schéma suivant issu des travaux réalisés par Nicolas Roche, professeur des Universités CEREGE (AMU, CNRS, IRD, INRAE, Collège de France), spécialisé dans la réutilisation des eaux illustre l'intérêt de considérer les EUT comme une ressource de matières et d'énergie.

Le schéma ci-après permet de mettre en évidence le potentiel économique des EUT en tant que ressources hydriques, de matières et d'énergie, converti en euros par habitant par an. Ce potentiel est évalué à 1 euro par m^3 d'eau traitée ou 80 euros par habitant par an, provenant : de la récupération des nutriments à hauteur de 5%, de récupération de chaleur à hauteur de 8,5%, d'utilisation des EUT à hauteur de 80%, de récupération d'énergie à hauteur de 4,5% et de récupération de matières (métaux, cendre) à hauteur de 2%.

Figure 40 : Les EUT ressources de matières et d'énergie (Roche, 2019)



Pour suivre cette approche, il faut maximiser le recyclage des nutriments et limiter les consommations d'énergie.

Les technologies de récupération de sous-produits utiles à partir des eaux usées, tels que l'énergie (chaleur et biogaz) et les nutriments, ont évolué rapidement ces dernières années et sont de plus en plus rentables, particulièrement lorsqu'on les considère dans le cycle intégral de gestion des eaux usées, et ce dès la conception amont des systèmes d'assainissement et de l'aménagement urbain de façon plus générale. De nombreuses innovations sont également à l'étude, à différents stades d'avancement.

RECUPERATION DE CHALEUR

La récupération de chaleur (ou de froid) disponible sur les eaux usées, à partir d'un échangeur, est aussi appelée « cloacothermie » (Azam & Horsin Molinaro, 2017). Cette récupération d'énergie thermique s'appuie sur les mêmes principes techniques que ceux de la géothermie sur nappe, cependant les calories (ou frigories) sont issues des rejets d'eaux usées (domestiques, industrielles, etc.).

L'eau usée est un fluide caloporteur intéressant de par sa forte capacité thermique et sa forte densité : elle représente donc une source intéressante d'énergie non exploitée. Ce potentiel peut être exploité et valorisé grâce à une pompe à chaleur.

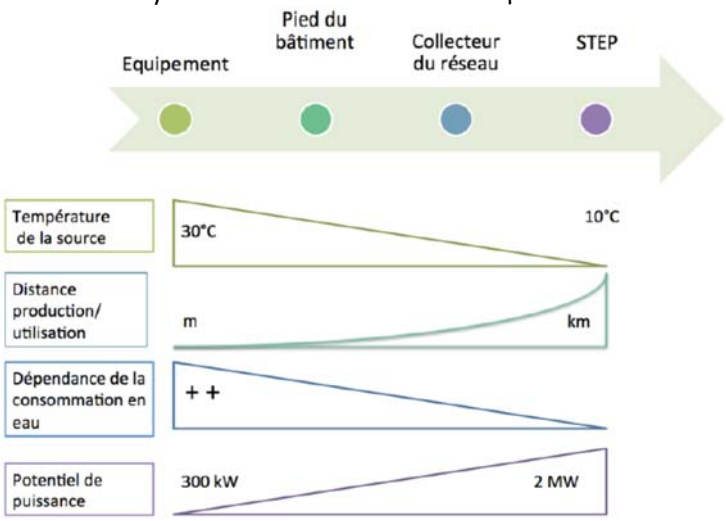
Mise en œuvre

La cloacothermie met en œuvre un échangeur qui récupère et transfère l'énergie vers une pompe à chaleur (PAC) qui a pour rôle de porter un liquide caloporteur à la température souhaitée pour répondre aux besoins thermiques donnés.

La température des eaux usées varie peu entre l'hiver et l'été, toute l'année la température moyenne est d'environ 15°C : la cloacothermie peut aussi bien répondre à des besoins de chauffage en hiver que des besoins de rafraîchissement en été. Des retours d'expérience montrent qu'un mètre de canalisation permet de produire de 2 à 8 kW de puissance de chauffage. Ce potentiel reste encore très peu exploité.

La récupération d'énergie peut être mise en œuvre directement à la source (en sortie des appareils sanitaires), au pied des bâtiments, dans un collecteur du réseau d'assainissement ou à la station de traitement des eaux usées, chaque système présentant des avantages et inconvénients. Nous nous intéressons ici aux systèmes installés dans les stations de traitement des eaux usées.

Figure 41 : Possibilités de récupération de la chaleur des eaux usées (Azam & Horsin Molinaro, 2017)



Application

L'énergie récupérée via cette méthode, directement au niveau des stations d'épuration, peut servir au chauffage et à la climatisation des bâtiments des stations d'épuration (locaux, digesteur de boues, etc.) et de climatisation, selon les besoins spécifiques de chaque site.

Une étude technico-économique devra être menée sur chaque site intéressé par cette solution, afin d'évaluer les besoins qui pourraient être couverts par cette source d'énergie. Le potentiel sera très dépendant de chaque situation (température moyenne des effluents, variations saisonnières, besoins en chauffage/climatisation des locaux, etc.).

En Tunisie, le potentiel de ces systèmes sur les rejets d'eaux usées des hammams pourrait représenter une source significative d'économie d'énergie pour ces établissements. Une étude spécifique pourra être menée pour déterminer le potentiel de ces établissements.

Exemples de bâtiments chauffés et climatisés à l'aide d'eaux usées (WWAP, 2017)

- **Le village des Jeux olympiques d'hiver de Vancouver (Canada) :** l'ancien village des Jeux olympiques d'hiver de 2010, depuis converti en immeubles d'habitation, est chauffé à l'aide d'effluents issus de la station de traitement des eaux usées d'un village voisin.
- **La Wintower, le gratte-ciel de Winterthour, en Suisse** : les eaux usées assurent le chauffage des 28 étages de la Wintower en hiver et permettent de climatiser la tour en été. Environ 600 kW d'énergie thermique sont tirés des eaux usées issues des égouts. Ces eaux usées servent aussi pour climatiser le bâtiment en été, en absorbant son énergie. Ce procédé montre comment il est possible d'utiliser les eaux usées en tant que source d'énergie neutre en carbone pour le chauffage et la climatisation des bâtiments en toute saison.

PILE A COMBUSTIBLE MICROBIENNE

La Pile à combustible microbienne permet de produire de la bioélectricité à partir des boues de station de traitement des eaux usées, à l'aide de bactéries. L'avantage majeur de ce procédé est la **production directe d'électricité**, facilement valorisable.

Ces piles utilisent les bactéries pour convertir directement en électricité une partie de l'énergie disponible dans un substrat biodégradable (ici les effluents ou boues de STEP). De conception similaire aux piles à combustible, ces réacteurs génèrent de l'électricité à partir des réactions d'oxydo-réduction impliquées dans la dégradation de molécules organiques par les bactéries, aboutissant à la libération de protons et d'électrons qui peuvent être transférés aux électrodes. Les biopiles peuvent être alimentées par une diversité de molécules organiques simples (sucres, protéines…) ou directement avec les effluents à traiter, ou dans ce cas des boues de STEP (Laboratoire Ampère, 2020).

La pile à combustible microbienne est une technologie qui n'est pas encore mature (TRL entre 3 et 4[3], c'est-à-dire au stade de preuve du concept et de validation des composants). Il est nécessaire, compte tenu des difficultés liées à une transposition à plus grande échelle dans la perspective d'une application concrète, de poursuivre les recherches et d'apporter des améliorations sur le plan technique permettant de remédier à la forte consommation d'énergie qu'elle nécessite.

De nombreux travaux de recherche sont en cours sur ce sujet, mais peu concernent spécifiquement le cas des eaux usées. Quatre équipes de recherche travaillent sur des sites pilotes installés en station d'épuration. Ces pilotes sont disposés dans les bassins d'aération ou installés en parallèle et alimentés en continu avec des effluents. Les articles publiés sur ces recherches rapportent une puissance énergétique produite de 9 W/m^3 comme la meilleure valeur de puissance relevée parmi ces tests in situ (Hiegemann, 2016).

D'autres projets de recherche sont en cours, notamment au Laboratoire Ampère, à Lyon, qui étudie une nouvelle approche de mise à l'échelle (approche constructale) dans le cadre d'un projet PHC Maghreb, en collaboration avec trois autres laboratoires de recherche dont un de l'université de Gabès en Tunisie.

Par ailleurs, des chercheurs de l'Université de Pennsylvanie ont combiné cette technologie avec un système d'électrodialyse inversée, pour créer une pile microbienne à électrodialyse inversée, ou MRC, capable de produire 0,94 kilowattheures d'électricité par kilo de matière organique d'eau usée. Ce procédé serait plus efficace que la seule pile à bactéries. Les recherches sont toujours en cours et l'application à grande échelle de ce système nécessite encore plusieurs années de développement.

[3] TRL = Technology Readiness Level, les TRL forment une échelle d'évaluation du degré de maturité atteint par une technologie.

PRODUCTION DE BIOCARBURANTS A PARTIR DES BIOSOLIDES

Les biosolides sont des matières organiques solides récupérées à partir d'un processus de traitement des eaux (ce sont en fait des boues d'épuration convenablement traitées afin d'être valorisées).

Les études pour la production de biocarburants à partir des biosolides se basent sur la conversion des nutriments contenus dans les eaux usées en biomasse par des microalgues, lesquelles sont converties en biocarburants.

Plusieurs projets de recherche sont en cours sur cette thématique, par exemple :

- Aux États-Unis, le projet OMEGA (Offshore Membrane Enclosures for Growing Algae), mené par la NASA, procède à des études de faisabilité concernant la production de carburant d'aviation au moyen de la culture de microalgues dans des réservoirs flottants au large des côtes qui sont alimentés par des eaux usées des villes (Trent, 2012) ;
- Depuis juillet 2015, le Centre de recherche et développement « Algae Biomass Energy System », de l'université de Tsukuba, au Japon, mène des recherches sur la biomasse algale et les applications industrielles permettant de synthétiser les huiles d'origine algale en vue de mettre sur pied une « industrie algale » associant production de biocarburant, traitement des eaux usées et huiles d'origine algale destinées aux produits cosmétiques et médicaux.

Ces techniques en sont au stade d'étude de faisabilité et nécessitent encore un approfondissement avant un potentiel déploiement opérationnel.

AUTRE VALORISATION ENERGETIQUE DES BOUES

Les matières fécales sont source de carbone et constituent une réserve d'énergie. Il existe de nombreuses valorisations des boues de station d'épuration et de vidange, tel que l'épandage, le compostage, la production de biogaz (comme présenté plus haut dans ce rapport). Des valorisations moins courantes existent aussi ; en effet, les boues fécales peuvent être déshydratées et conditionnées en pellets, pouvant être brûlés pour alimenter en énergie des fours (pour la production de briques par exemple). C'est le cas au Sénégal et en Ouganda, via un projet mené par Eawag (IFSSTE, s.d.).

CONCLUSION

En conclusion, **de multiples opportunités existent en matière d'économie énergétique ou même de production énergétique au niveau des stations d'épuration**, allant de considérations très amonts (avant la conception des ouvrages), à des améliorations dans l'exploitation ou le renouvellement sur des stations existantes, à de nouveaux procédés novateurs de production d'énergie à partir des eaux usées, en cours de développement.

Les spécificités de chaque station d'épuration devront être étudiées afin de définir les pistes de valorisation les plus adaptées, puis d'en étudier leur rentabilité. Plusieurs valorisations peuvent être mises en place sur un même site, permettant de réduire de façon importante la consommation énergétique des installations, voire d'atteindre la neutralité énergétique (dans des cas particuliers).

La récupération d'énergie ou la diminution de la consommation énergétique des stations d'épuration peut offrir un potentiel important en termes de réduction de la consommation d'énergie, des coûts d'exploitation et de l'empreinte carbone des stations. Cette réduction de l'empreinte carbone pourrait être mise à profit au niveau national, grâce aux programmes de crédits carbone et d'échanges de droits d'émission de carbone. La Tunisie pourrait ainsi intégrer le marché crédit carbone et tirer des ressources financières de ses efforts de réduction de consommations énergétiques des stations d'épuration.

6.2 CHANGEMENTS DE PARADIGMES POSSIBLES POUR L'ASSAINISSEMENT DU FUTUR

6.2.1 Séparation à la source

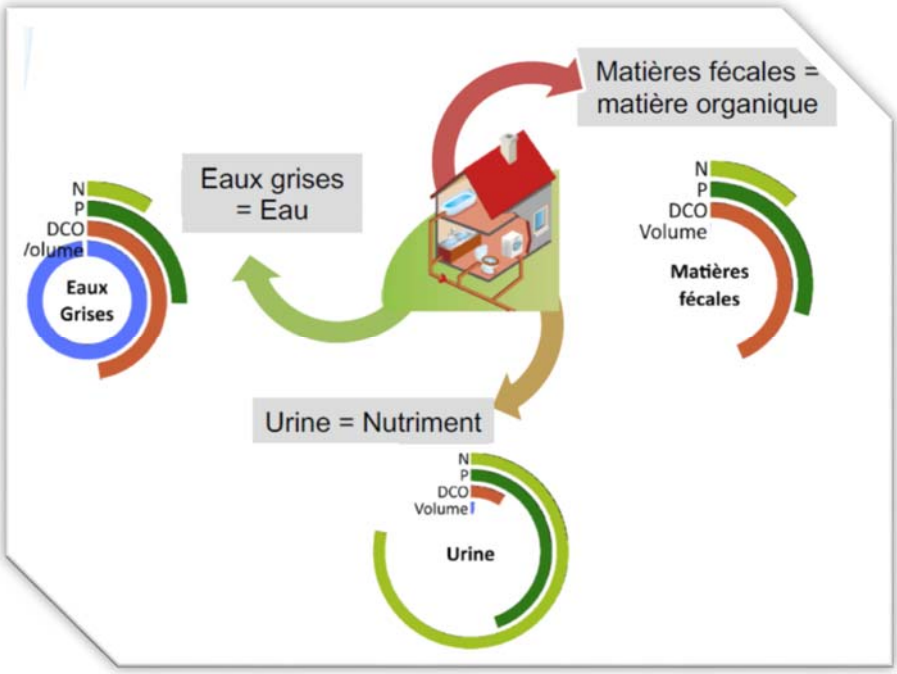
Partant du principe que les eaux usées sont composées d'environ 99% d'eau et 1% de matières solides en suspension, colloïdales et dissoutes (source : rapport mondial des Nations Unis 2017), une remise en cause plus générale des réseaux et usages de l'eau se développe. Les systèmes décentralisés de traitement qui servent des individus ou de petits groupes de propriétés ont démontré être une tendance montante dans le monde et il apparaît que la conception des systèmes d'assainissement centralisées, bâtie au XXe siècle ne constitue pas forcément une solution d'avenir.

Un changement de paradigme est envisageable et implique d'abandonner l'approche actuellement développée qui consiste à collecter l'ensemble des eaux usées et à les traiter sur un site : la station d'épuration.

La séparation à la source est un concept nouveau en assainissement qui présente plusieurs avantages :

- Récupération des nutriments : azote et phosphore,
- Diminution des consommations en eau,
- Diminution des consommations énergétiques.

Figure 42 : Représentation du contenu des eaux usées rejetées par une personne (LISBP, s.d.)



ECONOMIE CIRCULAIRE

Les eaux usées présentent ainsi un fort potentiel pour l'économie circulaire : elles peuvent être une source de nutriments, d'énergie et d'eau.

A l'heure actuelle, les différents types d'eaux usées (eaux grises, eaux vannes, eaux industrielles, etc.) sont le plus souvent mélangées et transportées via les réseaux à une station d'épuration unique, où leur traitement représente un coût, pour être finalement rejetées au milieu naturel. Les boues d'épuration sont, dans la plupart des cas, valorisées (agriculture, méthanisation, etc.).

En séparant à la source les flux d'eaux usées, il est possible de les traiter séparément et de valoriser tous les composants, selon le principe de l'économie circulaire, en contribuant à la réduction des prélèvements d'eau et à la perte de ressources valorisables.

Pour cela, il faut mettre en œuvre un tout autre système de collecte des eaux usées, basé sur la séparation à la source, pour un traitement décentralisé des eaux usées. De nombreux concepts sont à l'étude, par exemple :

- La séparation des urines et matières fécales à la source, via par exemple des toilettes à séparation d'urine, pour valoriser l'azote contenu dans les urines, au travers d'engrais commercialisables ;
- L'utilisation des eaux ménagères pour la végétalisation des bâtiments, après ou non traitement, selon la qualité des eaux collectées ;
- La récupération in situ de la chaleur des eaux chaudes usées, directement à la source (chez l'utilisateur), ou centralisée au niveau d'un bâtiment ou d'un collecteur (voir l'explication du concept dans le paragraphe suivant), pour préchauffer l'eau ou pour le système de chauffage ;
- La récupération du phosphore in situ (fosses septiques ou latrines), pour la transformation des boues de fosses septiques en engrais organique ou organo-minéral ;
- Le traitement et la valorisation des eaux usées industrielles directement sur place, pour ne pas contaminer les eaux usées domestiques avec des produits chimiques potentiellement dangereux, mais au contraire valoriser ces éléments en les extrayant des eaux usées.

De nombreuses pistes existent et des initiatives sont étudiées et mises en place dans de nombreuses villes. La clé de la réussite étant l'intégration de la valorisation des eaux usées à la stratégie urbaine globale : lors de la conception des bâtiments, de la sensibilisation des usagers, lors de la conception des systèmes d'assainissement (réseaux et stations)…

Les cadres institutionnel et règlementaire pouvant constituer des freins à la mise en place de ces nouvelles pistes de valorisation des eaux usées, des nouvelles réglementations concernant la récupération des sous-produits des eaux usées peuvent être nécessaires. En effet, pour certaines initiatives, l'expertise technique est disponible mais il n'existe souvent que peu ou pas de législation relative aux normes de qualité pour ces produits, ce qui crée des incertitudes susceptibles de décourager les investissements.

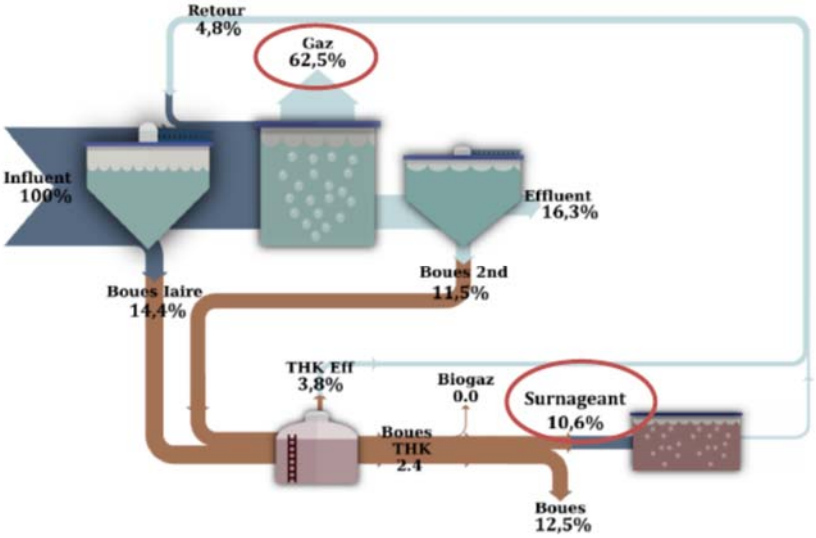
Ces solutions innovantes concernent tous les niveaux du système de collecte, de l'usager initial, à la station d'épuration. Les pistes pouvant être développées au niveau des stations d'épuration (avec un système de collecte classique) sont présentées dans ce rapport. Au lieu d'envisager le traitement de l'eau comme un service supplémentaire coûteux assuré par les stations de traitement des eaux usées, il peut être appréhendé comme des « usines de récupération de ressources », dans lesquelles les sous-produits récupérés seront exploités en tant que matières premières dont on tirera des produits de valeur que l'on pourra vendre aux usagers.

RECUPERATION DES NUTRIMENTS

Les urines ne représentent que 1% du volume des eaux usées mais elles contiennent l'essentiel de l'azote (89%) et du phosphore (57%) qui sont ensuite éliminés dans les stations d'épuration. La séparation à la source est issue de ce constat qui considère que cette stratégie est coûteuse d'un point de vue énergétique puisque nous dépensons environ 10 MWh pour dénitrifier une tonne d'azote réactif contenue dans les eaux usées, voire aberrante puisque dans le même temps, les usines de production d'engrais azote consomment environ 10 MWh pour synthétiser une tonne d'azote réactif.

Le graphique suivant met en évidence les flux d'azote apportés par les eaux usées au niveau de la station d'épuration, alors que des procédés de valorisation (parfois encore à l'état de recherche) tels que le stripping, la précipitation de struvite, la chimiosorption transmembranaire, sont possibles :

Figure 43 : Flux d'azote rejeté au passage de la station d'épuration (LISBP, s.d.)



De la même manière que pour l'azote, le phosphore contenu dans les eaux usées est généralement rejeté et non valorisé au niveau des stations d'épuration. En effet, le phosphore peut être transféré dans la phase solide par l'un ou l'autre des produits chimiques par précipitation ou une meilleure absorption biologique. Le phosphore peut être récupéré à partir des biosolides par un certain nombre de technologies :

- oxydation thermique (pour la production d'énergie), le phosphore peut être extrait des cendres en utilisant des technologies similaires à celles utilisées pour l'extraction du phosphore à partir de minerai de phosphate.
- Précipitation sous forme de struvite (MgNH4PO4), qui est un composant idéal de la libération lente engrais, ou de phosphate de calcium, dont la composition est similaire à celle du minerai de phosphate. Une quinzaine d'installations en Europe sont équipées d'une filière de valorisation sous forme de struvite. Les principaux verrous technologiques résident dans la dissolution du phosphore –chimique ou biologique - de manière à augmenter sa concentration avant sa récupération, et dans la qualité du produit que l'on souhaite obtenir en fonction de son usage final (fertilisant, constituants de produits industriels…).

UTILISATION DES EUT COMME FERTILISANTS

Comme souligné à plusieurs reprises dans cette étude, le potentiel fertilisant des EUT est important. Citons un chiffre mis en avant par le Plan Bleu : pour une lame d'eau de 800 mm/an, les quantités d'azote et phosphore apportées par les EUT (traitement secondaire par boues activées sans traitement de dénitrification) sont respectivement 150 kg et 50 kg, pouvant ainsi excéder la moitié des besoins en fertilisant. Cet apport est loin d'être négligeable pour le bon développement des cultures.

CONCLUSION

La récupération de l'azote (N) et du phosphore (P) à partir des eaux usées ou des boues d'épuration exige des technologies de pointe, qui sont toujours en phase de développement même si d'importants progrès ont été accomplis en la matière ces dernières années. Cela se pratique dans certaines municipalités (au Bangladesh, au Ghana, en Inde, en Afrique du Sud, au Sri Lanka, etc.) sur les boues par assèchement ou co-compostage. La récupération du phosphore issu des installations de traitement sur place, telles que les fosses septiques et les latrines, est envisageable sur le plan technique et financier en procédant à la transformation des boues en engrais organique ou organo-minéral. De plus, les boues fécales présentent un risque de contamination chimique plutôt réduit par rapport aux biosolides issues des eaux usées.

Il est probable que la collecte des urines et leur utilisation deviennent un élément de plus en plus important de la gestion des eaux usées. La raréfaction, ou voire même l'épuisement, des ressources en phosphore minéral d'extraction étant probable au cours des prochaines décennies, leur récupération à partir des eaux usées offre une alternative réaliste et viable.

En Suisse, la récupération du phosphore est devenue une obligation légale, en Suède, la séparation à la source se pratique depuis 1990. On comptait ainsi, en 2006, dans ce pays 120 000 toilettes sèches à séparation d'urine et 15 000 toilettes à eau à séparation d'urine.

Ce nouveau paradigme de séparation à la source a certes des vertus environnementales qui permettent de valoriser les produits contenus dans les eaux usées mais de nombreux projets tentent aussi d'en prouver l'avantage économique (exemple : projet MUSE).

6.2.2 Le recyclage

6.2.2.1 Recyclage industriel

La réutilisation industrielle des eaux usées et le recyclage interne sont désormais une réalité technique et économique. Pour certains pays et types d'industries, l'eau recyclée fournit 85 % des besoins globaux en eau. Les secteurs les plus grands consommateurs en eau sont les centrales thermiques et nucléaires (eau de refroidissement) et les papeteries. La qualité de l'eau réutilisée est réglementée et dépend du type d'application ou de production industrielle. La part des eaux usées urbaines ne dépasse pas 15% du volume des eaux réutilisées en industrie. Aux Etats-Unis, par exemple, le volume des eaux résiduaires réutilisées en industrie est d'environ 790 000 m^3/j, dont 68 % pour le refroidissement.

En Tunisie, l'industrie des phosphates très consommatrices d'eau est un usager potentiel important pour la REUT, d'autres industries pourraient également trouver un intérêt dans l'utilisation d'EUT : lavage au niveau des carrières, eaux de refroidissement, etc. pour la réutilisation industrielle des eaux usées. Le recyclage interne est une voie également à développer par les industriels pour limiter la pression sur les ressources en eau. Cette démarche implique cependant la mise en œuvre de procédés de traitement de haute technologie, de type ultrafiltration suivi d'une osmose inverse. Cela nécessite une maîtrise des procédés avec une main d'œuvre qualifiée pour que le fonctionnement soit assuré et ne créé pas de désordre dans le process de fabrication de l'usine.

6.2.2.2 Recyclage ou réutilisation des eaux grises

En combinaison avec la séparation à la source, le recyclage peut aussi être utilisé au niveau des eaux grises qui nécessitent moins de traitement pour pouvoir être recyclées.

Au niveau des flux d'EUT domestiques, la proportion d'eaux grises se situe souvent autour de 30 % du volume produit. Dans le cas de la Tunisie, cela représente donc un volume potentiel de 94 Mm^3 en 2020 et de 193 Mm^3 si l'on se projette en 2050.

Les eaux grises nécessitent globalement des traitements moins poussés que le reste des eaux usées. Elles peuvent cependant contenir une concentration importante de matières fibreuses (fibres textiles, cheveux…). Une filtration est donc souvent nécessaire pour limiter ces particules solides dans le produit final. La décantation des eaux grises dans un bassin permet un pré-filtrage avant une autre étape de filtration, comme un filtre à sable ou à disques. Dans certains cas, un processus de désinfection peut s'avérer nécessaire en fonction de la composition initiale et de la provenance des eaux grises. Globalement, il n'existe pas de traitement universel pour garantir le recyclage des eaux grises et les process sont à étudier au cas par cas.

Au niveau des usagers domestiques, au regard de la configuration des réseaux existants, le potentiel de recyclage direct de ces eaux grises est limité. Leur séparation peut cependant être imaginée dans le futur lors de la création de nouvelles résidences.

Dans le contexte de la Tunisie, la valorisation des eaux grises peut s'imaginer avant 2050 pour deux cas spécifiques :

- **La valorisation des eaux des bains maures** : cette valorisation est en cours d'étude pour la ville de El Hamma dans le gouvernorat de Gabes. Les bains rejettent en moyenne 1.1 Mm^3/an (ONAS, 2018). Ces rejets sont séparés des eaux sanitaires des bains et sont traités par la STEP de El Hamma séparément des eaux usées domestiques. Au regard de la qualité des eaux, un prétraitement est réalisé seulement avec une grille manuelle et un filtre à disque pour se débarrasser des filasses.
- **La valorisation des eaux grises des grandes unités touristiques projetées :** un recyclage des eaux grises peut être envisagé à l'échelle de unités hôtelières au regard de la concentration des flux touristiques dans ces unités. Une fois l'étape de filtration effectuée, l'hôtel peut alors valoriser les eaux grises, pour l'irrigation de ses espaces verts par exemple. Il peut ainsi réduire sa consommation d'eau potable et réduire le flux d'eaux usées rejeté dans les réseaux de l'ONAS. Voici quelques ordres de grandeur du potentiel de ce recyclage pour des zones touristiques :
    - La zone de Chott Hamrouni au sud de la ville de Gabes : la capacité hôtelière prévue pour cette zone est de 10 000 lits. Il a été estimé que le flux d'EUT touristiques produit sera d'environ 1 400 m^3/j en haute saison, ce qui représente un potentiel de 420 m^3/j d'eaux grises. Pour une moyenne de 35 m^3/j/ha, 12 ha d'espaces verts pourraient être irrigués avec les eaux grises sur cette zone.
    - La zone de Djerba et Zarzis : le flux d'EUT touristiques produit à l'horizon 2030 est proche de 15 000 m^3/j en considérant les extensions prévues du parc hôtelier, soit un potentiel de 4 500 m^3/j d'eaux grises et un potentiel d'espaces verts irrigables de 130 ha.

6.3 LES NOUVEAUX QUESTIONNEMENTS APPLIQUEES AU TERRITOIRE TUNISIEN

La vision long terme des évolutions de l'assainissement en lien avec la REUT sera dépendante des choix politiques mais également des évolutions qui auront lieu en terme technologiques. La Tunisie pour garder son cap de précurseur et d'acteurs de la REUT devra développer une approche multidisciplinaire pour permettre le déploiement de nouveaux outils et technologies.

Plusieurs voies et actions sont à mettre en œuvre dès aujourd'hui :

- **Développer les cadres juridiques et institutionnels** : réglementation des niveaux de rejet par usage, pratique multi-barrières (c'est la vision que nous défendons dans le chapitre 7 consacrée aux aspects réglementaires)..

  L'évolution des technologies devra permettre d'assurer les niveaux de qualité exigés pour chaque usage. L'évolution du cadre institutionnel permettra de contrôler avec efficacité le respect des exigences en matière de qualité d'eaux usées traitées. Les questions institutionnelles liées au contrôle sont abordées dans le chapitre 8.

- **Encourager la recherche dans le domaine des nouvelles technologies de traitement adaptées au contexte Tunisien**

  La recherche est nécessaire pour permettre d'éprouver de nouvelles technologies de traitement permettant de limiter les risques sanitaires et d'être compatibles avec les usages.

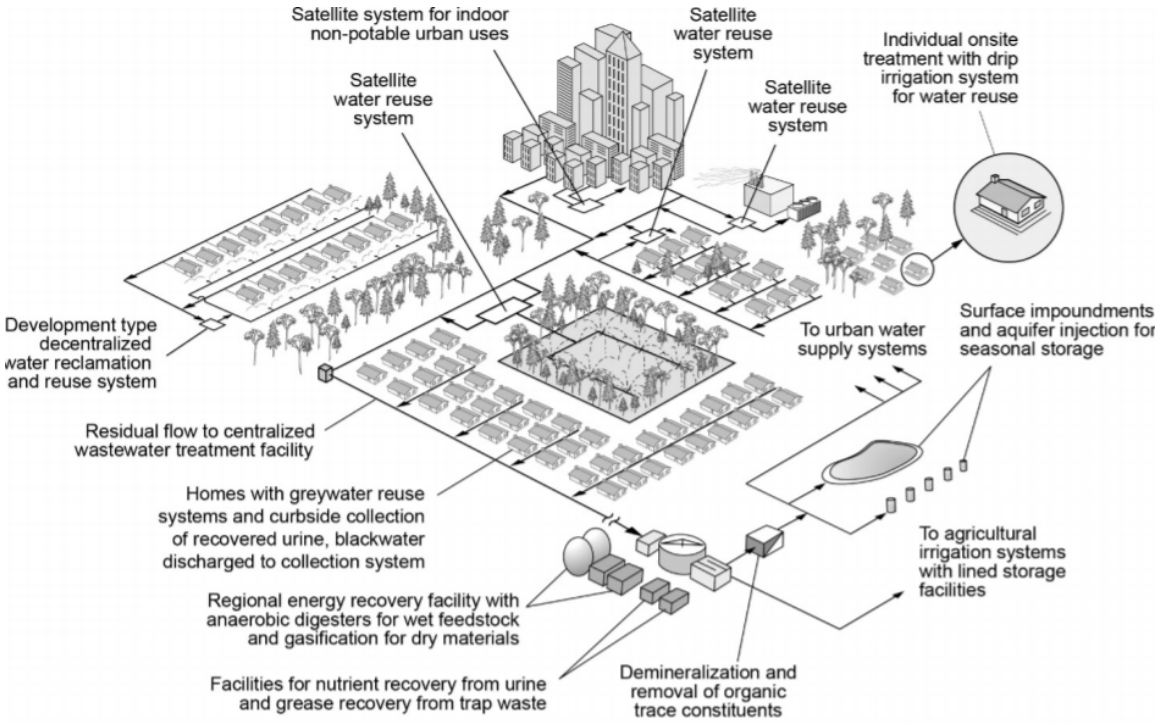
  En ce qui concerne les améliorations ou développement de nouvelles technologies de traitement, l'INRGREF, le CERTE, le CITET ou l'UMA (Université de la Manouba (UMA) paraissent les plus adaptés pour agir dans ce domaine. Dans ce cadre, l'ONAS en tant qu'acteur opérationnel aura son rôle à jouer, notamment pour la prise en compte des enjeux d'exploitation. Plusieurs sources de financement peuvent être mises en place :

  - Financement national ;
  - Recherche de financement internationaux : appel à projet de type MADFORWATER ;
  - Partenariats avec le secteur privé.

  Ces développements devront faire l'objet de recherche appliquée, notamment en éprouvant des technologies sur des sites-pilote.

- **Conjuguer les solutions centralisées, satellites et décentralisées à une échelle appropriée**

Actuellement, comme évoqué précédemment, de nouvelles trajectoires se dessine et pour l'assainissement de demain. Elles ont pour objectif de déterminer les flux de ressources et de sous-produits du traitement ayant un potentiel de récupération et de réutilisation en ce qui concerne l'eau, les nutriments, les matières organiques et l'énergie et de mettre en œuvre les ouvrages nécessaires pour les valoriser.



Source : Tchobanoglous et Leverenz, 2011

L'équipement à venir de la Tunisie en matière de technologie de traitement pour de la REUT devra être intégrée à une approche plus globale prenant en compte l'ensemble des questions (eau, nutriments, énergie, innocuité sanitaire) mais aussi les capacités locales. Le changement devra certainement s'effectuer progressivement, en lien avec les opportunités de marché et les grandes décisions d'allocation de l'eau à l'échelle du territoire.

7. PROPOSITIONS CONCERNANT LES ASPECTS REGLEMENTAIRES

7.1 DES NORMES ET REGLEMENTATIONS DE PLUS EN PLUS STRICTES AU NIVEAU INTERNATIONAL

Il n'existe pas de réglementation unique internationale définissant, pour un usage donné, une technologie de traitement à mettre en œuvre.

Le cadre réglementaire, lorsqu'il existe, est **propre au pays**. Il peut même être différent à l'intérieur d'un pays, comme par exemple aux Etats-Unis, pays qui a des réglementations différentes dans chaque Etat. Dans certains pays, il n'existe pas de cadre réglementaire et dans ce cas, les pays s'appuient sur des réglementations déjà établies par d'autres pays ou encore celle de l'OMS. De la même façon, les normes de qualité de l'eau diffèrent selon les pays.

Les tableaux ci-après mettent en évidence la variabilité de réglementations liées à la réutilisation des eaux usées traitées. Ils montrent :

- les paramètres de caractérisation de la qualité microbiologique en fonction des pays,
- les différences entre les usages réglementés.

Tableau 33: Caractérisation de la qualité microbiologique en fonction des pays (Condom, Lefebvre, & Vandome, 2012)

Zone géographique, pays ou organisme	Qualité la plus exigeante en Coliformes fécaux ou E. coli	Commentaires
OMS (2012)	-	Pas de valeur de concentration en E. coli mais objectif de 10^{-6} DALY par personne et par an soit une réduction des agents pathogènes jusqu'à 7 logs
Europe	10 unités/100 mL en E. coli	
Chypre	De 15 à 100 unités/100 mL en coliformes fécaux selon usage	
Espagne	De 0 à 200 unités/100 mL en E.coli en fonction des usages	
USA	De 14 à 75 unités/100 mL en coliformes fécaux selon les états	Certains états n'ont pas de valeur sur ce paramètre coliformes fécaux ou E. coli mais ont des valeurs en coliformes totaux
Israël	Pas de valeur sur ce paramètre Coliformes fécaux ou E. coli	A une valeur en coliformes totaux (12 unités/100 ml (80 %) 2.2 unités/100 ml (50 %))
Chine	20 000 unités/100 mL en coliformes fécaux	
Tunisie	-	Pas d'exigences sur ces paramètres dans la norme NT 106.03

Tableau 34: Réglementation existante, en fonction des usages, à l'échelle du bassin méditerranéen (Condom, Lefebvre, & Vandome, 2012)

Usages	Chypre	Cisjordanie	Egypte	Espagne	France	Grèce	Israël	Italie	Jordanie	Liban	Maroc	Portugal	Syrie	Tunisie	(Arabie saoudite)	(Koweït)	(Oman)
Irrigation agricole		C	C+F+E										C+P	C	C	C	
Irrigation espaces verts/ golfs			**														
Recharge de nappe													*				
Environnement																	
Recyclage industriel																	
Usages urbains																	
Usages domestiques																	
Eau potable																	
Source des données	(1)	(1)		(1)	(1)			(1)		(2)		(1)			(2)	(2)	(2)

C : Produits consommés crus - F : Fruits sans péricarpe - E : Cultures d'exportation - P : Pâture

* Aquifères exploités pour l'eau potable

** : Sauf espaces verts des écoles

Source : Compilation par l'auteur - Source des données : (1) : Eureau - (2) : Xanthoulis (2010)

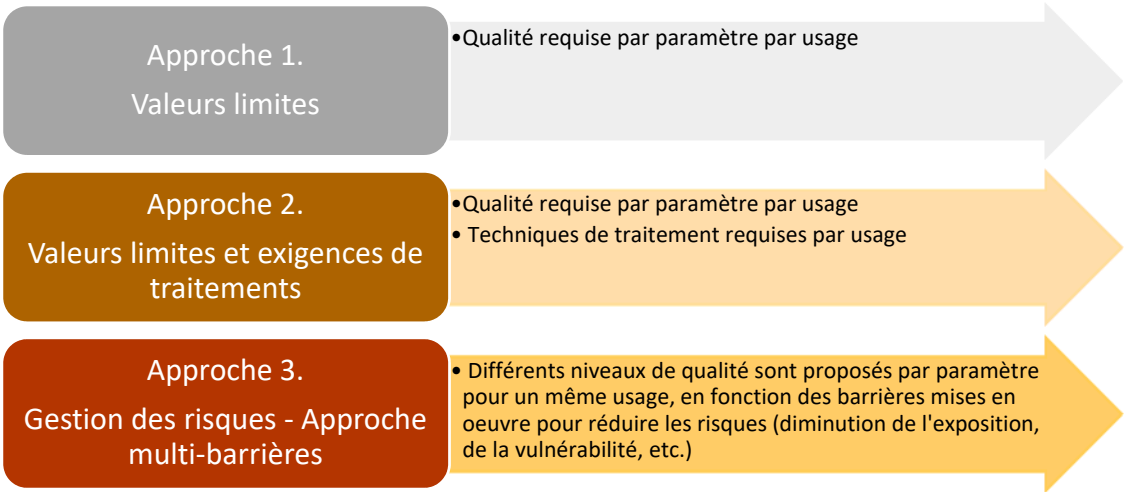
Réglementé / interdit
Réglementé / autorisé
Non réglementé

En conclusion, les niveaux d'exigence sont transcrits dans la plupart des pays pratiquant la REUT dans une réglementation, l'usage le plus réglementé étant l'irrigation pour l'agriculture.

PRESENTATION DES MODES D'APPROCHE REGLEMENTAIRES A TRAVERS LE MONDE

Il existe trois principales approches à travers le monde qui sont largement reconnues. Le schéma ci-dessous illustre ces approches. Des détails sont donnés ci-après.

Figure 44: Approches réglementaires pour la REUT à travers le monde



Approche basée sur des valeurs limites

En respectant des **valeurs limites de concentration ou d'abattement par paramètre pour un usage identifié**, les risques pour la santé et/ou l'environnement sont considérés comme contrôlés. Il existe différents niveaux de qualité d'eau traitée à respecter en sortie de station d'épuration, relatifs à un ou plusieurs usages : irrigation de cultures non transformées, usage urbain non restreint (contact direct potentiel du public avec les EUT), usage environnemental non restreint, usage potable indirect. **La Tunisie** comme d'autres pays (Chypre, l'Italie, etc.) a choisi cette approche.

Approche basée sur les exigences de traitement des eaux usées couplées à des valeurs limites .

Pour chaque utilisation potentielle, une technique spécifique de traitement des eaux usées est spécifiée et des valeurs limites de concentration à ne pas dépasser sont exigées. Cette approche est celle proposée par l'Agence américaine de protection de l'environnement (EPA). En Californie, par exemple, les niveaux de qualité à atteindre sont fondés sur des standards et sont accompagnés de prescriptions de traitements tertiaires à mettre en œuvre : le plus souvent filtration et désinfection.

Approche basée sur un système de gestion des risques pour chaque projet de REUT

Cette approche est basée sur des outils qui permettent à chaque projet de se construire en respectant les contraintes locales, tout en **identifiant en amont l'ensemble des risques que pourrait comporter un procédé de REUT**. L'avantage principal de cette approche est de pouvoir identifier plus efficacement les risques, et donc de pouvoir les gérer de manière proactive. Cependant, certains projets n'ont pas pu voir le jour faute de moyens efficaces pour caractériser ces risques. Cette approche est préconisée par l'OMS et est suivie par l'Australie (se basant sur un niveau de risques très élevé). **Des contraintes/prescriptions de mise en œuvre sur l'usage des eaux usées traitées (barrières multiples)**, notamment pour l'irrigation par aspersion : irrigation seulement la nuit, contraintes de distance par rapport aux habitations, arrêt de l'irrigation à partir d'un seuil de vitesse de vent…

ENJEUX POUR LA TUNISIE

Nous avons pu constater, notamment lors de la Phase 1 de cette étude, que la réglementation ne couvre pas l'ensemble des usages possibles des EUT. Par conséquent, il est important de concevoir un référentiel juridique adéquat encadrant la REUT, avec un système de contrôle, de suivi et d'auto-surveillance adapté, et ce afin de réduire au maximum les risques sanitaires et environnementaux, tout en permettant le développement et la promotion des projets de REUT.

TRAVAUX EN COURS AU NIVEAU NATIONAL

Il existe des groupes de travail d'experts pour la normalisation de la réutilisation de l'eau et notamment le comité ISO / TC 282 qui a pour mission de qualifier les procédés de REUT, d'offrir un support de réflexion pour la mise en place de législations nationales et d'apporter un avantage comparatif consensuel par rapport aux ressources conventionnelles, au niveau mondial. Ce travail concerne la normalisation de la REUT *de toutes natures et à toutes fins utiles*, couvrant donc des réutilisations centralisées et décentralisées, directes ou indirectes, ainsi que des projets intentionnels ou non intentionnels. Il comprend les aspects techniques, économiques, environnementaux et sociétaux de la REUT et permet :

- La définition d'une terminologie commune ;
- La spécification des éléments à considérer pour la planification, la conception, l'exploitation, la surveillance et la maintenance de la réutilisation de l'eau, et ce pour diverses applications (irrigation, usages urbains, environnementaux et industriels) ;
- Les méthodes et indicateurs pour l'évaluation des risques et des performances des systèmes de réutilisation de l'eau.

Tableau 35: Normes internationales pour la REUT en application ou en préparation

Numéro	Titre	Structure	Statut	Sujet principal
ISO 16075	Lignes directrices pour l'utilisation des eaux usées traitées pour l'irrigation : • Partie 1 : Bases d'un projet de réutilisation en irrigation : définit les paramètres, notamment physico-chimiques, ayant un impact possible sur le sol et les cultures, • Partie 2 : Développement du projet : définit les critères à prendre en compte pour prévenir les risques sanitaires liés aux projets d'irrigation avec les EUT, • Partie 3 : Composantes d'un projet de réutilisation en irrigation : présente les différents systèmes de pompage, traitement, stockage et distribution des EUT, • Partie 4 : Surveillance : systèmes de surveillance mis en place.	ISO/ TC 282/ SC 1/WG 1	Publiée en 2015 (parties 1 à 3) Partie 4 publiée en 2017	Définition des pratiques de la REUT pour l'usage irrigation
ISO 20419	Irrigation - Irrigation Equipment Adaptation to Treated Wastewater	ISO/TC 282/SC 1/WG 2	Préparation	Base de normalisation des équipements utilisés en REUT pour l'irrigation
ISO 20760	Réutilisation d'eau dans les zones urbaines - Lignes directrices pour un système de réutilisation d'eau -Partie 1: Principe de conception d'un système de réutilisation d'eau centralisé -Partie 2 : Gestion d'un système de réutilisation d'eau centralisé	ISO/TC 282/SC 2/WG 1	Préparation	
ISO 20426	Risk and performance evaluation of water re-use systems -- Guidelines for health risk assessment and treatment for water REUT	ISO/TC 282/SC 3/ WG 1	Préparation	
ISO 20468-1	Guidelines for performance evaluation of treatment technologies for water REUT systems – Part 1 - Generals	ISO/TC 282/SC 3/ WG 2	Préparation	
ISO 21939-1	Caractérisation de la consommation d'énergie pour le traitement des eaux usées -- Partie 1 -- processus biologiques	ISO/TC 282/SC 4	Préparation	
ISO/TR 13973	Recharge artificielle des eaux souterraines	ISO/TC113/ SC8	Publiée en 2014	
ISO 22238	Disinfection and equivalent treatment for irrigation with treated wastewater	ISO/TC 282/SC 1/WG 1	Demande d'inscription Vote clôturé le 7 mars 2017 Vote France négatif	

Ce travail est en cours et pourrait servir de guide pour consolider les bases réglementaires de la REUT en Tunisie.

La tendance concernant les réglementations à l'échelle internationale s'oriente vers des normes et réglementations de plus en plus strictes. Cependant, il semble nécessaire de trouver un équilibre entre risque et coût généré : tout risque de défaillance doit être minimisé à un coût raisonnable, la norme et les recommandations de l'OMS vont dans ce sens.

7.2 UNE REGLEMENTATION A COMPLETER POUR CADRER LA REUT EN TUNISIE

CONTEXTE ACTUEL

Le rapport de phase 1 a montré les manques en matière de réglementation de la REUT en Tunisie. Les plus importants sont rappelés ci-dessous :

- La réglementation REUT impose des limites de qualité de l'eau, mais uniquement pour l'usage agricole et sans distinction entre les cultures qui sont autorisées. L'irrigation des cultures maraîchères avec des EUT est interdite.
- Un certain nombre de paramètres inscrits dans la norme NT 106.03 ne sont pas traitées en station d'épuration de type biologique (procédés de traitement utilisé en Tunisie). On pense par exemple aux ETM, chlorures, organochlorés et fluorures.
- Un seul paramètre représente les agents pathogènes : les œufs d'helminthes, il est mentionné dans la norme NT 106.03 et l'arrêté de 2018.
- L'intégration de l'approche multi-barrières, promue par l'Organisation Mondiale de la Santé (OMS, 2017) qui consiste à mettre en place des « barrières » technologiques ou naturelles successives pour éliminer les contaminations potentielles. Cette approche reconnaît que chaque barrière individuelle ne peut entièrement prévenir la contamination mais que leur combinaison garantie une consommation sécurisée de l'eau produite. Cette démarche est peu prise en compte dans la réglementation tunisienne. Ce concept est développé au chapitre 7.3.2 comme proposition à suivre pour le nouveau référentiel de la réglementation en Tunisie.

Cette analyse démontre que la réglementation tunisienne en matière d'assainissement et de REUT est à actualiser et nous recommandons de mettre à jour la norme :

- En révisant les normes existantes en ciblant les paramètres en lien avec l'usage (risques sanitaires plus ou moins élevés) et le traitement choisis et en prenant en compte les barrières qui seront mises en œuvre.
- En étendant la norme aux différents usages existants.

LES AVANCEES EN COURS AU NIVEAU REGLEMENTATION, DEPUIS LA PHASE 1

NB : mise à jour datant de juin 2021. L'actualité concernant le code des eaux, qui est en chantier, est susceptible d'avoir évolué depuis.

Avancée globale du projet de code des eaux

Actuellement, un projet du code des eaux est proposé à l'ARP (Assemblée des Représentants du Peuple). Le projet du code des eaux prévoit un certain nombre de dispositions relatives à la REUT. De prime abord, il convient de noter qu'il inscrit les EUT dans la catégorie juridique **du DPH** (domaine public hydraulique), ce qui implique l'application du régime juridique dédié au DPH dans la gestion des EUT. Ledit régime juridique est soumis à des instruments juridiques[4] d'exploitation et d'utilisation qui diffèrent selon le type de DPH concerné.

Le projet de code des eaux prévoit la signature de cahier des charges pour les diférents types d'usages d'EUT

Cas des usages liés au tourisme, à l'industrie et à la recharge de nappe

Pour ce qui concerne les EUT, le projet du code des eaux prévoit pour les réutilisations[5] dans les zones industrielles et touristiques intégrées, la signature d'un **cahier des charges,** ainsi que pour la recharge de la nappe.

[4] Autorisation, Cahier des charges, concession ou privilège (**امتياز**)

[5] L'article 54 du projet du code des eaux.

Selon les mêmes dispositions, le déversement des EUT autres que domestiques dans le milieu récepteur est également soumis à un cahier des charges, au même titre que les autres REUT précitées.

Le cahier des charges sus-mentionné est approuvé par un arrêté pris par le ministre des eaux, après avis du ministre chargé de la santé, du ministre chargé de l'environnement et du ministre chargé de l'équipement.

Cas des usages agricoles

La REUT dans le secteur agricole est clairement écartée des dispositions sus-indiquées.

Cependant, le secteur agricole est implicitement visé par les dispositions du projet du code des eaux au sein de son article 56 disposant que l'utilisation directe des eaux usées non traitées est strictement interdite. La REUT est autorisée, conformément aux conditions prévues par un cahier des charges. Le cahier des charges stipule les modes et les niveaux de traitement ou de filtrage et leurs conformités aux normes en vigueur selon le type de réutilisation.

L'article prévoit également que les mesures préventives relatives aux risques sanitaires et impacts environnementaux susceptibles d'être engendrés par la REUT seront prévues par un arrêté conjoint des ministres chargés des eaux, de la santé et de l'environnement.

Résumé concernant les cahiers des charges pour les différents usages

En résumé, la REUT dans tous secteurs confondus, y compris la recharge de la nappe et le déversement dans le milieu récepteur, sera, selon les dispositions du projet du code des eaux, soumise à la signature et au respect des conditions d'un cahier des charges approuvé par le ministre des eaux, après avis des ministres concernés, précisément de la santé, de l'environnement et de l'équipement.

Référence à une norme commune

Il ressort, de la lecture croisée des différents articles susmentionnés, que le cahier des charges relatif à la REUT sera conditionné par le respect et la conformité des différentes réutilisations à des normes prises par un arrêté conjoint des ministres concernés (des eaux, santé et environnement) disposant, selon les modes de REUT, les mesures préventives sanitaires et environnementales à respecter.

Il est évident à partir de la formulation du texte[6], que cette norme sera unique avec, logiquement, des rubriques spécifiques à chaque type (secteur)[7] de REUT. En outre, l'article 68 du projet du code des eaux dispose expressément que la REUT dans le secteur agricole est soumise aux dispositions de l'article 61.

Seulement, les dispositions de l'article 61 concernent l'eau potable, ce qui rend le renvoi inapproprié, et par conséquent, nécessite une révision du projet du code des eaux afin d'assurer la cohérence entre les articles et du texte dans sa globalité.

Hormis le manque de cohérence susmentionné, il est clair que la REUT dans le secteur agricole est permise dans les conditions expliquées plus haut.

Intégration de la REUT dans la politique hydrique générale

Par ailleurs, le projet du code des eaux[8] insère l'utilisation des eaux non conventionnelles dans la politique de l'économie et la promotion des ressources hydrauliques. Il cite, entre autres, la REUT d'une manière générale dans des secteurs de services et de production, ainsi que dans l'unité de production industrielle et la recharge de la nappe.

[6] Article 56 du projet du code des eaux.

[7] Agricole, touristique, industriel, rechage de la nappe…

[8] Article 77

Aspects environnementaux

Il est à préciser que la recharge de la nappe par les EUT est conditionnée, en plus de la signature d'un cahier des charges, par une étude d'impact sur l'environnement et après avis des organismes d'évaluation des risques sanitaires et environnementaux. A ce titre, lesdits organismes, sus mentionnés, devraient être énumérés avec précision, afin de garantir l'effectivité des dispositions juridiques relatives à la recharge de la nappe.

Un audit technique et périodique est obligatoire pour les différentes utilisations des eaux dont la REUT est disposée dans le projet du code des eaux.[9]

En matière de pollution, la qualité des eaux usées traitées est classée selon le secteur d'utilisation. Les mesures et paramètres de classement des EUT sont fixées par décret gouvernemental.

Les niveaux de rejet des paramètres physicochimiques et microbiologiques des eaux usées seront fixés par un arrêté conjoint des ministres chargés de l'industrie, des eaux de la santé et de l'environnement.[10]

[9] Article 78
[10] Article 81

7.3 PROPOSITIONS POUR UN NOUVEAU REFERENTIEL REGLEMENTAIRE

Comme évoqué dans la Phase 1, la réglementation ne doit pas être un frein au développement des projets de REUT. En l'état actuel, il apparait essentiel que la Tunisie se dote d'un nouveau référentiel réglementaire qui puisse être un levier pour le développement de la REUT.

Les approches réglementaires au niveau international présentées plus haut présentent chacune des avantages et inconvénients qui sont synthétisées dans le tableau ci-dessous.

Tableau 36: Avantages et inconvénients des approches réglementaires

Approche	Avantages	Inconvénients
1- basée sur des valeurs limites	Réglementation simple	Pression uniquement sur le traitement pour limiter le risque Exigence de qualité uniquement en sortie du traitement
2- basée sur les exigences de traitement des eaux usées couplées à des valeurs limites.	Mise en application simplifiée : un usage = une performance de traitement imposée	Privilégie des technologies de traitement de haute technicité le plus souvent Ne prend pas en compte les contextes particuliers Pression sur le traitement et la fiabilité de la technologie pour limiter le risque Exigence de qualité uniquement en sortie de traitement
3- basée sur un système de gestion des risques pour chaque projet de REUT	Moins de pression sur le traitement pour certains usages Meilleure compréhension du contexte pour permettre de trouver un optimum entre risque et coût généré Vision globale du projet REUT	Nécessité d'étudier au cas par cas, peut complexifier le projet surtout si le projet est multi-usage

En pratique, les normes qui imposent **des exigences de technologie** sont tellement strictes qu'elles nécessitent la mise en place de filtrations membranaires et d'une désinfection poussée (haute dose d'UV par exemple) pour atteindre la quasi absence de coliformes dans les eaux traitées. On peut s'interroger sur le fait de savoir si **ces normes rigoureuses sont justifiées et sont adaptées à tous les contextes.**

Le Programme des Nations Unies pour l'Environnement indique, en 2005, que, **dans certains cas, ces normes minimisent inutilement les risques sanitaires avec des coûts de traitement souvent prohibitifs**. En effet, la mise en œuvre de barrières permettrait de limiter par exemple l'exposition au risque et donc le risque lui-même. Dans le bassin méditerranéen, des normes très strictes sont également rencontrées dans certains pays, Italie, Grèce, Israël, ainsi que pour les pays du golfe Persique. Elles ne sont par contre pas accompagnées de prescriptions de traitement, une approche de validation au cas par cas avec les autorités locales étant privilégiée.

LE SYSTEME DE GESTION DES RISQUES SEMBLE ETRE LE PLUS PERTINENT POUR LA TUNISIE

Comme évoqué dans la phase 1, nous recommandons que la Tunisie se dote d'un nouvel outil réglementaire qui reposera sur :

- Une **réglementation par usage**, basée sur une analyse des risques,
- Les **normes** relatives à chaque usage (impliquant des exigences de traitement plus ou moins poussées, en fonction de l'usage),
- Les **conditions d'utilisation** différenciées par usage (conditions techniques, sanitaires/protection des usagers et consommateurs, ressources humaines, etc.),
- Les **actions de sensibilisation** en fonction des usages (éveiller les usagers aval aux risques potentiels pour une meilleure prise de conscience et une diminution des impacts)
- Des **ateliers de formation** par type d'usage,

- Des exigences pour les **études d'impact environnementales et sociales**,
- Des exigences pour le **contrôle environnemental et sanitaire**,
- Des **sanctions envisageables** qui soient dissuasives (renvoi au code des eaux),
- Des **mesures d'incitation financière et fiscale** (loi d'investissement).

Afin de répondre aux exigences présentées ci-dessus, nous proposons donc que la Tunisie base son système réglementaire sur la gestion des risques (approche 3 dans le tableau ci-dessus). Cette approche est novatrice puisqu'elle est pour l'heure peu appliquée dans les pays pratiquant la REUT.

Au regard des différentes réglementations et pratiques en REUT et dans l'état de nos connaissances, nous avons considéré que la norme[11] ISO 16075 était la plus proche de nos recommandations et pouvait servir de référentiel, même si elle ne concerne à la base que l'usage agricole. Cette norme indique des niveaux de qualité à atteindre et définit des bonnes pratiques en termes de traitement :

- **Approche à barrières multiples** : conseils sur la qualité de l'eau, le niveau de traitement, les pratiques d'irrigation et autres mesures de protection ;
- **Définition de 5 niveaux de qualité de l'eau** en fonction des risques sanitaires liés à l'accès du public, au type de cultures irriguées, aux technologies d'irrigation technologies d'irrigation...
- **Recommandations de bonnes pratiques** et mesures supplémentaires pour éviter les impacts négatifs sur les sols, les cultures les eaux souterraines et de surface.

Nous développons ci-après le socle, inspiré de la norme ISO 16075, sur lequel la nouvelle réglementation tunisienne, en matière de REUT pourrait reposer. Des propositions de révision de la norme tunisienne seront développées en Phase 3.

7.3.1 Proposition de niveaux de qualité pour la REUT en Tunisie

Nous présentons les premiers éléments basés sur la norme ISO qui seraient à appliquer au contexte tunisien. La méthode, les hypothèses, les limites et l'analyse restent à préciser.

Tableau 37 :Exigences minimales issues de la norme ISO 16075

			Exigences minimales de qualité de la norme ISO				
Catégorie	Type d'eaux usées traitées	Traitement nécessaire pour atteindre cette qualité	DBO_5 (mg/l)	MES (mg/l)	Turbidité en NTU	Coliformes thermotolérants (nombre/ 100 ml)	œufs d'helminthes nombre / Litre
A	EUT Très haute Qualité	Secondaire + Filtration sur lit de contact (MBBR) ou filtration sur membrane + Désinfection	≤10	≤10	≤5	≤100	≤1
B	EUT Haute Qualité	Secondaire + Filtration + Désinfection	≤20	≤25	-	≤1000	≤1
C	EUT Bonne Qualité	Secondaire + Désinfection	≤35	≤50	-	≤10000	≤1
D	EUT Qualité Moyenne	Secondaire ou clarification à grande vitesse avec coagulation floculation et désinfection si	≤100	≤140	-	-	≤1
E	EU après traitement extensif	Systèmes de lagunage et zones humide	≤35	-	-	-	-
Pour mémoire		Traitement proposé par l'ONAS dans les schémas directeurs	30	10			≤1
		Normes tunisiennes 106.03	30	30			≤0
		Arrêté du 26 mars 2018	30	30			≤1

[11] Une norme est une spécification technique, approuvée par un organisme reconnu de normalisation, pour application répétée ou continue dont le respect n'est pas obligatoire (Règlement UE N°1025/2012 du Parlement Européen et du Conseil du 25 octobre 2012. La norme ISO a pour avantage d'être approuvé par un les instances internationales.

Le choix de ces paramètres est basé sur les justifications suivantes :

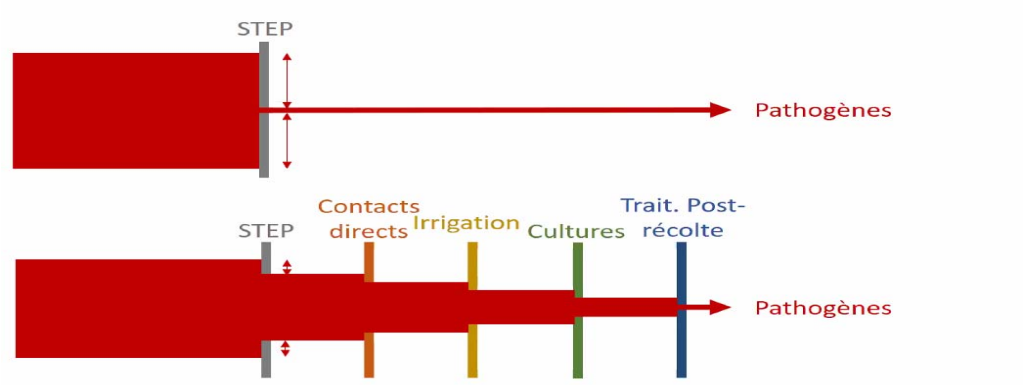
- Les paramètres doivent être indicateurs de risques : en matière de REUT, ce sont les paramètres microbiologiques qui déterminent les risques sanitaires : coliformes thermotolérants[12] (indicateur de probabilité de la présence de bactéries pathogènes) et œufs d'helminthes ;
- Les paramètres sont compatibles avec les techniques d'utilisation de l'EUT : MES (Matières En Suspension) et turbidité entraînent le colmatage des systèmes d'irrigation, la présence de DBO_5 génère la présence de biofilm dans les canalisations.

Le nombre de paramètres est restreint afin de ne pas alourdir les campagnes d'analyses qui pourraient être un frein à l'application des mesures de contrôle.

7.3.2 L'approche multi-barrières pour élargir les conditions de REUT

L'approche multi-barrières permet d'abaisser la pression sur le traitement, les objectifs de qualité d'eau au niveau de l'usage sont les résultats de plusieurs activités qui représentent chacune des barrières à des risques sanitaires.

Figure 45: Schéma de l'approche barrière pour l'usage agricole



Source : INRAE

Cette approche permet de considérer l'ensemble des processus et mesures pour réduire la probabilité de contact avec les micro-organismes qui sont potentiellement infectieux et atteindre le niveau de risque sanitaire admissible au regard de l'usage considéré.

L'approche à barrières multiples consiste ainsi à **combiner** un ensemble de mesures destinées à interrompre le **flux** de micro-organismes des eaux usées traitées vers l'utilisateur (par exemple l'agriculteur, la personne en charge de l'irrigation d'un golf ou d'espaces verts, la personne en charge de la réalimentation d'une lagune ou d'une nappe…) et le consommateur.

Les barrières sont des activités très diverses qui permettent de sécuriser l'approvisionnement de l'EUT en termes de qualité. Elles peuvent s'appliquer :

- aux contacts directs : épandage des EUT, pose de clôture, exigences en matière de la dérive de pulvérisation, protection physique et vaccinale des personnes en contact avec l'eau ;
- aux méthodes de recharge de nappe : infiltration dans des milieux de nature imperméable, comme les couches argileuses avant injection dans la nappe qui peuvent devenir des barrières très efficaces ;
- aux méthodes d'irrigation : nécessité d'utiliser des méthodes : goutte-à-goutte, aspersion, canal ouvert ;

[12] Le terme générique « coliformes thermotolérants » est privilégié à celui de « coliformes fécaux » car plusieurs coliformes fécaux ne sont pas d'origine fécale, pouvant provenir d'eaux enrichies en matière organique, tels les effluents industriels du secteur des pâtes et papiers. L'intérêt de la détection de ces coliformes, à titre d'organismes indicateurs, réside dans le fait que leur survie dans l'environnement est généralement équivalente à celle des bactéries pathogènes et que leur densité est généralement proportionnelle au degré de pollution produite par les matières fécales. Ils sont aussi de bons indicateurs de l'efficacité du traitement de l'eau.

- aux restrictions portant sur les cultures : types de produits autorisés, application de restrictions, éducation des agriculteurs et de la population ;
- au traitement post-récolte : port de vêtement de protection exigé pour les travailleurs, lavage des produits récoltés, etc.

Cela peut également concerner l'amont du système de traitement et l'accompagnement de la mise en œuvre de la REUT comme :

- La collecte des eaux usées : les droits d'accès, droits d'utilisation, par exemple bannir certaines activités à raccorder au réseau (équarrissage par exemple) ;
- La surveillance : mise en place un système de suivi des contrôles ;
- Des campagnes de sensibilisation sur le risque invisible des agents pathogènes qui doivent accompagner la promotion de ces pratiques.

Dans la norme ISO 16075, l'approche barrière est développée ; elle définit, en fonction des usages, des niveaux de qualité. Dans cette norme, il est indiqué que des eaux de moins bonne qualité sont mobilisables pour de la REUT si des mesures barrières sont ajoutées au traitement ; cela permet d'élargir la gamme des technologies.

Le tableau ci-dessous précise la liste des mesures barrières citées dans la norme ISO 16075. Cette liste, non limitative par rapport à ce qui peut être mis en place pour les différents usages, illustre ici des mesures susceptibles d'être mises en place.

Tableau 38: Liste des mesures barrières inscrites dans la norme ISO 16075

Source: norme iso 16075	Réduction d'exposition aux pathogènes en unité log	Nombre de barrières équivalentes
Irrigation goutte-à-goutte à plus de 25cm	2	1
Irrigation goutte-à-goutte à plus de 50cm	4	2
Irrigation goutte-à goutte souterraine sans remontée capillaire d'eau à la surface	6	3
Irrigation de cultures basses par arroseurs et micro-arroseurs, à plus de 25cm du jet d'eau	2	1
Irrigation d'arbres frutiers par arroseurs et micro-arroseurs, à plus de 50cm du jet d'eau	4	2
Légère désinfection	2	1
Désinfection poussée	4	2
Séparation des légumes des eaux d'irrigation (goutte-à-goutte) par une bache résistante aux UV	2 à 4	1
Inactivation naturelle ou favorisée des agents pathogènes par l'arrêt ou l'interruption de l'irrigation avant la récolte	0,5 à 2 par jour	1 à 2
Lavage des fruits et légumes à l'eau potable avant leur vente	1	1
Désinfection puis rinçages à l'eau potable des fruits et légumes avant leur vente	2	1
Pelage des fruits et légumes à racine	2	1
Immersion dans l'eau bouillante ou cuisson à haute température des produits	6 à 7	3
Restriction d'accès pendant 24h après irrigation	0,5 à 2	1
Restriction d'accès pendant 5j après irrigation	2 à 4	2
Cultures fourragères ou séchées au soleil et récoltées avant leur consommation	2 à 4	2
Irrigation de nuit, lorsque le public n'a pas accès aux parcs, terrains de sport et jardins irrigués	0,5 à 1	1
Irrigation par aspertion contrôlée, distance minimale de 70m des habitations ou lieux accessibles au public	1	1

La robustesse globale d'une filière de traitement peut être améliorée par la multiplication des barrières à un coût raisonnable.

Cette approche nous semble adaptée au contexte tunisien qui, en couplant le traitement des EUT et l'approche barrière permet d'élargir le spectre des usages possibles en Tunisie des EUT. Elle a également pour avantage de maintenir l'équilibre des nutriments dans l'eau, tout en diminuant le risque sanitaire.

7.3.3 Pour garantir la gestion maîtrisée des risques : une mise en œuvre de la réglementation par étape et l'application d'un contrôle indépendant

7.3.3.1 Principes directeurs pour l'établissement de la nouvelle réglementation

Comme indiqué précédemment, la mise en œuvre de la réglementation doit permettre de maîtriser les risques via une combinaison de pratiques.

En optant pour cette approche, la réglementation en la matière subira une évolution progressive en fonction de la maîtrise des différents usages et permettra, à terme, l'autorisation de tous les usages.

A cet effet, le cadre réglementaire à mettre en place doit être en phase avec la maîtrise de la REUT au moment de sa promulgation et de son exécution.

La réglementation devra :

- Au niveau de la qualité des EUT :
    - Définir un niveau de qualité minimum des EUT utilisées **par usage autorisé** ;
- Au niveau sanitaire :
    - Définir un nombre de barrières, exprimé sous la forme d'un objectif sanitaire (abattement en pathogènes) ;
    - Identifier les mesures de protection de la santé qui, utilisées collectivement, peuvent atteindre l'objectif sanitaire spécifié ;
- A la mise en œuvre :
    - Établir des procédures de contrôle, d'auto-surveillance, de suivi et d'évaluation du système ;
    - Définir les responsabilités institutionnelles et le périmètre d'intervention de chaque institution, les outils de contrôle et de sanctions en cas de non-respect de la réglementation.

7.3.3.2 L'importance d'un contrôle indépendant

L'évolution de la réglementation devra être confirmée par un contrôle indépendant qui validera si le système permet une gestion maîtrisée des risques pour l'usage autorisé. Si les risques sont maîtrisés, alors l'élargissement à des usages plus restrictifs sera envisagé.

Pour limiter le risque sanitaire et assurer la bonne application de la réglementation, il apparait en effet nécessaire de mettre en place un système de contrôle très complet. Tout projet utilisant des eaux usées traitées nécessite des opérations de contrôle et d'évaluation, qui doivent faire partie intégrante, de manière permanente, de l'exploitation et de la gestion.

Les méthodes de contrôle doivent être plus poussées que celles des systèmes qui rejettent les eaux usées dans les cours d'eau, en raison du critère de réutilisation qu'elles intègrent et de l'impact sanitaire potentiel qui en découle. Le programme de contrôle doit avoir pour objectif de permettre la détection précoce des problèmes. Certains aspects du contrôle visent à protéger la santé publique et l'environnement. Ces contrôles doivent ainsi intervenir pour être efficace à quatre points du système de l'utilisation de l'eau traitée :

1) sur les effluents en sortie de la station d'épuration ;
2) au niveau du stockage s'il existe ;
3) au point d'usage ;
4) sur le produit découlant de l'usage.

Un plan intégré de gestion respectant la réglementation devra inclure l'ensemble du système ainsi que la documentation de contrôle, telle que l'échantillonnage, l'analyse et la comparabilité des données.

Cette responsabilité du contrôle général doit être confiée à une seule instance gouvernementale indépendante (aujourd'hui, l'ANPE et la DHMPE effectuent des contrôles). Le droit d'avoir accès à l'information sur la qualité de l'eau et le type d'eau récupérée et traitée est un aspect important des plans globaux de contrôle et d'analyse des données.

NB : Ces aspects liés au contrôle sont également évoqués dans le chapitre 8 dédié aux questions institutionnelles.

Le type de contrôle, sa périodicité, sa mise en œuvre seront traités dans la phase 3 de cette étude.

7.3.3.3 Les dispositions pour accompagner la maîtrise et l'évolution vers l'autorisation d'autres usages

Il est recommandé de ne pas attendre la maîtrise complète des risques pour initier des projets d'expérimentation. En effet, la mise en œuvre de tels projets, dans le cadre de la recherche, est nécessaire pour améliorer la maîtrise de la REUT pour les différents usages et accélérer l'autorisation de nouveaux usages. Cela permettra de tester et valider la faisabilité des technologies de traitement et également l'approche multi-barrières en Tunisie.

L'objectif à terme est que l'ensemble des usages puissent être autorisés, autorisation qui reposerait sur une réglementation portant sur le traitement et les mesures multi-barrières, les pratiques de réutilisation et les mesures de contrôle pour réduire les risques sanitaires.

Sur la base des usages identifiés dans les chapitres précédents, nous proposons dans le tableau ci-dessous des horizons d'applicabilité de la réglementation en Tunisie. Plus les usages exposent à un risque sanitaire, plus le niveau de traitement et les mesures multi-barrières associées seront élevés et complexes et plus l'horizon de mise en application potentielle en Tunisie est éloigné.

Tableau 39 :Evolution de la réglementation en fonction de la projection possible de l'applicabilité de la REUT aux usages

Usage	Sous usage	Horizon
Agriculture	Pâturage/parcours	2040
	Arboriculture (oliviers/agrumes/autres) - gravitaire	2040
	Arboriculture (oliviers/agrumes/autres) - goutte-à-goutte	2020
	Arboriculture (oliviers/agrumes/autres) - aspersion	2040
	Pépinières et arbustes et autres cultures florales - gravitaire	2040
	Pépinières et arbustes et autres cultures florales - goutte-à-goutte	2020-2025
	Pépinières et arbustes et autres cultures florales - aspersion	2040
	Céréales - gravitaire	2040
	Céréales - aspersion	2040
	Fourrages - gravitaire	2040
	Fourrages - aspersion	2040
	Cultures industrielles (tabac …) - gravitaire	2040
	Cultures industrielles (tabac …) - goutte-à-goutte	2020
	Cultures industrielles (tabac …) - aspersion	2040
	plantes médicinales - gravitaire	2040
	plantes médicinales - goutte-à-goutte	2020-2025
	plantes médicinales - aspersion	2040
	Maraîchage - gravitaire	2040
	Maraîchage - goutte-à-goutte	2040
	Maraîchage - aspersion	2040
Tourisme	Blocs sanitaires	2020-2025
	Golfs (aspersion)	2020-2025
	Espaces verts hôteliers - goutte-à-goutte	2020-2025
	Espaces verts hôteliers - aspersion	2040
Urbain	Hydrocurage des réseaux d'assainissement	2020-2025
	Lavage des rues/véhicules	2020-2025
	Blocs sanitaires bâtiments publics	2040
	Espaces verts d'ornement (aéroport, alignement d'arbres, ronds points…) -	2020
	Espaces verts d'ornement (aéroport, alignement d'arbres, ronds points…) -	2020-2025
	Espaces verts recevant du public (parcs urbains, stades…) - goutte-à-goutte	2020-2025
	Espaces verts recevant du public (parcs urbains, stades…) - aspersion	2040
Industriel	Nettoyage de carrières	2020-2025
	Dilution des saumures provenant du dessalement	2020-2025
	Eaux de process hors IAA (Textiles…)	2020-2025
	Eaux de process hors IAA (Phosphates …)	2040
	Eau de refroidissement	2040
Environnemental	Alimentation zone humide	2020-2025
	Revégétalisation espace forestier fermé au public - goutte-à-goutte	2020-2025
	Revégétalisation espace forestier ouvert au public - aspersion	2040
	Pépinières (lutte contre la désertification) - goutte-à-goutte	2020-2025
	Pépinières (lutte contre la désertification) - aspersion	2040
AEP	AEP	2050
Recharge de nappe	Recharge de nappe sans prélèvement	2020-2025
	Recharge de nappe pour barrière anti-sel	2020-2025
	Recharge de nappe avec prélèvements agricoles mais sans prélèvements A	2020-2025
	Recharge de nappe avec utilisation AEP	2050
Autre usages indirects	Rejet dans un barrage avec utilisation AEP	2050
	Rejet dans un barrage sans utilisation AEP	2020-2025
	Rejet dans un oued puis pompage pour l'agriculture	2020
	Mélange avec eaux conventionnelles hors AEP	2020

NB : dans la colonne « Horizon » : « 2020 » signifie que cet usage est déjà existant et nous semble pertinent au regard de l'équipement de traitement actuel du pays ; « 2020-2025 » signifie que cet usage pourrait se développer dans les 5 ans à venir. On trouvera des usages mentionnés à des dates ultérieures alors que ces usages existent déjà, mais ces usages ne nous semble pas forcément pertinents au regard des de la maîtrise technologique actuelle (ex : usages agricoles en gravitaire sans désinfection).

7.3.4 Des outils réglementaires visant à dynamiser la filière REUT

La mise en œuvre d'un cadre réglementaire ambitieux devra s'accompagner **d'un système de contrôle avancé et d'excellents systèmes de mesure de la qualité de l'eau** comme vu ci-avant.

Ils permettront de s'assurer du respect de la réglementation et seront garants de l'absence de dangers pour la santé humaine pour gagner la confiance des consommateurs et faire évoluer la perception du public.

Au-delà de ces aspects, nous proposons que soient également définis des instruments juridiques pour inciter et faire adhérer les usagers à la REUT, chaque fois que cela est approprié et rentable, et ceci pour :

- optimiser les ressources en eau existantes,
- harmoniser les règles pour soutenir le marché intérieur des produits irrigués par l'EUT,
- faire que toute décision de ne pas pratiquer la REUT soit dûment justifiée sur la base de critères définis, et réexaminée régulièrement.
- motiver des programmes d'incitations économiques pour moderniser les STEP en intégrant la promotion des avantages de la REUT

Pour ce faire, un dispositif réglementaire associant obligation et incitation pourrait être conçu et mis en place. Le caractère obligatoire de la REUT pourrait se baser sur les dispositions les plus pertinentes du code des eaux.

En effet, le projet du code des eaux prévoit déjà la REUT comme un des piliers de l'économie de l'eau et de la promotion des ressources hydrauliques, il cite notamment :

- La REUT pour des fins de production et des services, ce qui engloberait :
  - Les usages agricoles,
  - Le reboisement dans le cadre de la lutte contre la désertification,
  - Le transport (les aéroports et les stations de transport terrestre peuvent utiliser les eaux grises),
  - L'octroi des terres domaniales (cet octroi pourrait être conditionné par la REUT, quand ces eaux sont accessibles),
- La REUT dans l'entreprise et l'unité industrielle, ce qui engloberait, en plus du secteur industriel, explicitement cité, tous les secteurs économiques comme le tourisme, divertissement (terrains de golf) et autres.

Rappelons que cette obligation a été, à maintes reprises, préconisée, à juste titre, par les participants des ateliers régionaux, que ce soit au niveau central ou au niveau des CRDA.

Seulement, il est recommandé de convertir ces usages potentiels en obligation pour tous les autres secteurs d'activité économique et en lien avec l'environnement, quand cela est techniquement possible[13]et accessible[14]. Pour ce faire le projet du code des eaux devrait être révisé pour instituer des cas où la REUT devient obligée ou fortement incitée et non pas seulement un possible usage.

En matière d'incitations, il est recommandé de créer une corrélation entre les dispositions obligatoires et les mesures incitatives prévues par la loi investissement[15], et ce en interdisant aux exploitants des secteurs économiques et des services, confondus, de bénéficier des primes et avantages financiers s'ils ne présentent pas les cahiers des charges de REUT.

Cela permettrait de créer un système juridique équilibré permettant aux plus réticents / récalcitrants à l'obligation de REUT, d'adhérer au système par le biais des incitations garanties par la loi investissement.

[13] Une qualité des EUT conforme à la réglementation

[14] Proximité géographique des EUT

[15] Loi n° 2016-71 du 30 septembre 2016, portant loi de l'investissement, Articles 19 §4 et 29

8. PROPOSITIONS CONCERNANT LES ASPECTS INSTITUTIONNELS

Les propositions faites ci-dessous ont été formulées sur les bases suivantes :

- Travail bibliographique, et éléments du rapport de diagnostic de la présente étude. La note institutionnelle produite en 2020, dans le cadre de la *mission d'aide technique aux opérations de réutilisation des EUT en Tunisie (Projets de Zaouïet Sousse et Mahdia Dkhila)* fait partie des documents importants lus pour réaliser les propositions (DGGREE et ONAS, 2020) ;
- Résultats des ateliers régionaux (février, mars et avril 2021) et de l'atelier national (30 juin 2021) ;
- Benchmark et entretiens avec 3 acteurs de la REUT : en Belgique (production d'eau potable), Espagne (recherche - irrigation) et Israël (recherche - valorisation tous usages). Les comptes rendus d'entretien sont présentés en annexe 3.

8.1 CONSIDERATIONS GENERALES

8.1.1 La réorganisation globale du mode de gouvernance en Tunisie est à prendre en compte dans la formulation des recommandations.

La nouvelle constitution tunisienne, élaborée en 2014, prévoit la décentralisation et la réorganisation de l'administration tunisienne (adoption du Code des Collectivités locales (CCL) en avril 2018).

La Tunisie vit donc en ce moment dans une **période clé de transition entre un état fortement centralisé, et une organisation plus décentralisée**, où le principe de subsidiarité s'appliquera plus, notamment pour la planification et les prises de décision. Le processus est en cours et le système n'est pas encore stabilisé. Certains vides existent, qui ne sont pas spécifiques au secteur de la REUT.

Concernant la REUT, la multiplicité des acteurs impliqués conduit à une forme de **concurrence interinstitutionnelle** et des difficultés pour l'harmonisation des décisions, par exemple entre le développement des infrastructures de traitement et les projets potentiels de réutilisation. On note un **manque de répartition claire des responsabilités** et un **manque de coordination** entre les institutions.

La démarche de concertation développée dans la présente étude porte en germe des processus plus décentralisés et une responsabilisation plus forte des échelons locaux. La participation active des acteurs lors des ateliers régionaux (février à avril 2021) illustre les attentes importantes sur ce point.

Nous proposons donc que ce processus s'amplifie et tende à terme vers une **gestion plus territoriale de la REUT**.

En pratique, ce processus se fera en parallèle du développement d'un échelon plus régional de la mise en œuvre de la politique de l'eau. Il n'existe en effet pas véritablement un tel échelon à ce jour. On pourrait imaginer à terme, par exemple, la **création d'un service de développement territorial de l'eau** à une échelle locale. Il est pour cela nécessaire qu'il y ait, à un niveau local, des techniciens compétents pour animer l'approche territoriale de la REUT. Il est aussi nécessaire d'avoir un **renforcement des capacités des preneurs de décision**, afin qu'ils puissent prendre pleinement leur rôle pour la définition de la stratégie territoriale en matière de gestion de l'eau.

8.1.2 Le projet de code des eaux prévoit un certain nombre de dispositions relatives à la REUT

Actuellement, un projet du code des eaux est proposé à l'ARP (Assemblée des Représentants du Peuple). Le projet du code des eaux prévoit un certain nombre de dispositions relatives à la REUT comme cela est détaillé dans le chapitre 7 consacré aux aspects réglementaires.

La REUT, pour tous les secteurs, y compris la recharge de la nappe et le déversement dans le milieu récepteur, sera, selon les dispositions du projet du code des eaux, soumise à la signature et au respect des conditions d'un cahier des charges approuvé par le ministre, après avis des ministres concernés, précisément ; de la santé, de l'environnement et de l'équipement.

Le cahier des charges relatif à la REUT sera conditionné par le respect et la conformité des différentes réutilisations à des normes prises par un arrêté conjoint des ministres concernés (eaux, santé et environnement) disposant, selon les modes de REUT, les mesures préventives sanitaires et environnementales à respecter.

8.1.3 Une approche « ressources » est à favoriser, à la place de l'approche « usages » actuelle

La Tunisie affiche des objectifs ambitieux de réutilisation de 100% de ses EUT. Le problème a été souvent formulé par la question « *Pour une station d'épuration donnée, quels sont les usages qui peuvent être développés pour réutiliser toutes les eaux produites par cette STEP ?* »

La vision actuelle du développement de la REUT est ainsi une vision visant à développer de nouveaux usages de l'eau. **Etant donné le fort déficit hydrique en Tunisie, il semble important de dépasser cette vision, pour développer une vision territoriale basée sur les ressources et leur lien avec la vie des territoires.**

Les eaux usées traitées doivent être prises en compte dans l'ensemble des ressources en eau du territoire, et qui vont aider à combler les déficits existants. Dans nos recommandations techniques, l'accent est ainsi mis sur la substitution par des EUT, quand cela est possible et pertinent, des ressources en eau dans les périmètres irrigués existants. Cette **substitution doit permettre de soulager la pression exercée sur les ressources en eau utilisées aujourd'hui** (particulièrement les nappes). Cette approche a été privilégiée en Israël, où la politique nationale de l'eau de 2000 encourage l'utilisation des EUT **à la place des eaux conventionnelles (substitution)**, dans le secteur agricole.

Il nous semble ainsi fondamental que les ressources « conventionnelles » et « non-conventionnelles » soient appréhendées de manière intégrée et que leurs usages possibles soient réfléchis en lien avec la réalité des territoires. C'est l'approche que nous avons développée pour la démarche prospective à l'échelle des six grandes zones définies.

Il nous semble primordial que ce type d'approche intégrée soit poursuivie à l'avenir.

8.1.4 Pérennité et opérationnalité de la commission nationale (CNREUT) et des commissions régionales (CRREUT) sont nécessaires

Si tout le monde reconnait l'importance de la commission nationale et des commissions régionales pour la REUT, on note cependant un certain nombre de problématiques, qui freinent leur bon fonctionnement.

La CNREUT n'est pas organisée dans un lieu reconnu, avec des procédures claires de travail, un budget alloué, des ressources humaines, etc. Afin qu'elle devienne pleinement opérationnelle, nous formulons les recommandations suivantes :

- Mise en place d'un Secrétariat Permanent, qui aurait les compétences pour :
- Faire évoluer le statut de la CNREUT de celui de commission ad hoc réunissant des responsables venant d'horizons divers et ne possédant aucune attache institutionnelle et aucune continuité dans ses travaux à celui de structure pérenne possédant un ancrage institutionnel défini, un personnel propre, des moyens financiers et matériels offrant un cadre institutionnel propice à la continuité de ses travaux et à un suivi concret de la mise en œuvre de ses décisions,
- Piloter la mise en œuvre de la stratégie nationale,
- Consolider et suivre la mise en œuvre des plans régionaux,
- Prendre en charge le système d'information.

Les objectifs du Secrétariat Permanent, ses fonctions et activités pourront être détaillés dans la phase 3 de l'étude.

- Mise en place de la CNREUT sous la tutelle du **Conseil National de l'Eau**. En effet le CNE est notamment chargé de :

- Définir les principes généraux de mobilisation de la ressource en eau,
- Emettre un avis sur les stratégies élaborées,
- Encourager le développement des ressources non- conventionnelles.

Cela dit, il faut garder en tête que le CNE est placé sous la tutelle du Ministère de l'Agriculture et gagnerait à être placé sous la tutelle de la Présidence du Gouvernement pour renforcer sa crédibilité et éviter les retombées négatives de la concurrence interinstitutionnelle.

Les CRREUT ne sont pour l'instant que très rarement organisées, et, lorsqu'elles existent, c'est à l'échelle du gouvernorat. Pour les CRREUT, nous pouvons formuler les recommandations suivantes :

- Afin de ne pas dissocier les problématiques partagées entre différents gouvernorats, et pour faciliter la mise en œuvre des CRREUT, il semble pertinent de mettre en place les CRREUT à l'échelle de plusieurs gouvernorats (par exemple à l'échelle des « districts » imaginés dans le cadre de la décentralisation en Tunisie[16] ou à l'échelle des 6 zones qui ont été définies pour la présente étude).
- L'animation de la REUT doit être l'une des fonctions premières des CRREUT et il est important que des animateurs formés fassent parti des CRREUT.

8.1.5 La sensibilisation doit être renforcée

Le renforcement de la sensibilisation est un aspect essentiel pour la promotion de la REUT. La sensibilisation concerne notamment les points suivants :

- La promotion de la REUT, particulièrement dans les zones présentant encore de la réticence vis-à-vis de la REUT, et pour élargir les usages ;
- La mise en place des mesures barrières, pour élargir les possibilités de réutilisation, en limitant les risques.

La sensibilisation pourrait faire plus largement intervenir les syndicats (notamment les syndicats agricoles, des hôteliers, des industriels) qui peuvent être de bons relais.

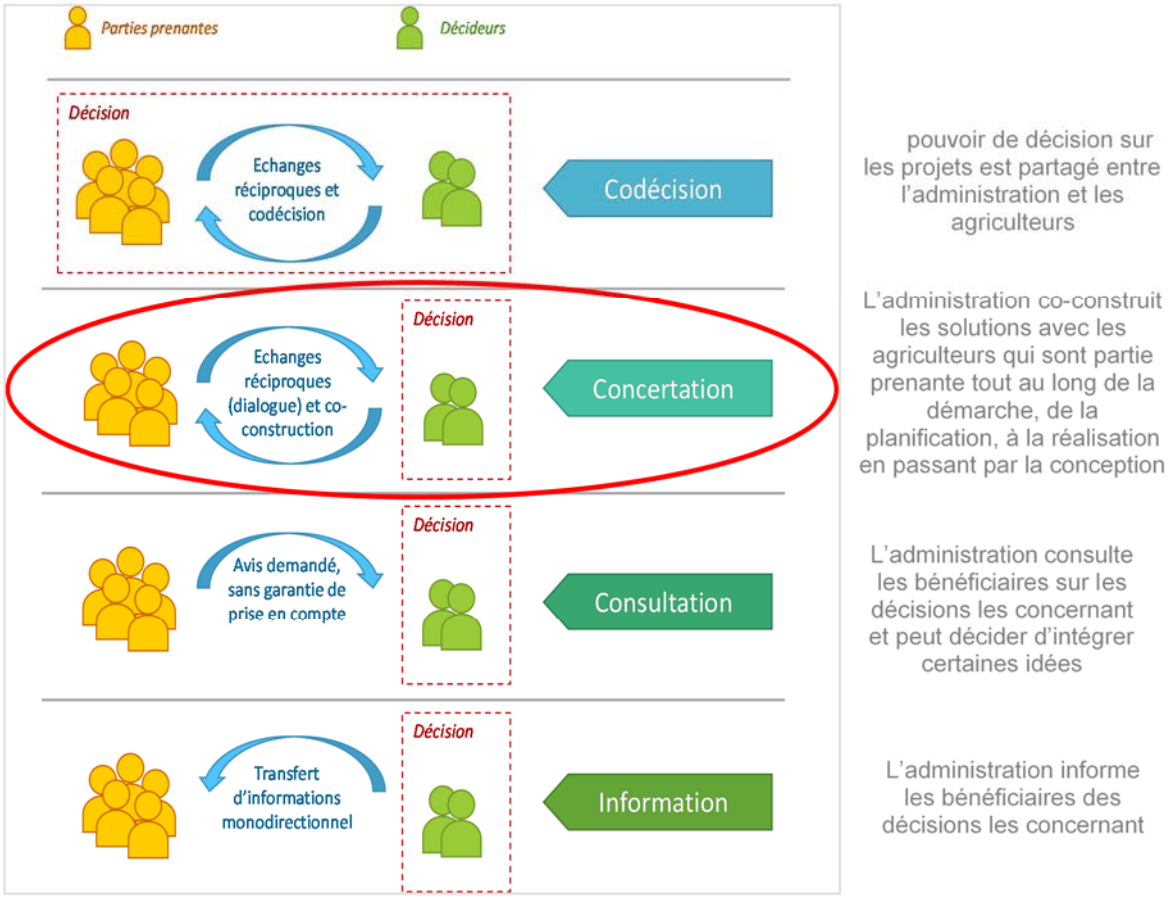
[16] Dans le cadre de la décentralisation, il est prévu de créer des districts qui constituent le regroupement de plusieurs gouvernorats partageant des caractéristiques territoriales et socio-économiques. Selon l'ITES, la Tunisie devrait comporter 5 districts : Majerda, Carthage, Cap Bon - Sahel, Grand Centre, Oasis et Ksour. Ce découpage est relativement similaire au découpage retenu dans la présente étude. La principale différence est pour le district « Grand Centre » que nous avons considéré en 2 zone dans l'étude : Centre et Sahel/Sfax.

8.2 RECOMMANDATIONS POUR LES DIFFERENTES ETAPES DE LA FILIERE

De façon générale, les recommandations que nous formulons ici insistent sur les points suivants :

- Renforcement de la CNREUT et des CRREUT pour l'élaboration et le suivi de la mise en œuvre de la stratégie REUT ;
- Réflexion sur le portage de la filière et sur la possibilité de placer la filière REUT sous un organisme responsable de la Planification et/ou Gestion Intégrée des Ressources en Eau, toutes ressources confondues ;
- Décentralisation du processus d'émergence des projets, de l'instruction et de l'autorisation du projet. La décentralisation doit permettre de passer de la simple information ou consultation des acteurs locaux à la co-construction des projets (voir schéma ci-dessous).

Figure 46 :Les différents niveaux d'engagement selon le type de processus participatif



- Possibilité de mettre en place des sociétés ad-hoc pour la gestion des projets importants, qui pourraient assurer le traitement tertiaire, le transport et la distribution des EUT ;
- Implication plus forte de l'ONAS, notamment dans l'émergence des projets, pour synchroniser les réflexions sur la construction/réhabilitation des STEP avec les réflexions sur les usages possibles de la ressource que constituent les EUT ;
- Simplification des procédures de contrôle et de surveillance de la qualité de l'eau ;
- Mise en place d'un système d'information transparent et partagé.

Nous présentons ci-après des premières propositions d'orientation pour les différentes étapes.

8.2.1 Réflexion stratégique : le plan directeur national doit être décliné à une échelle inférieure

La réflexion stratégique est conduite en ce moment au niveau national (avec le plan national REUT). Elle est portée par la DGGREE et implique les autres ministères (particulièrement MALE, MSP) et les acteurs locaux (usagers, ONAS, gouvernorats, etc.).

Dans le cadre du processus de **décentralisation** en cours en Tunisie, il serait souhaitable que cette approche soit systématiquement déclinée à une échelle inférieure. A cet effet, la circulaire n°41 du 06/03/2018 mentionne « *l'élaboration et la mise en œuvre d'un plan d'action spécifique à chaque gouvernorat pour la promotion et l'utilisation des eaux traitées dans les divers secteurs et à court terme* ». Cette circulaire est importante et favorise l'élaboration de plans locaux. En revanche, **l'élaboration d'un plan par gouvernorat ne semble pas forcément opportune**. **La possibilité de faire moins de plans, en regroupant les gouvernorats pour lesquels les problématiques sont similaires devrait selon nous être envisagée**. Les plans régionaux, dont l'élaboration pourrait être supervisée par les CRREUT pourraient ainsi être réalisés à l'échelle des futurs districts ou à l 'échelle des 6 zones qui ont été définies pour la présente étude, et regrouper de ce fait des problématiques partagées entre plusieurs gouvernorats.

Ainsi, la stratégie nationale REUT pourrait constituer une synthèse/vision d'ensemble qui reprendrait en les harmonisant les stratégies régionales et la CNREUT veillerait à la mise en œuvre globale de cette stratégie, via le vote d'un budget qui serait ensuite alloué aux niveaux régional puis local.

8.2.2 Portage de la filière : la structure porteuse doit avoir les compétences, les moyens humains et matériels pour gérer l'ensemble des problématiques du secteur

Actuellement, de multiples structures sont concernées par le secteur des EUT et les attributions concernant la REUT ne sont pas toujours explicites. Il y a certes au sein de la DGGREE une structure spécialisée dans la REUT, mais cette structure manque de moyens et de stratégie. Par ailleurs, la DGGREE n'est pas la seule structure concernée par la REUT et il n'existe pas de mécanisme clair de coordination entre les différentes structures impliquées (que ce soit au sein du MARHP mais aussi avec le MSP et le MALE). Il n'existe pas non plus de base de données commune aux différentes structures/ministères qui permettrait un partage clair et transparent des informations.

Concernant le pilotage stratégique de la REUT en Tunisie, voilà quelques propositions d'orientations :

- La structure porteuse doit avoir les moyens humains et matériels pour gérer la REUT. Elle doit avoir une vision stratégique sur l'ensemble de la ressource en eau et des usages et doit pouvoir assurer la coordination avec les autres structures ;
- La structure porteuse doit pouvoir centraliser les données concernant toutes les REUT et disposer d'une vision d'ensemble du sujet à l'échelle du pays ;
- La structure porteuse doit pouvoir fournir un appui technique aux usagers ;
- Il est nécessaire de **définir clairement les responsabilités des différentes structures** ayant un rôle dans la REUT et les mécanismes de coordination entre ces structures, pour éviter la dilution des responsabilités et favoriser une approche efficace.

Pendant la phase 1 de l'étude, plusieurs options ont été envisagées pour le pilotage de la REUT en Tunisie. Le tableau ci-dessous rappelle les options qui avaient été proposées.

Tableau 40 :Options envisageables pour le pilotage de la REUT en Tunisie

Option	Pilote de la REUT	Avantages	Inconvénients
(a)	DGGREE *Représentant de l'usage principal, l'irrigation* (il s'agit du cadre institutionnel actuel)	➢ Le développement des infrastructures est généré par une approche par la demande : acteur intrinsèquement motivé car représentant institutionnel bénéficiaire direct	➢ Difficulté d'avoir une approche intégrée inter ressources (allocation), inter-fonctions (coordination), inter usages (planification et coordination) ➢ Un effort particulier sera nécessaire pour avoir une approche intégrée multi-usages et risque sur l'impartialité pour le traitement des enjeux des autres usages
(b)	ONAS *Organisme public responsable de l'assainissement*	➢ Cohérence de service : intégration de toute la chaine de production / traitement des EUT ; ➢ Expérience des années 2000 ; ➢ Institution puissante	➢ Nécessité de faire évoluer le statut de l'ONAS pour que cela soit clairement inscrit dans ses missions et objectifs ➢ Fonctionnement actuel de l'institution en autarcie : manque de transparence, capacités limitées de coopération avec les autres acteurs ➢ Risque de déséquilibre des pouvoirs par rapport aux organismes qui sont censés contrôler l'ONAS
(c)	Organisme responsable de la Planification et/ou Gestion Intégrée des Ressources en Eau, toutes ressources confondues (conventionnelles et non conventionnelles). Cet organisme pourrait être placé sous la tutelle de la Présidence du Gouvernement pour limiter la concurrence inter-ministérielle. *(cette fonction est pour l'instant répartie entre le BPEH, la DGGREE, la DGBGTH et la DGRE)*	➢ Développement de la REUT orienté par une approche par l'offre, avec une vision intégrée des ressources en eau ➢ Moins de risques de conflits d'intérêt et évaluation des enjeux de chaque usage potentiel plus impartiale, augmentation de la confiance des usagers	➢ La politique de GIRE est naissante en Tunisie, avec une dissociation du portage politique (BPEH) et technique (DGBGTH, DGRE, DGGREE), et séparation des ressources par type (DGBGTH : grands barrages, DGGREE : REUT et barrages collinaires, DGACTA : retenues collinaires, DGRE : eaux souterraines.

8.2.3 Emergence des projets : le rôle essentiel de l'animation territoriale

Actuellement, l'émergence des projets concerne très majoritairement les périmètres irrigués. Ce sont généralement les CRDA qui font remonter les besoins auprès du MARHP/DGGREE. La définition des projets est donc réalisée au niveau national, après consultation des CRDA et de l'ONAS.

Lors de l'atelier national, qui s'est tenu le 30 juin 2021, plusieurs avis ont été émis sur cette question :

- **L'organisation actuelle a été approuvée**. Lors des travaux de groupes, le groupe 2 constitué pour réfléchir à ces questions était constitué de plusieurs CRDA, et ces derniers ont souligné l'importance des CRDA dans la valorisation des EUT. Ce groupe 2 a rajouté que l'échelle locale devrait être plus écoutée et qu'il était important d'impliquer de nouvelles structures comme les associations d'usagers. Il a par ailleurs été proposé que les CRDA aient un rôle plus important dans la valorisation des EUT, par exemple en chef de file de la REUT à l'échelle locale et qu'une réorganisation de l'existant est à favoriser plutôt que de créer de nouvelles structures.
- Durant les discussions, en plénière, des avis un peu différent ont été émis.

- Il a été souligné que le **CRDA n'a pas le mandat pour exercer une pression sur l'ONAS**, notamment en cas de problème de qualité.
- Il a été souligné aussi que le **CRDA ne représente pas tous les usagers** et qu'il faudrait plutôt avoir une structure indépendante, qui puisse représenter l'ensemble des usagers.

Concernant les golfs et les industries, la situation est différente puisque ce sont les industriels et les golfs eux-mêmes qui portent les projets de REUT.

Dans le cadre de la **décentralisation** et du **portage local des stratégies de développement territorial**, nous proposons que les projets émergent des communes, des GDA, de l'ONAS ou des usagers, grâce à l'appui d'un animateur, qui faciliterait le travail de la commission régionale REUT et soutiendrait l'émergence des projets de REUT. Cette organisation proposée ressemble à ce qui est pratiqué en Espagne où ce sont les usagers qui demandent à réutiliser des EUT. Ils font la demande à la confédération hydrographique qui examine le projet, les besoins en eau, la qualité requise, et les impacts potentiels sur l'environnement.

Par ailleurs, pour faciliter la promotion de la REUT à l'échelle locale, il est important de **diversifier les attributions des CRDA** qui sont aujourd'hui essentiellement techniques. On peut penser particulièrement à la prise en compte des aspects socio-économiques, à la vulgarisation et sensibilisation à la REUT, à l'aide pour la recherche de financement, au conseil agronomique, etc. Pour cela, il sera nécessaire de former des techniciens à ces problématiques. Tout comme au niveau national, il n'existe pas de mécanisme de coordination entre les différentes structures impliquées dans la REUT au niveau local, ni de mécanisme de partage de l'information et il sera nécessaire de mettre en place des procédures claires.

La réalisation des études de faisabilité/des études d'impacts (pour les périmètres irrigués), est actuellement sous la responsabilité des CRDA. Pour les autres usages, de telles études ne sont pas systématiquement réalisées. Pour les différents usages, il est proposé de créer une équipe de projet, rassemblant les usagers/leurs représentant, les directeurs des STEP, et les communes pour **passer de la simple consultation à la co-construction** des études de faisabilité. Un appui technique des universités et des directions générales est recommandé (DGGREE pour l'irrigation, DGRE pour la recharge de nappes, etc.).

8.2.4 Autorisation des projets : le rôle du gouvernorat à renforcer

Suivant le décret 89-1047, la REUT est soumise à autorisation. Cette autorisation est délivrée par le MARHP/DGGREE qui examine et autorise le projet, après consultation des acteurs locaux, accord du MSP et avis de l'ANPE. A plusieurs reprises, il a été dit que cette procédure est compliquée et ralentit la mise en œuvre de projets. Il est donc nécessaire de simplifier la procédure, et de raccourcir le temps d'autorisation des projets.

Un point clé de la **décentralisation** et de l'application du **principe de subsidiarité** concerne l'autorisation des projets au niveau local. Ce point a été validé lors de l'atelier national où, durant les travaux de groupes, il a été proposé que les projets soient autorisés à l'échelle du gouvernorat, plutôt qu'à l'échelle nationale.

Il n'existe pas, pour l'heure, de réelle décentralisation de la gestion de l'eau en Tunisie mais il semble pertinent de remettre le pouvoir d'autorisation des projets au gouverneur (du gouvernorat dans lequel se situe le projet). Le Gouverneur suivrait les recommandations de la CRREUT[17] et serait garant de la cohérence territoriale.

Cette nouvelle organisation permettrait au niveau local d'être pleinement acteur de la REUT via :

- L'élaboration des plans régionaux,
- La gestion de budget,
- L'animation de la démarche REUT à l'échelle locale et la délibération sur les projets à mettre en œuvre.

[17] Pour rappel, on propose que la CRREUT regroupe plusieurs gouvernorats (par exemple à l'échelle des districts).

Cela constitue un pas très important dans l'application du principe de subsidiarité. Lorsque le processus de décentralisation en Tunisie sera finalisé et que la CRREUT sera pleinement opérationnel, il sera possible de réfléchir à d'autres modalités pour l'autorisation des projets.

Pour les projets à portée nationale/inter-gouvernorats, l'implication de plusieurs commissions régionales et de la commission nationale est possible.

8.2.5 Mise en œuvre et vie des projets : il est important d'engager tous les acteurs concernés par le projet

Ce point a été particulièrement discuté lors de l'atelier national et on peut retenir les propositions suivantes.

PROPOSITION D'UN NOUVEAU CADRE POUR LES PROJETS IMPORTANTS

Nous ne proposons pas de définition précise de la notion de « projet important ». On pourrait définir ces projets comme des projets mobilisant plusieurs millions ou dizaines de millions de m^3 d'eau, qui peuvent nécessiter des transferts ou des stockages importants et qui vont concerner plusieurs dizaines ou centaines d'usagers. Ces projets ne peuvent pas être gérés selon nous comme les projets de REUT le sont actuellement, c'est-à-dire par les CRDA et les GDA uniquement Pour faciliter la mise en œuvre de ces projets, il est proposé de créer des sociétés ad-hoc, qui auraient les missions suivantes[18] :

- Assurer le traitement poussé des EUT (si nécessaire) et garantir la qualité de l'eau desservie,
- Assurer le transfert des EUT si nécessaire (gestion et maintenance du réseau),
- Assurer la distribution des EUT (gestion et maintenance du réseau) et garantir les quantités d'eau desservies,
- Assurer la construction et la mise en service de l'ensemble des infrastructures (maîtrise d'œuvre).

En plus des points présentés ci-dessus, on pourrait imaginer dans certains cas, que la société ad-hoc soit aussi en charge du traitement dès l'aval de la collecte des eaux usées brutes. Cela permettrait de garantir la bonne coordination entre le traitement secondaire, tertiaire et la réutilisation. Ce point a été souligné lors de l'entretien avec le producteur d'eau potable, en Belgique (voir le compte-rendu d'entretien en annexe 3).

Ce modèle proposé est de nature proche à ce qui existe avec une société comme la SECADENORD dont on rappelle ci-après les principales caractéristiques. *« La Société d'Exploitation du Canal et Adductions des Eaux du Nord est un établissement public à caractère industriel et commercial, doté de la personnalité civile et de l'autonomie financière. Elle est placée sous la tutelle du Ministère de l'Agriculture. La SECADENORD a pour objet d'assurer le fonctionnement, la gestion, l'exploitation, l'entretien et la maintenance du canal et des conduites d'adduction servant pour le transport des eaux des barrages de Sidi Salem, de l'Ichkeul et de l'Extrême Nord vers les lieux de leur utilisation, desservie par les ouvrages mis à sa disposition et toutes les missions entrant dans le cadre de son activité et tendant à permettre la meilleure utilisation des eaux du Nord. Elle procède à la répartition et à la vente des eaux aux différents organismes chargés de leur distribution aux utilisateurs. »* (SECADENORD, 2020).

En se basant sur quelques exemples connus tels la SECADENORD en Tunisie ou les SAR en France (Sociétés d'Aménagement Régional – SCP, BRL, CACG, SOMIVAC, etc. dans leur format d'origine des années 1950), on peut envisager un profil par une série de questions et d'options.

- **Statut juridique** : s'agit-il de sociétés publiques, privées ou de SEM (société d'économie mixte) ? Statut national, régional ? Personnalité juridique ?
- **Formation du capital** : Public (Etat, collectivités locales), privé, mixte, ouvert en option ou en obligation aux bénéficiaires (utilisateurs de la REUT) ?

[18] Cette proposition fait suite aux discussions tenues lors de l'atelier national tenu en juin 2021. Par ailleurs, cette proposition n'est pas complètement nouvelle, puisqu'elle était déjà faite dans l'étude de faisablité du transfert des EUT des stations d'épuration du Grand Tunis, pour gérer les transferts inter-régionaux des EUT en Tunisie.

- **Gouvernance, tutelle** : Le ministère en charge de la REUT ? Double tutelle avec les finances ? Relations avec les représentations régionales et locales de l'Etat, etc.
- **Investissements et fonctionnement** : Contributions en capital, contributions publiques en investissements en subventions, avances et prêts, rémunération de la société, remboursement des emprunts publics et privés, etc. Conditions de l'équilibre financier dans le cycle de projet.
- **Régime de concession** : Est-ce l'option retenue ?
- **Définition des modalités et mécanismes financiers** : Autonomie financière (en particulier faculté de lever des emprunts et de se rémunérer sur ses services) ?
- **Délimitation précise d'un territoire concédé** : cartographies officielles
- **Missions** : Quelles affectations et quelles assignations à des tiers ?
    - Planification ?
    - Conception technique et socio-économique ?
    - Evaluations environnementales ?
    - Promotion et accompagnement auprès des utilisateurs ?
    - Maîtrise d'œuvre et supervision de travaux ?
    - Exploitation technique et commerciale ?
    - Entretien courant et grosses réparations ?
- **Organes de contrôle** : technique, financier, socio-économique, environnemental

POUR LES AUTRES PROJETS : MISE EN PLACE D'UNE EQUIPE PROJET

Pour les projets agricoles, la gestion des projets implique actuellement essentiellement les CRDA et les GDA :

- Les GDA collectent les redevances EUT, ils prennent en charge le fonctionnement de la station de pompage et l'exploitation des périmètres irrigués ;
- Les CRDA accompagnent les GDA, font le suivi du projet, prennent en charge la maintenance des stations de pompages et des réseaux d'irrigation.

Pour les autres usages, ce sont essentiellement les usagers qui sont impliqués dans la gestion du projet. Par exemple, pour les golfs, ce sont les exploitants du golf qui gèrent toute la filière, depuis la sortie de la STEP.

Tout comme pour l'émergence des projets, il est conseillé d'avoir une équipe projet en charge de la gestion du projet. Il est important que les différents acteurs concernés fassent partie de cette équipe (au minimum l'usager et l'ONAS). On peut imaginer la signature d'un contrat entre les différents acteurs du projet afin d'assurer leur engagement commun. Cela ne veut pas dire cependant que leur rôle sera le même pour tous les projets. En effet, il est conseillé d'avoir une approche différente entre les projets et de faire du cas par cas.

Prenons l'exemple du traitement ; il peut être réalisé par différents acteurs :

- Pour les usages où la qualité de l'eau requise est « moyenne » à « haute » (catégories E à B), c'est l'ONAS qui pourrait rester en charge du traitement. Cela s'applique particulièrement à l'irrigation goutte à goutte, pour l'arboriculture.
- Pour les usages où une très haute qualité de l'eau est requise (catégorie A), on peut envisager différents cas :

- C'est l'ONAS qui met en place un traitement avancé,
- C'est l'usager qui prend en charge le traitement (par exemple lorsqu'il s'agit d'une industrie),
- C'est une société privée qui prend en charge le traitement, au service de l'usager.

Un appui technique des universités et des directions générales est recommandé (DGGREE pour l'irrigation, DGRE pour la recharge de nappes, SONEDE pour les projets AEP, etc.).

La question du leadership pour diriger ces équipes projet devra être clairement précisée dans la suite des réflexions.

8.2.6 Contrôle : des autocontrôles à favoriser

Il existe aujourd'hui plusieurs acteurs responsables d'une partie du contrôle de la qualité des eaux/produits. L'ONAS doit assurer l'autocontrôle régulier de la qualité de l'eau en entrée et en sortie de station alors que l'ANPE et la DHMPE réalisent des contrôles inopinés. Les CRDA doivent aussi contrôler la qualité de l'eau mais leur budget ne permet pas toujours des contrôles réguliers, et les données ne sont pas toujours bien exploitées (par manque de compétence dans le traitement des données de qualités de l'eau). Par ailleurs, il est important de souligner l'existence depuis 2019 de la loi sur la sécurité sanitaire des produits alimentaires et aliments pour animaux sous le N°25/2019 du 26 Février 2019, portant aussi sur la création de l'Instance Nationale de la Sécurité Sanitaire des Produits Alimentaires (INSSPA). L'INSSPA est un organisme sous la tutelle du Ministère de la Santé et qui selon son article 43 sera chargée du contrôle officiel indépendant entre autres des eaux usées traitées et réutilisées à des fins agricoles.

Plusieurs problèmes sont régulièrement soulignés, et concernent le manque de coordination entre ces acteurs, le manque d'efficacité des procédures de contrôle, le manque de compétences parfois. Il semble donc essentiel de simplifier au maximum les procédures et de partager les résultats des contrôles à tous les niveaux concernés de la chaîne d'intervention dans la REUT.

On propose plusieurs pistes de réflexion :

- Il est nécessaire de prévoir un plan de sécurité sanitaire au niveau national, cela est particulièrement pertinent si l'irrigation des cultures maraîchère est autorisée. Ce point a été souligné par l'ANCSEP lors de l'atelier national. En compléments, il a été rappelé l'importance d'avoir un cahier des charges clair pour les différents usages[19] ;
- L'autocontrôle doit être systématisé et devenir la norme. A l'inverse, les contrôles de conformité inopinés doivent être rares pour vérifier les données de l'autocontrôle. Dans les faits, cela veut dire que l'ONAS doit être responsable de l'échantillonnage de l'eau brute et de l'eau en sortie de station et les usagers responsables des échantillonnages après les traitements additionnels. Un laboratoire agréé doit être sollicité pour la collecte et l'analyse des échantillons, pour garantir la fiabilité des résultats ;
- La réalisation des échantillonnages peut aussi être déléguée à des sociétés privées mais toujours avec la réalisation des analyses par des laboratoires agréés[20] ;
- Les contrôles inopinés doivent eux-aussi être réalisés par un organisme unique et les analyses réalisées par un laboratoire agréé.

Ces propositions suivent les recommandations des différents experts interrogés dans le cadre du benchmark. Particulièrement, dans le cas de la réutilisation pour faire de l'eau potable en Belgique, les points sur le contrôle et la confiance entre le producteur d'eau potable, les autorités et la population ont été cités comme étant cruciaux.

Concernant les mesures coercitives, il y a en ce moment un projet de mise en place d'une police de l'eau fonctionnelle, pour la protection de l'environnement. Le projet est en cours et, *a priori*, le corps de la police de l'eau sera constitué de techniciens des ministères en charge de l'agriculture et de l'environnement qui auront le pouvoir d'intervenir dans le domaine qu'ils représentent. Ainsi, concernant la REUT, le système sera assez complexe puisque tous les acteurs réalisant des contrôles, seront en mesures d'imposer des mesures contraignantes.

[19] Comme souligné dans le chapitre dédié aux questions réglementaires, la signature d'un cahier des charges est prévue dans le projet de code des eaux, pour les zones industrielles et touristiques, ainsi que pour la recharge de nappe et pour les rejets dans le milieu récepteur. Le code de l'eau prévoit aussi que la REUT agricole soit autorisée, conformément aux conditions prévues par un cahier des charges.

[20] A cet effet, on peut rappeler les recommandations du rapport de phase 1 : Concernant la certification et l'accréditation des laboratoires, une démarche devrait être engagée pour accompagner la structuration de la filière d'analyse des eaux usées traitées, de manière à ce que les analyses soient réalisées par des laboratoires qui ont obtenu l'accréditation sur l'ensemble des paramètres de la NT106.03 et qu'ainsi l'analyse des résultats ne soit pas contestée.

8.2.7 Système d'information : l'importance de rendre publiques les données de qualité de l'eau pour gagner la confiance des usagers

Le manque de transparence dans les données est un point clé expliquant le manque de confiance des usagers. Ce point est régulièrement souligné pour expliquer la réticence vis-à-vis de la REUT. Par ailleurs, la complexité du système actuel pour les contrôles de qualité de l'eau ne permet pas d'avoir un temps de réaction adéquat pour stopper le process de traitement en cas de défaillance. En effet, en cas de problème de qualité, il n'y a pas de procédure claire. La décision implique la DGGREE mais peut aussi impliquer la DRS, notamment lorsque la commission régionale est active. Ainsi, entre le moment où la qualité de l'eau est analysée et le moment où l'interdiction d'irriguer est décidée, il peut se passer plusieurs semaines/mois.

Il est donc essentiel de centraliser les données, rendre les informations transparentes et accélérer les processus de décision.

On propose que les données analysées par les laboratoires agréés soient systématiquement centralisées par une institution déterminée. L'ANCSEP ou la DHMPE pourraient être mobilisées pour centraliser les données, fournir un libre accès aux données et lancer les procédures d'alerte. L'ANCSEP ou la DHMPE pourraient aussi servir de relai à la DGRE, en charge de centraliser l'ensemble des données de qualité de l'eau dans le SINEAU.

On peut aussi envisager, qu'en plus de cette fonction de centralisation des données, l'institution en charge puisse mettre en place des mesures de sensibilisation.

8.2.8 Synthèse des recommandations

Le tableau ci-dessous résume les propositions faites au niveau institutionnel. Les solutions à privilégier selon nous sont encadrées en rouge.

De façon globale, les éléments à retenir du tableau sont les suivants :

- Afin de renforcer le poids de la commission nationale REUT, on propose la mise en place d'un secrétariat permanent de la CNREUT, qui serait placé sous la tutelle du Conseil National de l'Eau. La CNREUT aurait ainsi les moyens de suivre la mise en œuvre de la stratégie. Afin de renforcer le pouvoir du CNE et, pour dépasser les problématiques interministérielles, il semble important de placer le CNE sous la tutelle de la Présidence du gouvernement.
- La mise en place d'un organisme (une direction générale ?), responsable de la planification et la gestion de l'ensemble des ressources en eau du territoire semble essentielle. Cela permettra de penser la gestion de l'eau de façon intégrée (ressources conventionnelles et non-conventionnelles). Là encore, afin de dépasser les problématiques interministérielles, et compte-tenu des enjeux forts liés à l'usage de l'eau en Tunisie, il semble important de placer cet organisme sous la tutelle de la Présidence du gouvernement.
- Concernant l'émergence, l'instruction et l'autorisation des projets, il nous semble important de décentraliser au maximum ces étapes : d'opérationnaliser les CRREUT, de nommer des animateurs pour faciliter l'émergence et l'instruction des projets, et de donner le pouvoir d'autorisation des projets aux gouverneurs.
- Pour la gestion des projets, la mise en place d'équipes projets regroupant l'ensemble des acteurs concernés par les projets semble essentielle pour garantir l'appropriation des projets par tous les acteurs concernés. Par ailleurs, pour les projets importants, on propose la mise en place de structures ad-hoc, responsables de l'ensemble de la chaîne, depuis le design du projet, jusqu'à sa pleine opérationnalisation.
- Pour le contrôle, on propose le renforcement de l'autocontrôle par l'ONAS et les structures en charge des traitements/réutilisation.

Tableau 41: Propositions faites concernant le cadre institutionnel de la REUT en Tunisie

		Situation actuelle	Proposition 1	Proposition 2	Proposition 3
Réflexion stratégique	**Organisation**	**Centralisée** Echelle nationale -> Commission nationale	**Décentralisée** Echelle nationale -> commission nationale Echelle régionale -> commission régionale (à l'échelle de plusieurs gouvernorats)	**Décentralisée** Echelle nationale -> commission nationale Echelle régionale -> commission régionale (A l'échelle du gouvernorat)	Mise en place d'un secrétariat permanent de la CNREUT qui serait placé sous la tutelle du Conseil National de l'Eau (le CNE gagnerait lui à être placé sous la tutelle de la Présidence du Gouvernement)
	Points +/ et -/	+/ Système en place, bien établi -/ Pas de réflexion menée à l'échelle régionale	*+/ le regroupement de plusieurs gouvernorats pour la commission régionale doit permettre de représenter des réalités de territoires, telles que présentées avec les 6 grandes régions proposées dans la présente étude* *-/ Cela demande de réorganiser les commissions régionales qui sont aujourd'hui à l'échelle des gouvernorats.*	*+/ les contours des commissions régionales sont donnés dans plusieurs circulaires, et se placent à l'échelle du gouvernorat.* *-/ La mise en place de 24 commissions régionales opérationnelles semble laborieuse et ne reflète pas forcément des réalités territoriales.*	+/ Le secréatriat permanent de la CNREUT permettrait de garantir le suivi efficace de la mise en œuvre de la stratégie. -/ Cette proposition nécessite une profonde réorganisation du système existant et des moyens supplémentaires
Pilotage de la REUT	**Acteur**	**DGGREE**	**ONAS**	**BPEH**	**Organisme responsable de la Planification et/ou Gestion Intégrée des Ressources en Eau, toutes ressources confondues, placé sous la tutelle de la Présidence du Gouvernement**
	Points +/ et -/	*+/ Représentant du principal usager des EUT actuellement* *-/ Difficultés liées à l'approche intégrée multi-usages* *Problèmes de moyens humains et matériels*	*+/ Cohérence et intégration de l'ensemble de la chaîne production-traitement des EUT* *Institution puissante* *-/ Nécessité de faire évoluer les statuts de l'ONAS pour que cela fasse partie de ses missions et objectifs.* *Actuellement manque de transparence et de coopération avec les autres acteurs.*	*+/ Vision d'ensemble/intégrée de la ressource en eau avec une approche de planification.* *-/ Le BPEH possède le portage politique de la GIRE mais au niveau technique, de nombreuses directions sont impliquées DGRE, DGGREE, DGACTA, DGBGTH). Il y a un risque de manque de coordination entre le BPEH et les autres directions*	*+/ Dépasse les problématiques inter-institutionnelles, garantit une approche intégrée* *-/ Mise en place d'une nouvelle structure, à haut niveau, difficile à établir.*

		Situation actuelle	Proposition 1	Proposition 2	Proposition 3
Emergence du projet	**Organisation**	**Centralisée (sauf exceptions)** Les CRDA font remonter les besoins au niveau national	**Décentralisée** Un animateur nommé au sein de la commission régionale favorise l'émergence des projets au niveau local. Des équipes projets regroupant l'ONAS, les Communes et les usagers font remonter les besoins.	**Décentralisée** Un service au sein des CRDA est créé pour favoriser l'émergence des projets de REUT au niveau local. Des équipes projets regroupant l'ONAS, les Communes et les usagers font remonter les besoins.	**Décentralisée** Pour la gestion des projets importants, une société ad-hoc est créée. Les usagers ou groupements d'usagers potentiels s'adressent à cette société, qui garantit à la fois la quantité mais aussi les volumes d'eau fournis aux usagers.
	Points +/ et -/	+/ Système en place, bien établi -/ L'émergence des projets se fait à l'échelle centrale (il y a actuellement une « simple » consultation des acteurs locaux). Il n'y a pas de réelle appropriation des projets	*+/ L'animateur représente l'ensemble des usagers, au niveau décentralisé. Il est l'interlocuteur privilégié avec la commission régionale REUT* *-/ Il n'existe pas de tel poste aujourd'hui, cela veut dire que l'on met en place de nouveaux acteurs de la REUT.*	*+/ Bien qu'il n'existe pas de tel service actuellement au niveau des CRDA, les CRDA sont des structures stables, qui existent depuis longtemps et qui sont opérationnelles.* *-/ Les CRDA ne représentent pas l'ensemble des usagers.*	+/ L'ensemble de la chaîne depuis le traitement, jusqu'à la distribution de l'eau est gérée par une seule entreprise qui a pour mission de valoriser un gros volume d'EUT.
Instruction du projet	**Organisation**	**Centralisée** DGGREE ou CRDA	**Décentralisée** L'animateur nommé au sein de la commission régionale instruit les projets	**Centralisée** DGGRE	
	Points +/ et -/	*+/ Il s'agit des mécanismes en cours, qui sont déjà bien maîtrisés.* *-/ il y a un manque de moyens humains et matériels pour instruire les projets. Par ailleurs, l'instruction au niveau central ne respecte pas le principe de subsidiarité.*	*+/ L'animateur représente l'ensemble des usagers, au niveau décentralisé. Il est l'interlocuteur privilégié avec la commission régionale REUT* *-/ Il n'existe pas de tel poste aujourd'hui, cela veut dire que l'on met en place de nouveaux acteurs de la REUT.*	*+/ Il s'agit des mécanismes en cours, qui sont déjà bien maîtrisés.* *-/ il y a un manque de moyens humains et matériels pour instruire les projets. Par ailleurs, l'instruction au niveau central ne respecte pas le principe de subsidiarité.*	
Autorisation	**Organisation**	**Centralisée** MARHP après consultation des acteurs locaux et accord du MSP, et avis de l'ANPE	**Décentralisée** Il n'existe pas à notre connaissance de réel représentant des collectivités locales (le gouverneur étant nommé par le chef du gouvernement). Dans un premier temps, on propose quand même que le **Gouverneur** ait le	**Centralisée** Mise en place d'un organisme responsable de la Planification et/ou Gestion Intégrée des Ressources en Eau, toutes ressources confondues	

		Situation actuelle	Proposition 1	Proposition 2	Proposition 3
			pouvoir d'autorisation en sa qualité de Président de la CRREUT. Actuellement, la CRREUT est la seule structure à même d'avoir une vision globale des projets de REUT dans les différents territoires. A long terme, ce pouvoir d'autorisation pourrait être porté par le représentant des collectivités locales.	(conventionnelles et non conventionnelles)	
	Points +/ et -/		*+/- On vise la décentralisation complète des procédures d'autorisation mais cela doit se faire en plusieurs étapes et dépend de la réorganisation globale des administrations en Tunisie (ce qui dépasse le cadre de la présente étude)*	*+/ On s'affranchit des concurrences inter directions et les décisions sont prises à haut niveau* *-/ Il est nécessaire de mettre en place une nouvelle structure à haut niveau, qui n'existe pas actuellement. Sa mise en place sera difficile et le processus d'autorisation reste à l'échelle centrale.* *-> On peut imaginer que cet organisme soit mobilisé pour les gros projets ou les projets regroupant plusieurs gouvernorats.*	
Gestion des projets	**Organisation**	Essentiellement les usagers actuellement et leurs représentants (agriculteurs, GDA, CRDA, Golfs, etc.)	Mise en place de l'équipe projet, qui implique tous les acteurs concernés par la REUT (à minima l'usager et l'ONAS, mais aussi, en fonction des projets, les communes, les représentants des usagers, les universités, les services régionaux concernés, etc.)	**Décentralisée** Pour la gestion des projets importants, une société ad-hoc est créée. La société assure le traitement, le transfert et la distribution des EUT.	
	Points +/ et -/	-/ pas d'implication de l'ONAS	*+/ On implique davantage tous les acteurs concernés par la filière, on les responsabilise et on leur donne envie d'avoir des projets qui réussissent.*	+/ L'ensemble de la chaîne depuis le traitement, jusqu'à la distribution de l'eau est gérée par une seule entreprise qui a pour	

		Situation actuelle	Proposition 1	Proposition 2	Proposition 3
				mission de valoriser un gros volume d'EUT.	
Contrôle	**Organisation**	Complexe (de nombreux acteurs impliqués : ONAS, ANPE, DHMPE, CRDA, Laboratoires, Usagers, etc.)	Renforcement de l'autocontrôle par l'ONAS, contrôles inopinés rares effectués par une seule structure. Collecte et analyse réalisées par des laboratoires agréés. Possibilité de déléguer l'échantillonnage à des sociétés privées.	Mise en place d'un plan de sécurité sanitaire pour l'ensemble des usages.	
	Points +/ et -/	*-/ Manque de compétences et de coordination en les acteurs, données pas toujours fiables, pas de partage des données, manque de confiance dans les résultats*	*+/ Construction de confiance entre les usagers et l'ONAS qui est partie prenante des projets et accepte de partager ses résultats de qualité de l'eau. Moins de contrôles inopinés.*	+/ Etablit les procédures à suivre pour garantir la sécurité sanitaire, tout au long du process de réutilisation. Essentiel si l'éventail des possibilités de réutilisation s'agrandit	
Système d'information	**Organisation**	pas de système d'information actuellement	Centralisation des données et transparence : rôle de l'ANCSEP		
	Points +/ et -/	*-/ Manque de transparence de l'ONAS, manque de confiance dans les résultats par les parties prenantes*	*+/ Construction de confiance entre les usagers et l'ONAS qui est partie prenante des projets et accepte de partager ses résultats de qualité de l'eau.* *Amélioration des systèmes d'alerte.*		

9. PROPOSITIONS CONCERNANT LES ASPECTS ECONOMIQUES

9.1 TOUR D'HORIZON DES STRATEGIES DE FINANCEMENT DE LA REUT

Le financement de la fourniture de services d'eau peut être assuré par trois sources financières :

- **Par les tarifs :** Il s'agit de faire payer les usagers directs du service via la mise en œuvre d'une tarification.
- **Par les transferts entre usagers :** Dans ce cas, l'instauration d'une taxe sur le prix de l'eau vient financer le coût du service. Pour la REUT spécifiquement, une taxe peut être mise en œuvre sur la facture d'eau potable ou d'assainissement.
- **Par les impôts :** Enfin, il existe la possibilité de financer le service d'eau par le budget global de l'Etat (subvention d'équilibre).

Dans beaucoup des cas concernant le financement du petit cycle de l'eau, la contribution des usagers ne suffit pas à couvrir le coût total du service. La partie restante est financée généralement par des subventions publiques – très souvent de l'État, mais elle peut aussi provenir d'ONG, de donateurs internationaux, etc.

Parmi les trois modes de financement listé ci-avant, le plus important pour la pérennité du service est le système de tarification, qui détermine le taux de récupération des coûts (recettes issues de la tarification / coût complet du service). Toutefois cette tarification peut soulever des difficultés en lien avec l'élasticité de la demande et la capacité à payer des usagers.

En effet, la capacité à récupérer les coûts uniquement par le prix de l'eau dépend de ces deux paramètres. S'il n'y a pas de ressources alternatives, la demande en eau est, en général, peu élastique, c'est-à-dire que l'on observe une (très) faible baisse de la demande suite à une hausse du prix, ceci dans la limite de la capacité à payer des usagers, à savoir la valeur ajoutée créée par l'approvisionnement en eau pour les usages économiques (ex. surplus de rendement entre culture irriguée/non irriguée). Dans le cas où des ressources alternatives sont à disposition des usagers, la marge de manœuvre pour accroitre le prix de l'eau (et donc le taux de récupération des coûts) est moindre puisque le différentiel de prix avec les autres ressources ne peut pas être trop important (baisse de la demande). Notons toutefois que comme évoqué dans le chapitre réglementaire, il pourra exister des zones où l'état pourra imposer le recours aux EUT comme unique ressource pour certains usages. Les usagers n'auront alors pas forcément le choix de la ressource en eau.

9.1.1 Objectifs d'une politique tarifaire

Une politique tarifaire d'un service de l'eau (eau potable, eau brute, assainissement, REUT) poursuit plusieurs objectifs.

Le premier est celui de récupérer les coûts du service fourni, en instaurant un système tarifaire qui permette la collecte de recettes suffisantes. Deux ambitions en termes de récupération des coûts sont souvent distinguées :

- **L'atteinte du petit équilibre économique**, qui vise à couvrir les coûts d'exploitation et de maintenance du service,
- **L'atteinte du grand équilibre économique**, qui vise à couvrir, à la fois les coûts d'exploitation et de maintenance du service mais également, les coûts d'investissement, et ceci pour l'ensemble des étapes (pour la REUT : traitement tertiaire, transport et distribution).

D'autres objectifs peuvent être poursuivis par la politique tarifaire, notamment la gestion de la demande en eau - en cas de pénurie d'eau -, l'efficacité de l'allocation des ressources - en cas de concurrence pour l'accès à l'eau - et la répartition des revenus au sein de la société (Johansson, 2001).

L'instauration d'un système tarifaire implique de définir ses trois composantes :

- **La structure des prix**, c'est-à-dire l'assiette sur lesquelles sont déterminés les tarifs (par ha, par volume, selon le type de culture, etc.),
- **Le niveau des prix**,
- **Le système de sanctions** : Il peut être formel (par exemple, amendes, redevances, perte de droits...) ou informel (critique publique, boycott et refus de coopérer...).

La récupération des coûts est atteinte lorsque la structure de tarification (monôme, binomiale, tranche, assiette…) est pertinente et que le niveau de prix reflète le coût du service. Le taux de collecte doit également être élevé (peu d'impayés).

Pour mettre en œuvre une politique de gestion de la demande en eau, la tarification doit inciter aux économies d'eau, avec, par exemple, un accroissement du tarif en fonction de la consommation, une tarification différenciée selon le type de ressources utilisées, la zone géographique…

Si la tarification vise également une efficacité de l'allocation des ressources, une différenciation tarifaire doit être mise en œuvre pour encourager ou au contraire dissuader certains usages. La plupart du temps, une tarification préférentielle vise à favoriser les usages les plus valorisants du point de vue de la ressource en eau.

Enfin, pour ce qui est du dernier objectif possiblement poursuivi par la tarification (répartition des revenus au sein de la société), une tarification sociale peut être instaurée.

9.1.2 Principe de tarification pour l'EUT

Une revue de la littérature a permis d'identifier plusieurs principes tarifaires possibles pour la REUT:

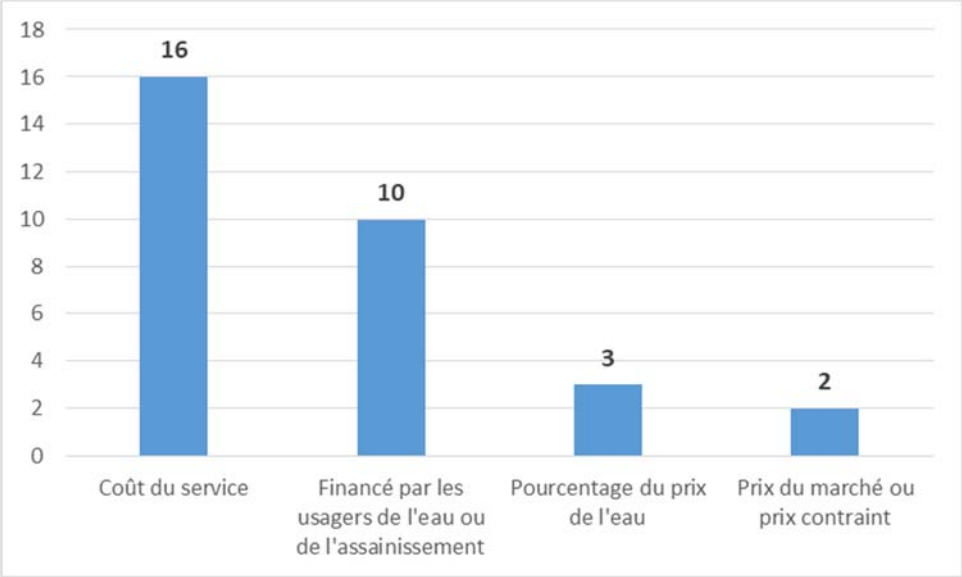
- **Pas de facturation :** l'objectif est d'augmenter la demande, par exemple pour faire en sorte qu'il y ait moins de rejets d'effluents dans les milieux superficiels sensibles ;
- **Prix basé sur le coût du service :** dans ce cas, le prix comprend l'ensemble des coûts du service d'approvisionnement de distribution et de traitement (coûts d'investissement, d'entretien et de fonctionnement) ;
- **Prix déterminé par un pourcentage de l'eau conventionnelle** (eau de surface ou souterraine) : cela permet d'améliorer l'acceptabilité du recours à la réutilisation des eaux usées par les usagers et d'utiliser un signal prix incitatif ;
- **Prix ajusté au consentement à payer des usagers**. Une plus grande conscience des bénéfices apportés par la réutilisation des eaux usées augmente le prix et la demande ;
- **Prix fixé à la hauteur du prix de l'eau conventionnelle ;**
- **Prix basé sur la récupération des coûts environnementaux et des coûts pour la ressource.**

Les politiques de gestion de l'eau mises en œuvre peuvent aller à l'encontre d'une récupération des coûts de la REUT, notamment si l'on souhaite inciter fortement les usagers à avoir recours à l'eau réutilisée plutôt qu'à l'eau conventionnelle (Molinos-Senante et al. 2012). C'est ce qui a été mis en œuvre en Israël : alors que l'ensemble des services d'eau (eau potable et assainissement) présentent un très bon ratio de récupération des coûts, celui-ci est particulièrement bas pour la REUT, car la politique mise en œuvre vise à proposer un tarif assez bas afin d'inciter les usagers à s'orienter vers cette ressource.

Dans ce cas, le choix peut être fait de fixer un tarif assez bas pour rendre l'eau traitée plus compétitive par rapport aux alternatives. Tsagarakis et Georgantzis (2003) ont montré que, par exemple, le consentement à payer des irrigants était fortement corrélé au différentiel de prix entre l'eau traitée et l'eau conventionnelle. De ce fait, dans la plupart des cas, le tarif de l'eau traitée se situe entre 0% et 25% du tarif de l'eau potable (Radcliffe, 2008). Dans une enquête menée aux Etats-Unis (AWWA, 2019), seuls 5 projets de REUT sur 19 fixent un tarif entre 75% et 100% de celui de l'eau potable.

NB : la référence au tarif de l'eau potable dans le cas Tunisien ne sera pertinente que pour certains usages particuliers (par ex. arrosage d'espaces verts urbains, nettoyage des rues...).

Figure 47 : Nombre de cas selon les considérations prises en compte pour établir la politique tarifaire de la REUT aux Etats-Unis (AWWA, 2019)



9.1.3 Retours d'expérience

Ce chapitre présente plusieurs retours d'expérience (Espagne, Israël et Etats-Unis) qui illustrent la diversité des cas en termes de financement de la REUT.

MURCIE, ESPAGNE[21] : DES SOURCES DE FINANCEMENT DIVERSES POUR PERMETTRE UN TARIF DE LA REUT PREFERENTIEL

Le financement de la REUT dans la région de Murcie en Espagne est défini dans le « *Sanitation Master Plan* ». Plusieurs canaux viennent financer le service :

- Les usagers REUT payent uniquement pour le transport de l'eau afin de rendre l'utilisation de la ressource attractive par rapport à des ressources alternatives,
- Une grande partie des investissements est subventionnée par l'Etat ou des financements extérieurs, notamment par le fonds régional de développement et le fonds de cohésion (UE), A titre informatif, en Espagne, le soutien de ces fonds européens pour le développement de la REUT représente 485 millions d'euros.
- La mise en œuvre d'une taxe sur la facture d'assainissement complète ces sources de financement. Actuellement la taxe est la suivante :
    - 0,30 €/m^3 (tarif domestique) + redevance fixe de 36 €/an
    - 0,42 €/m^3 (tarif industriel - non domestique où la consommation annuelle dépasse 1500 m^3/an) + redevance fixe de 42 €/an.

  D'après une enquête, les usagers assainissement ne s'étaient pas rendu compte qu'ils payaient cette taxe (80% des personnes ne savaient pas qu'une partie de leur facture servait à financer la REUT). Par contre, quand on leur a expliqué à quoi servait cette taxe et qu'elle avait permis de réduire la pollution des cours d'eau et produire plus en agriculture, plus de 90% des personnes s'étaient dites prêtes à payer un peu plus cher.

Ce modèle de financement présente l'avantage d'une forte acceptabilité sociale, puisque d'un côté les usagers REUT bénéficient d'un tarif préférentiel qui les incite à avoir recours à cette ressource, et d'un autre côté, les usagers assainissement qui contribuent via l'acquittement de la taxe, sont sensibilisés aux externalités positives de la REUT et adhèrent à ce mode de financement.

[21] Entretien Francisco Pedrero Salcedo - Irrigation Department of the Centre for Applied Soil Science and Biology of the Segura (CEBAS/CSIC). Le CR de cet entretien est placé en annexe.

ISRAËL[22] : UNE EVOLUTION RECENTE DE LA POLITIQUE TARIFAIRE

En Israël, les réformes successives ont permis de transformer le secteur de l'eau et d'améliorer ses performances et sa durabilité financière. Aujourd'hui, le secteur de l'eau (hors REUT) est quasiment autonome financièrement, c'est-à-dire, financé sans subventions, et uniquement par les tarifs et les transferts entre usagers.

Ce n'est pas encore le cas de la REUT, dont les coûts d'investissement sont portés par l'Etat. L'objectif est de créer un tarif incitatif pour les usagers. Pour l'irrigation, le tarif est situé entre 0.22 et 0.34 $/m^3$ (en dessous du tarif des eaux conventionnelles) alors que le coût de production est estimé à 3.15 $/m^3$. Ce tarif couvre une partie des coûts de transport uniquement, les coûts de traitement et de stockage étant financés par des subventions. Une autre incitation mise en œuvre par le gouvernement pour encourager les agriculteurs à recourir aux EUT est la conversion des quotas d'eau conventionnelle en EUT selon un rapport de 1.2.

Ce système de financement a évolué récemment avec la mise en œuvre d'une nouvelle législation qui implique une uniformisation des prix de l'eau agricole, à l'échelle des différentes régions, et quelle que soit la ressource utilisée. Deux taux sont ainsi définis : un taux de base et un taux préférentiel pour les agriculteurs se situant dans des zones sans ressources alternatives.

ETATS-UNIS : UNE DIVERSITE DES SYSTEMES TARIFAIRES MIS EN PLACE

Le tableau suivant présente, pour 19 cas étudiés dans le cadre de l'enquête AWWA (2019) menée aux Etats-Unis, les principes de tarification qui ont servi à établir le système tarifaire. Il illustre la diversité des systèmes possibles.

Tableau 42 : Système tarifaire de la REUT pour les cas étudiés dans le cadre de l'enquête AWWA, 2019, Etats-Unis

Cas étudié	Approche tarifaire retenue
Albuquerque Bernalillo	Etude REUT finalisée en 1999 Tarif de la REUT fixée à 80% du tarif de l'eau potable – objectif de recouvrement total des coûts du service
Services de l'eau de l'Aurora	Les usagers ont demandé un allégement tarifaire Tarif basé sur les coûts du service basés et subventionnés par les tarifs de l'eau
Services de l'eau de Denver	Subventionnés par les tarifs de l'eau potable. La mise en œuvre d'un tarif ne serait pas assez incitative pour l'utilisation de l'eau traitée
Fort Worth	La REUT est budgétisée comme une fonction autonome, mais les contraintes du marché empêchent de fixer des tarifs de réutilisation plus élevés que les tarifs de l'eau potable ; le budget des eaux usées supporte toute charge de coût supérieure au niveau des recettes de réutilisation
Fulton County	Transition vers une tarification basée sur les coûts ; le système et les clients ont été transférés par l'opérateur privé ; un processus graduel visant à affiner la tarification pour refléter les coûts de production supplémentaires est presque terminé.
JEA	Approche tarifaire visant à répondre à différents objectifs politiques : recouvrement des coûts, préservation des ressources en eau, bonne maintenance du service.
King County	Politique tarifaire qui mêle recouvrement des coûts et prix de marché. Le tarif est issu d'un benchmark sur les prix de l'eau potable au niveau régional. Le tarif est individualisé au niveau de chaque usager.
Long Beach	Tarif basé sur les coûts du service
Loudoun Water	Tarif basé sur le coût marginal du service. Le recouvrement n'est pas total du fait de ce principe tarifaire
Service de l'eau et de l'assainissement de Miami Dade County	Projet qui n'a pas démarré – pas de système tarifaire en place

[22] Water Global Practice, Water Management in Isarel, 2017, 56 p.

Cas étudié	Approche tarifaire retenue
Service de l'eau de Moulton Niguel	Tarif basé sur le coût marginal du service et le tarif de l'eau potable (70%)
Naples	Tarif basé sur les coûts du service et sur le prix de marché. Le taux de recouvrement n'est pas de 100%. Une contribution des usagers d'eau potable et d'assainissement vient compléter les recettes
Service de l'eau et d'assainissement d'Orange	Tarif basé sur les coûts du service (seulement deux usagers REUT)
Peoria	Tarif basé sur les coûts de production et de transport mais ne prend pas en compte les coûts de distribution. Une contribution des usagers d'eau potable et d'assainissement vient compléter les recettes
Service de l'eau de Plum Creek	Tarif basé sur les coûts du service d'assainissement et de REUT
San Antonio	Deux tarifs basés sur les coûts du service, représentant environ la moitié du coût de l'eau potable.
San Diego	Tarif basé sur les coûts du service
Saint Petersburg	Tarif basé sur les coûts du service. Le taux de recouvrement est de 50%. Une contribution des usagers d'eau potable et d'assainissement vient compléter les recettes
Service de l'eau de Toho	Tarif basé sur les coûts du service. Le taux de recouvrement est de 91%.

Cette enquête auprès de différents services gestionnaires des EUT a permis de mettre en lumière la diversité des approches tarifaires retenues. Selon les auteurs, cela est dû à plusieurs raisons (AWWA, 2018) :

- Les pratiques en termes de répartition des coûts sont nouvelles dans le champ de la REUT,
- Les configurations, les technologies utilisées, les coûts d'investissement et les coûts d'exploitation sont très variés selon les cas,
- La compréhension et l'application du principe de tarification par les coûts diffèrent selon les acteurs,
- Une fois que l'installation de REUT est construite, les décideurs peuvent affiner et étendre leur compréhension des facteurs influençant le coût du service et ainsi réaliser un ajustement graduel de la structure des coûts et des prix,
- Les exigences de l'État ou d'autres facteurs politiques peuvent imposer la tarification au coût du service, alors que la réalité économique de la demande en EUT n'est pas soumise à des directives législatives ou politiques,
- Le processus graduel de mise en œuvre d'un service public entraine un ajustement, lui-même graduel, des tarifs à l'évolution des coûts du service,
- Les principaux avantages d'une tarification basée sur les coûts doivent être intégrés à des pratiques de prix orientées vers l'atteinte d'autres objectifs (préservation des ressources en eau, allocation des ressources, etc.).

Le principe de tarification basée sur les coûts est reconnu comme allant de pair avec une bonne gestion du service. Toutefois, dans la pratique, la variété des situations, notamment du point de vue des investissements, des coûts d'exploitation, des technologies utilisées, des usages, de la topographie, … peut rendre difficile l'application de ce principe. L'enquête AWWA (2018) indique que 30% des installations couvrent moins de 25% de leurs coûts d'opération et seulement 25% des installations couvrent 100% de leur coût d'opération.

9.2 LES QUESTIONS STRATEGIQUES POUR LA TUNISIE

SITUATION ACTUELLE EN TERMES DE TARIFICATION

Actuellement, le prix de l'EUT en Tunisie est établi à un niveau de 0.020 à 0.030 DT/m^3 pour la majorité des périmètres irrigués. Les EUT sont fournies gratuitement par l'ONAS aux CRDA et les CRDA ont mis en œuvre un tarif auprès des agriculteurs et GDA. D'après les analyses coûts-avantages qui ont menées dans le cadre du diagnostic de Phase 1, le taux de récupération global se situe entre 30% (périmètre irrigué de Dhraa Tammar) et 67% (périmètre irrigué de Ouardanine où le prix est de 0.1 DT/m^3).

Concernant les industriels du secteur de phosphates, l'idée est qu'ils achètent les EUT à l'ONAS à un tarif plus élevé que celui des agriculteurs. Les négociations sont en cours dans le cas du projet de Gafsa. Enfin, pour les golfs, les EUT sont fournies gratuitement par l'ONAS mais ce sont les golfs qui prennent en charge financièrement les infrastructures de pompage.

EVOLUTIONS POSSIBLES

Il est certain, qu'au moins à moyen terme, des sources de financement alternatives sont nécessaires pour venir compléter les recettes issues de la tarification.

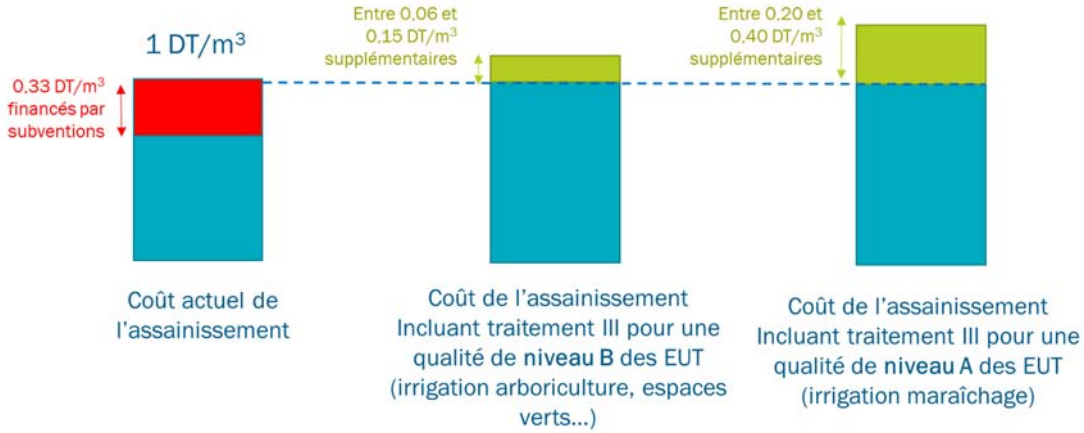
Plusieurs possibilités s'offrent au gouvernement tunisien :

- **Instaurer une taxe sur le prix de l'eau potable et ou le prix de l'assainissement** pour venir financer le coût de la REUT : la contribution aux financements de la REUT des autres usagers peut dépendre soit de leur consommation en eau ou être établie de manière forfaitaire (contribution égale pour chaque usager).

  Se pose la question de la récupération des coûts du service assainissement (hors REUT) si cette solution est mise en œuvre puisque le taux de récupération n'est, actuellement, que de 67% (cf. première colonne du graphique ci-dessous). Le coût actuel de l'assainissement s'élève effectivement à 1 DT/m^3[23] et la couverture par les recettes issues de la tarification à 0.67 DT/m^3 (source : tableaux financiers 2014-2018 intitulés « *coûts de l'activité exploitation des réseaux et épuration* » fournis par l'ONAS dans le cadre de la présente étude). Si une taxe sur la facture assainissement vient financer tout ou partie des coûts de la REUT, il convient, au préalable, de s'assurer de la continuité de la subvention d'équilibre provenant de l'Etat pour financer les 0.33 DT/m^3 restants (**partie rouge** sur le schéma ci-dessous).

  Les coûts (hors coûts de transport et de stockage) de la REUT se situent, entre 0.06 et 0.40 DT/m^3 (**partie verte** sur le schéma ci-dessous).

Figure 48 : Coût de la REUT (hors transport) par rapport au coût actuel de l'assainissement



[23] A noter que l'étude « Eau 2050 » indique un coût de l'assainissement en 2018 de 1,5 DT/m3.

- **Financer la REUT par les impôts**. Dans ce cas, une subvention d'équilibre viendrait combler l'écart entre les recettes issues de la tarification de la REUT et les coûts du service. La contribution des contribuables se justifie par la présence d'externalités environnementales, sociales et économiques positives générés par la REUT.

  Il faut néanmoins considérer que le raccordement à l'ONAS n'est pas effectif partout, surtout en milieu rural. Il est donc compliqué, sur le principe, de faire payer la REUT à tous les contribuables.

  De manière générale, que ce soit pour l'eau potable ou l'assainissement, l'Etat prend en charge les coûts d'investissement. Ainsi, les usagers doivent participer au paiement des frais d'exploitation seulement. Pour la REUT, il avait été évoqué lors de l'atelier national du 30 juin 2021 de mettre en œuvre un tarif, au moins à court terme, limité à la couverture des seuls frais d'énergie.
- Une autre solution, à la marge, pourrait être de financer la REUT via les **mesures compensatoires de grands projets**. Cela a notamment été le cas pour le financement, par un groupe chimique, d'une partie des frais d'énergie sur le périmètre irrigué de El Hamma. Toutefois, les recettes issues de ce mode de financement sont relativement faibles et viendraient uniquement en complément d'autres sources de financement.

Le **montage d'un Partenariat Public Privé (PPP) peut également être envisagé.** Il s'agit d'un montage financier qui permet de bénéficier d'une forte capacité d'investissement de la part du privé pour lancer les travaux. Cependant, l'entreprise privée ne vient pas financer le service REUT puisqu'elle récupère ses investissements sur la tarification des usagers.

Par ailleurs, d'autres questions stratégiques se posent pour l'établissement d'un système tarifaire de l'EUT en Tunisie :

- Est-il pertinent de retenir le principe de péréquation pour la tarification de la REUT (au même titre que l'assainissement). Si oui, à quelle échelle (nationale, gouvernorat, …) ?
- Dans le cas contraire, l'établissement d'un tarif individualisé pour chaque usager et/ou chaque installation serait-il pertinent ? Cela permettrait d'obtenir un tarif qui reflète la capacité à payer des différents usages (industriels, golfs, irrigants, voire par culture selon la valeur ajoutée crée par l'EUT) et les coûts des différentes installations (grande variation des coûts selon la situation : type de technologie, topographie, distance de transport, …) ?
- Quelle serait la subvention d'équilibre de la part de l'Etat tunisien ? Y-a-t-il d'autres contributeurs tiers ?
- Est-il pertinent d'adapter la réglementation en vigueur afin de garantir des recettes minimales pour financer le service de REUT (par exemple en imposant que certains usages situés dans le périmètre proche d'un projet de REUT doivent nécessairement utiliser l'EUT en priorité) ?

L'atelier national qui s'est tenu le 30 juin 2021 a permis d'aborder ces questionnements. Les principales discussions qui ont eu lieu sont synthétisées dans le paragraphe suivant.

9.3 RESULTATS DE L'ATELIER NATIONAL

Nous avons proposé aux participants deux sondages afin de recueillir leurs avis sur le système de financement qu'il serait pertinent de mettre en œuvre pour la REUT. Les participants à l'atelier représentaient des acteurs nationaux et régionaux de la REUT. Les résultats sont présentés ci-dessous.

9.3.1 Sondage 1 : Quel niveau de tarification des EUT en fonction des usages ?

Comme présenté plus haut, plusieurs niveaux de tarification sont possibles. La définition d'un niveau adéquat dépend des éléments de contexte et des objectifs poursuivis. Pour simplifier, nous distinguons dans le cadre du premier sondage trois niveaux possibles de tarif :

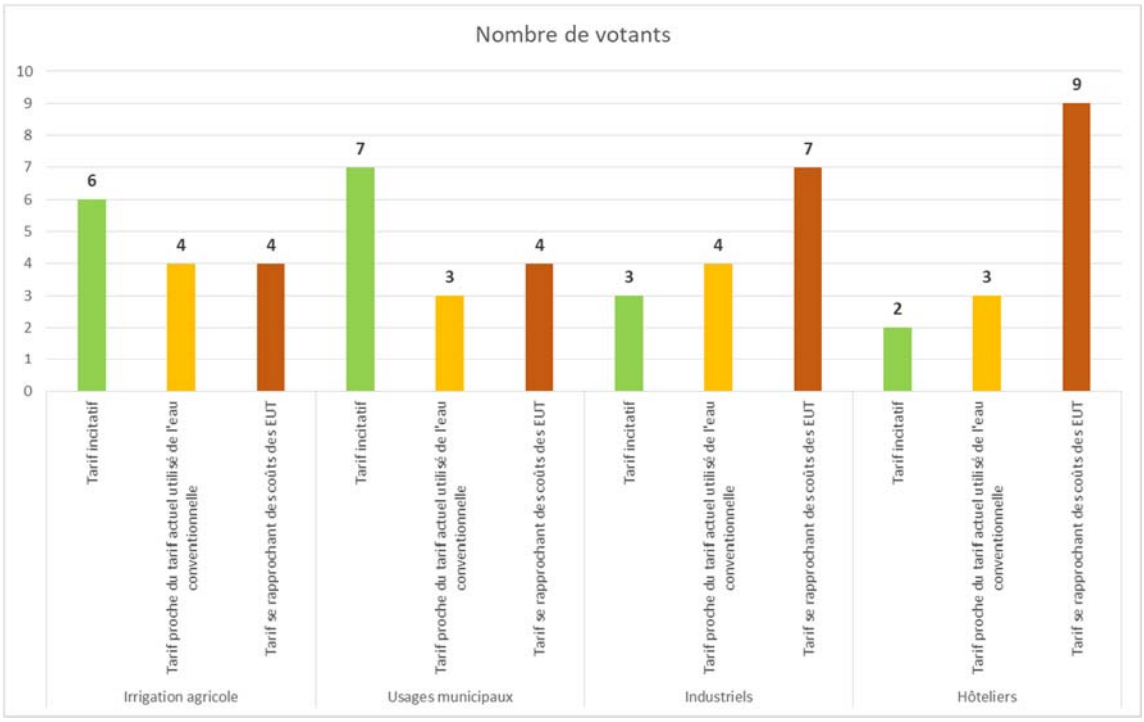
- **Tarif incitatif** (proche de 0) : l'objectif est de rendre l'EUT attractive pour les usagers et de créer une nouvelle demande. Ce niveau de tarif est adapté lorsque les potentiels usagers sont réticents à utiliser l'EUT ou lorsque leur marge de manœuvre financière (capacité à payer) est très faible. Le désavantage de cette solution est le faible niveau de récupération des coûts du service. Des solutions de financement complémentaires, et de grande ampleur, doivent être recherchées.
- **Tarif proche du tarif actuel utilisé pour l'eau conventionnelle** : ce niveau de tarification permet de ne pas créer de concurrence entre les différentes ressources en eau, qui présentent toutes le même tarif. Il permet également de couvrir une part plus conséquente des coûts du service (normalement, le petit équilibre financier, c'est-à-dire la couverture des frais d'exploitation et de maintenance, est atteint).
- **Tarif proche des coûts complets de l'EUT :** ce niveau de tarif permet de couvrir une large partie des coûts du service. Il est donc intéressant pour assurer la pérennité du service, notamment lorsqu'il est difficile de trouver des solutions de financement alternatives. Toutefois, il convient d'être vigilant et de bien prendre en compte la capacité à payer des usagers afin de ne pas générer un refus de payer de la part des usagers, qui entraine un taux de récupération moindre, ce qui va à l'encontre des objectifs même de cette tarification.

Figure 49 : Les différents niveaux de tarification possibles



Le graphique suivant présente le nombre de votants, pour chacun des quatre usages, et chacune des 3 propositions pour le niveau de tarif de l'EUT à instaurer.

Figure 50 : Résultats du sondage 1 : quel niveau de tarification en fonction des usages ?



Il ressort que pour les usages irrigation agricole et municipaux, la majorité des votants s'est positionnée sur la première proposition : mise en place d'un tarif incitatif. Pour les usages industriels et hôteliers, c'est la solution « tarif se rapprochant des coûts de l'EUT » qui est favorisée. Cela reflète les différentiels en termes de capacité à payer des usagers. Les remarques plus détaillées des participants sont présentées dans le tableau ci-dessous.

Tableau 43 : Synthèse des remarques des participants

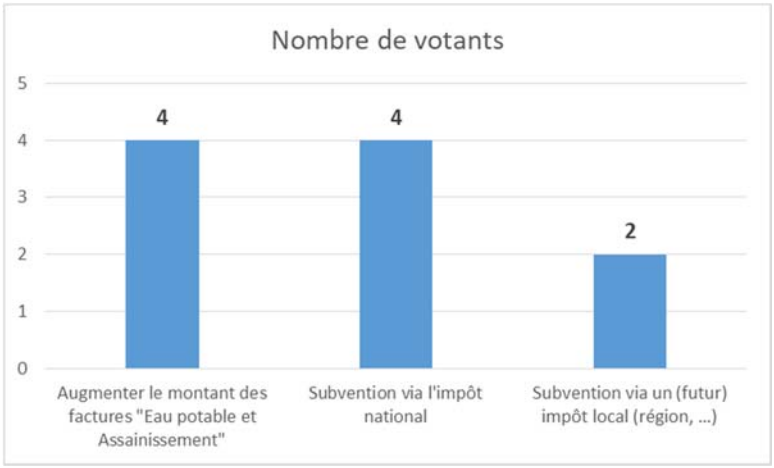
	Irrigation agricole	Usages municipaux	Industriels	Hôteliers
Niveau de tarification	Il y a déjà aujourd'hui un tarif incitatif et cela ne pousse pas les agriculteurs à utiliser les EUT. Le problème du tarif incitatif est qu'il pousse au gaspillage de l'eau par les usagers. Il vaudrait mieux se tourner vers les cultures à haute valeur ajoutée pour une meilleure valorisation de l'eau. Si on autorisait les cultures à haute valeur ajoutée, les agriculteurs seraient plus en capacité de payer les EUT avec un tarif plus proche des coûts réels (exemple des maraîchers au Sahel qui sont utiliser l'eau potable de la SONEDE pour irriguer leurs cultures).	Il faut rester à des tarifs incitatifs car les espaces verts profitent à tout le monde	Rester incitatif car ces usagers sont aujourd'hui réticents. Un tarif incitatif permettrait de les sensibiliser à la REUT, puis ce tarif pourrait évoluer si la REUT se banalise pour ces usages. Il faut aussi penser aux solutions de recyclage de leurs eaux grises. Dans les cas où les industriels ont besoin de ressources en eau supplémentaires comme c'est le cas des phosphatiers, il faut utiliser un tarif incitatif pour les encourager, voire les obliger à pratiquer la REUT Plus généralement proposition d'obliger certains usages à réutiliser les EUT, surtout dans les zones de stress hydrique ou pour des nouveaux projets (possibilités d'aides de l'Etat pour les investissements)	

<table>
<tr><th></th><th>Irrigation agricole</th><th>Usages municipaux</th><th>Industriels</th><th>Hôteliers</th></tr>
<tr><td rowspan="2">Autres remarques</td><td rowspan="2">Priorité : sauvegarder les PPI existants puis si possible à plus long terme, extension des PPI avec l'EUT</td><td rowspan="2">Il faut les sensibiliser au coût provoqué par leur pollution (principe du pollueur payeur).</td><td colspan="2">Il ne faut pas envisager la tarification en termes d'usagers mais plutôt en termes de pollueurs. En fonction du type et du degré de pollution, le tarif pourrait être plus ou moins élevé. Les industriels et les hôteliers pourraient aussi être obligés de réutiliser leurs eaux.</td></tr>
<tr><td>Dans tous les cas, le tarif demandé aux industriels doit être plus élevé que celui des agriculteurs.</td><td>Encourager le recyclage de leurs eaux grises.</td></tr>
</table>

9.3.2 Sondage 2 : Comment financer la différence entre le tarif et le coût complet des EUT ?

Le graphique ci-dessous présente les résultats du sondage (nombre de votants) pour les différentes solutions de financement complémentaires à la tarification. Les résultats sont plutôt équilibrés, avec 4 votants pour les deux premières propositions (augmentation de la facture d'eau et impôts nationaux) et 2 votants pour la mise en place d'un impôt local.

Figure 51 : Résultats du sondage 2 : comment financer la différence entre le tarif et le coût complet des EUT ?



Les participants ont formulé plusieurs remarques complémentaires :

- Tous les citoyens consomment de l'eau. Il ne faut pas instaurer des taxes qui soient perçues comme des surcharges. Une taxe directe sur la facture d'eau serait mal perçue. Il faut plutôt partager le fardeau en instaurant des taxes ailleurs, comme sur l'eau minérale ou le carburant ;
- Il faut viser ceux qui rejettent beaucoup d'eaux usées dans l'environnement plutôt que l'ensemble des contribuables ;
- Les citoyens se plaignent déjà du montant de la facture d'eau. Cela fait deux ans que l'ONAS essaye d'augmenter la part assainissement de 8%. Tout le monde sait que l'eau n'est pas chère mais cela a une importance symbolique. Dans l'esprit des tunisiens, l'eau est un service rendu par l'Etat qui doit rester peu cher ;
- Le tarif actuel de l'eau limite la capacité à payer des usagers domestiques. Il faut trouver des taxes ailleurs ou sinon on fera face à un risque de révolution ;

- Il faut se tourner vers des usages à forte valeur ajoutée pour supporter les coûts. La REUT sinon ne pourra jamais être financée. Par exemple, on pourrait s'intéresser à de l'irrigation agricole pour des cultures destinées aux industries agro-alimentaires ;
- Il faut attirer des gros investisseurs en leur fournissant des crédits afin de les inciter à financer de projets de REUT ;
- Il ne faut pas que le mécanisme mis en place soit répressif mais plutôt incitatif.

Il ressort de ce premier travail, qu'il sera nécessaire de trouver des ressources financières alternatives à la tarification pour l'irrigation et les espaces verts. Toutefois, pour les usages à forte valeur ajoutée (hôtellerie, industrie, maraichage ?), le tarif pourra s'approcher du coût de production de la REUT.

9.4 FEUILLE DE ROUTE POUR LA PHASE 3

L'objectif de la phase 3 sera de proposer une révision du système tarifaire de la REUT pour chaque usage et d'élaborer un plan de financement. L'ensemble des solutions présentées dans ce chapitre seront étudiées en détail, en distinguant le court terme et le moyen terme.

Nous procéderons comme suit :

Dans un premier temps, nous élaborerons une typologie des usages. A ce stade, nous proposons de retenir les dix usages suivants :

- Irrigation d'un PI existant éloigné de la STEP (arboriculture et maraichage) ;
- Irrigation d'un nouveau PI proche de la STEP (arboriculture et maraichage) ;
- Irrigation d'un nouveau PI éloigné de la STEP (arboriculture et maraichage) ;
- Espaces verts publics ;
- Espaces verts d'hôtel ;
- Golf ;
- Industrie Phosphate ;
- Alimentation d'une zone humide ;
- Recharge de nappe ;
- AEP.

Pour chacun de ces usages, nous construirons une structuration des coûts en distinguant : le traitement, le transfert, le stockage, les ouvrages dédiés et les autres dépenses. Un exemple est donné dans le tableau ci-dessous.

Nous estimerons ensuite pour chaque poste et chaque usage, les coûts d'investissement et les coûts de fonctionnement.

Dans un second temps, il s'agira de construire le plan de financement et de détailler le futur système tarifaire de la REUT. Pour cela, les éléments de coûts seront recoupés avec la capacité à payer de chaque usage. Cette capacité à payer sera étudiée à partir des données socio-économiques à disposition. Dans les cas où une forte incertitude existe, nous formulerons deux hypothèses : une hypothèse haute et une hypothèse basse. Cette étape nous permettra de connaître le tarif maximal qui peut être appliqué.

Nous estimerons ensuite la part des coûts qui pourront être portés par l'Etat (par exemple selon l'hypothèse que l'ensemble des coûts d'investissement seront pris en charge par des subventions publiques). Enfin, nous évaluerons la part restante à financer (après tarification et subvention). Cette part pourra être financée par une taxe sur la facture assainissement et/ou un complément de subvention.

Le tableau ci-après résume la démarche que nous vous proposons.

Tableau 44 : Exemple de typologie d'usage et de structuration des coûts (BRLi)

Composantes du coût d'un projet REUT		*Irrigation d'un PI existant éloigné de la STEP*		*Irrigation d'un nouveau PI proche de la STEP*		*Irrigation d'un nouveau PI éloigné de la STEP*		*Espaces verts publics*	*Espaces verts d'hotel*	*Golf*	*Industrie Phosphate*	*Alimentation d'une zone humide*	*Recharge de nappe*	*AEP*
		Arbo (B)	*Maraich. (A)*	*Arbo (B)*	*Maraich. (A)*	*Arbo (B)*	*Maraich. (A)*							
Traitement	Investissement													
	Fonctionnement													
Transfert	Investissement													
	Fonctionnement													
Stockage	Investissement													
	Fonctionnement													
Ouvrages dédiés (réseaux …)	Investissement													
	Fonctionnement													
Autres dépenses (contrôles, information …)	Fonctionnement													
TOTAL DU COUT	***Investissement***													
	Fonctionnement													
	TOTAL													
Financement du service REUT														
Capacité à payer des usagers	Hypothèse 1													
Capacité à payer des usagers	Hypothèse 2													
Part prise en charge par l'Etat														
Part restante à financer														

Partie C. REFLEXIONS STRATEGIQUES AU NIVEAU REGIONAL

10. ETUDE PROSPECTIVE DE LA REUT POUR LA ZONE DU CAP BON

10.1 OFFRE POTENTIELLE EN EUT AU CAP BON D'ICI 2050. COMMENT CETTE OFFRE S'INSCRIT DANS LE MIX DE RESSOURCES EN EAU GLOBAL DE LA REGION ?

10.1.1 Une augmentation conséquente des flux d'EUT de 25 à 45 Mm³ d'ici 2050

FLUX LIES AU PARC EPURATOIRE MUNICIPAL EN MILIEU URBAIN

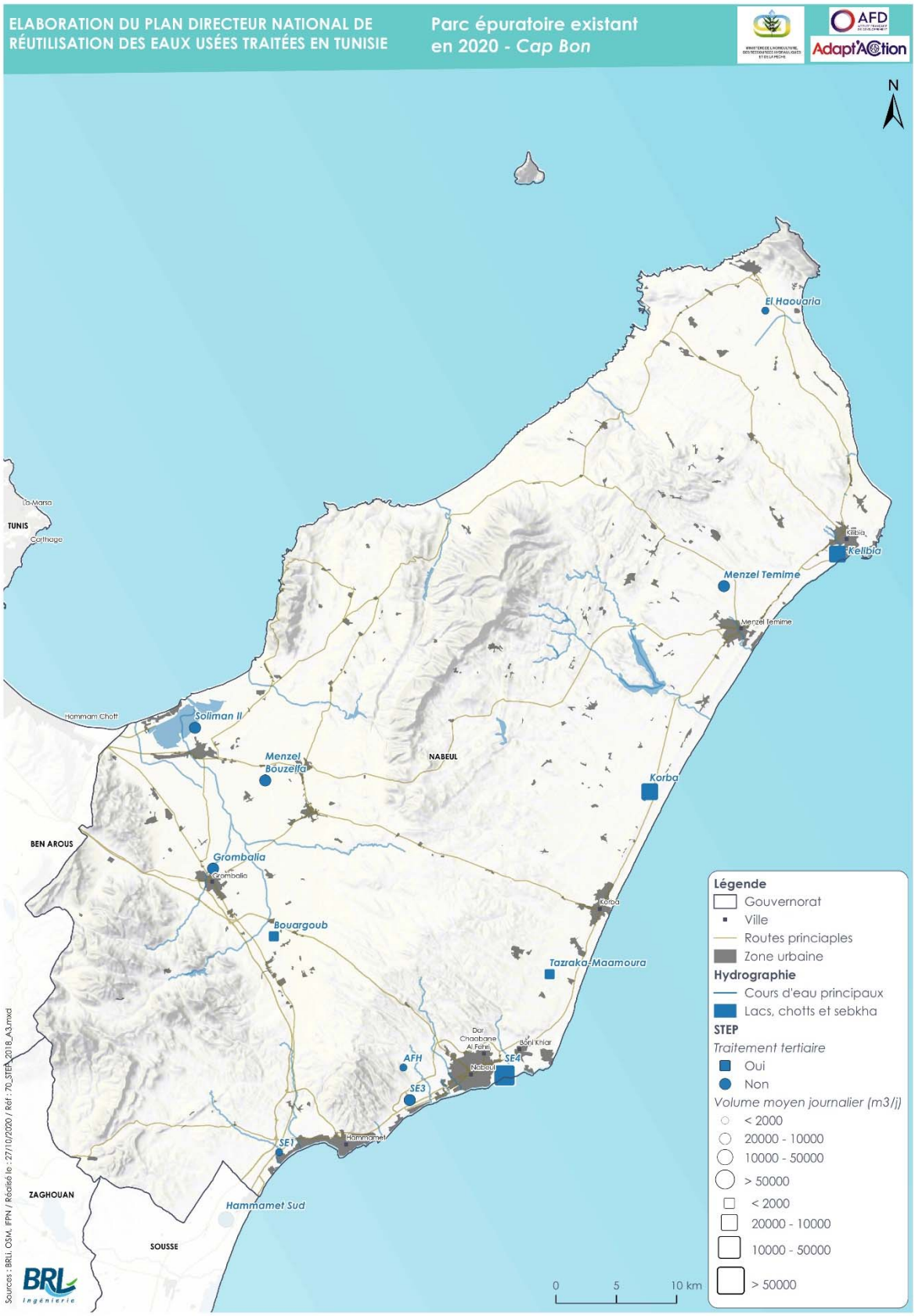
Le parc épuratoire de la région du Cap Bon est déjà bien développé avec un total en 2018 de 14 STEP. Il n'existe pas de schéma directeur d'assainissement sur le long terme pour le gouvernorat de Nabeul mais l'ONAS a toutefois élaboré un programme à court terme (ONAS, 2020) qui prévoit les modifications suivantes :

- **La création de la STEP de Takelsa** : c'est la seule nouvelle STEP urbaine programmée jusqu'à présent par l'ONAS pour le Cap Bon. Nous avons cependant fait l'hypothèse que les communes de plus de 10 000 habitants se verraient systématiquement équipées d'une STEP après 2040. Nous avons ainsi ajouté 4 STEP potentielles, en plus de celles mentionnées dans le programme à court terme de l'ONAS. (NB : pour 2 de ces STEP nous manquons à ce stade de données démographiques pour déterminer le flux futur possible d'EUT, car elles correspondent à des nouvelles communes datant de 2016).
- **La création de filières industrielles spécifiques** : ces filières seront créées à proximité des filières domestiques pour les STEP de Bouargoub, Menzel Bouzelfa et Grombalia afin de traiter plus efficacement les effluents provenant des zones industrielles sans polluer davantage les flux domestiques.
- **La réhabilitation et l'extension des STEP de Hammamet Sud, Korba et Kelibia** : ces STEP sont actuellement en surcharge hydraulique, notamment en période estivale pendant la saison touristique. La ville de Bouficha, dans le gouvernorat de Sousse, va aussi être raccordée à la STEP de Hammamet Sud qui va voir sa capacité augmenter.
- **La création d'un important pôle épuratoire au niveau de la STEP AFH** : au niveau de la ville de Nabeul, la STEP SE3 devrait être arrêtée à l'horizon 2030 et ses effluents transférés à la STEP AFH.
- **L'arrêt de la STEP SE1** : cette STEP sera aussi arrêtée à l'horizon 2030 et ses effluents seront transférés à la STEP Hammamet Sud. La ville de Bouficha sera aussi raccordée à la STEP de Hammamet Sud.

Les cartes ci-dessous présentent les STEP existantes et programmées au Cap Bon et le tableau à suivre indique les flux d'EUT calculés aux différents horizons temporels pour chacune des STEP existantes et projetées. **Il a été calculé que le volume d'EUT produit flux évoluera de 25 Mm³+ en 2020 à 45 Mm³ en 2050, soit une augmentation de 56 %.**

Concernant les niveaux de traitement, **la moitié des STEP du Cap Bon sont déjà équipées pour traiter les effluents au niveau tertiaire**. L'ONAS prévoit à court terme que cela soit aussi le cas pour la **STEP de Hammamet Sud et de Menzel Bouzelfa**. Pour les autres STEP, nous avons considéré que les nouvelles seront automatiquement équipées d'un traitement tertiaire. Concernant les STEP existantes où nous n'avons pas d'informations, nous avons considéré qu'elles seront toutes équipées à partir de 2040 en accord avec la stratégie nationale de l'ONAS.

Le tableau présenté ci-dessous résume l'évolution potentielle du traitement tertiaire au Cap Bon. **Le volume d'effluents traités à un niveau tertiaire passera de 14 Mm³ en 2018 (soit 48 % du volume total d'EUT produit) à 45 Mm³ en 2050 (100 % du volume produit).**




ELABORATION DU PLAN DIRECTEUR NATIONAL DE RÉUTILISATION DES EAUX USÉES TRAITÉES EN TUNISIE
Parc épuratoire existant en 2050 - Cap Bon
AFD
AdaptAction
N
El Haouaria
Azmour
Tazeghrane
La Marsa
TUNIS
Carthage
Korbus
Kelibia
Menzel Temime
Menzel Horr
Takelsa
Hammam Chott
Soliman II
Soliman Industrielle
Menzel Bouzelfa
NABEUL
Korba
BEN AROUS
Grombalia Industrielle
Grombalia
Bouargoub
Bouargoub Industrielle
Tazraka-Maamoura
Dar Chaabane Al Fehri
Béni Khiar
Nabeul
AFH
SE4
Sidi Jedidi
SE1
Hammamet
ZAGHOUAN
Hammamet Sud
SOUSSE
Légende
Gouvernorat
Ville
Routes
Zone urbaine
Hydrographie
Cours d'eau
Lacs, chotts et sebkha
STEP
Date de mise en service
< 2019
2019 - 2025
2025 - 2030
2030 - 2050
Volume moyen journalier (m3/j)
< 2000
2000 - 10000
10000 - 50000
> 50000
0
5
10 km
Sources : BRLi, OSM, IFPN / Réalisé le : 27/10/2020 / Réf : 71_STEP_2050_A3.mxd
BRL Ingénierie

Tableau 45 : Liste des STEP existantes et projetées au Cap Bon et flux d'EUT aux différents horizons temporels (calculs BRLi)

					Traitement III						Flux total (Mm3/an)					
Région	**Gouvernorat**	**STEP**	**Année de mise en service**	**Année de fin de fonct.**	**2018**	**2020**	**2025**	**2030**	**2040**	**2050**	**2018**	**2020**	**2025**	**2030**	**2040**	**2050**
Cap Bon	Nabeul	AFH	2009		x	x	x	x	x	x	0,4	0,5	0,8	1,5	1,8	1,9
Cap Bon	Nabeul	Bouargoub	2007		x	x	x	x	x	x	0,7	0,6	0,6	0,6	0,6	0,7
Cap Bon	Nabeul	El Haouaria	2005		x	x	x	x	x	x	0,5	0,3	0,4	0,4	0,5	0,6
Cap Bon	Nabeul	Grombalia	1993						x	x	1,1	1,3	1,8	1,3	1,5	1,8
Cap Bon	Nabeul	Hammamet Sud	1995				x	x	x	x	6,0	4,3	5,5	7,6	8,2	8,8
Cap Bon	Nabeul	Kelibia	1976		x	x	x	x	x	x	2,6	2,0	2,7	3,1	3,4	3,5
Cap Bon	Nabeul	Korba	2002		x	x	x	x	x	x	2,7	1,6	1,8	2,0	2,2	2,4
Cap Bon	Nabeul	Korbus	2017		x	x	x	x	x	x	-	-	-	-	0,1	0,1
Cap Bon	Nabeul	Menzel Bouzelfa	1993				x	x	x	x	1,5	1,3	1,5	1,7	1,9	2,2
Cap Bon	Nabeul	Menzel Temime	2014						x	x	1,2	1,2	1,4	1,6	1,8	2,5
Cap Bon	Nabeul	SE1	1980	2030							0,6	0,7	0,1	-	-	-
Cap Bon	Nabeul	SE3	1981	2030							2,0	1,8	1,7	-	-	-
Cap Bon	Nabeul	SE4	1979		x	x	x	x	x	x	6,5	6,3	7,8	10,1	11,2	11,9
Cap Bon	Nabeul	Soliman II	2004						x	x	2,5	2,6	3,5	3,0	3,5	3,8
Cap Bon	Nabeul	Tazerka-Maamoura	2017		x	x	x	x	x	x	0,5	0,6	0,8	0,9	1,0	1,2
Cap Bon	Nabeul	Bouargoub Industrielle	2030					x	x	x				0,2	0,2	0,2
Cap Bon	Nabeul	Grombalia Industrielle	2030					x	x	x				0,7	0,7	0,7
Cap Bon	Nabeul	Soliman Industrielle	2030					x	x	x				0,9	0,9	0,9
Cap Bon	Nabeul	Takelsa	2030					x	x	x				0,8	0,9	1,0
Cap Bon	Nabeul	Azmour	2040						x	x					0,1	0,1
Cap Bon	Nabeul	Menzel Horr	2040						x	x					0,2	0,2
Cap Bon	Nabeul	Sidi Jedidi	2040						x	x					0,1	0,1
Cap Bon	Nabeul	Tazeghrane	2040						x	x					0,1	0,1
										TOTAL FLUX	**28,7**	**25,2**	**30,3**	**36,5**	**40,9**	**45**
										dont traitement III (Mm	13,9	12,0	21,9	30,5	40,9	44,5
										dont traitement III (%)	48%	47%	72%	84%	100%	100%

Il faut cependant noter qu'en l'état actuel, **près de ¼ du flux d'EUT produit au Cap Bon présente des salinités supérieures à 3 g/L**, peu compatibles avec l'irrigation (agricole ou espaces verts). Cela concerne les STEP de Hammamet Sud et de Menzel Temime, comme indiqué dans le tableau ci-dessous. Cela peut être dû à des intrusions des eaux de nappes salines dans les réseaux d'assainissement ou à la nature des effluents touristiques reçus par la STEP de Hammamet Sud.

Tableau 46 : Salinité des eaux en sortie des STEP du Cap Bon pour l'année 2017 (ONAS, 2017)

STEP	Volume d'EUT produit (m3/an)	Taux de salinité en sortie de STEP (g/L)	Part du flux d'EUT en fonction des classes de salinité	Part du flux d'EUT en fonction du seuil de salinité 3 g/L
Grombalia	1 390 000	1,4	64%	76%
Kelibia	2 593 000	1,5		
SE3	1 808 000	1,5		
Menzel Bouzelfa	1 385 000	1,7		
El Haouaria	485 000	1,8		
SE1	586 000	1,9		
SE4	6 434 000	1,9		
Soliman 2	2 570 000	2,0		
AFH	379 000	2,0		
Bouargoub	675 000	2,5	12%	
Korba	2 669 000	2,9		
Hammamet Sud	5 491 000	3,2	24%	24%
Menzel Temime	1 107 000	3,3		

FLUX LIES AU PARC EPURATOIRE MUNICIPAL EN MILIEU RURAL

L'ONAS prévoit de développer au Cap Bon des stations avec des procédés d'assainissement semi-collectifs adaptés à des faibles volumes et aux milieux ruraux. La région du Cap Bon est particulièrement concernée par ces types de procédés de traitement, 3 STEP existent déjà et 2 autres sont projetées. Les volumes sont très faibles au regard des volumes produits par les centres urbains qui représentent l'enjeu principal de la REUT.

Tableau 47 : STEP rurales existantes et projetées au Cap Bon (ONAS, 2018)

STEP	Année de mise en service	Capacité (m3/j)	Equivalents Habitants (EH)	Procédés de traitement
Khanguet El Hojej	2002	96	2 000	Filtre planté à roseaux
El Mrissa	2009	400	2 760	Boue activée compacte mobile
Beni Ayech	2009	200	2 000	Drain filtrant
Boukrim	2030	?	?	?
Zaouiet Sidi Mgaiez	2030	?	?	?

FLUX INDUSTRIELS NON RACCORDES

Le CADRIN de l'ONAS inventorie 53 industries non raccordées au réseau d'assainissement collectif. Parmi ces industries, 23 sont des industries agro-alimentaires (conserveries de fruits et légumes, conserveries de poissons, huileries) et 5 sont des industries textiles. Seulement 9 d'entre elles réalisent des prétraitements. Les milieux de rejets des effluents sont des milieux naturels (lagune de Korba, oueds) ou des infrastructures d'assainissement individuelles (fosses septiques). Le tableau ci-dessous est un extrait du CADRIN de l'ONAS concernant la région du Cap Bon. Il indique les principales industries où le volume rejeté a été pu être estimé. D'après les données de la DGRE sur les prélèvements dans les nappes profondes, il apparait que les volumes rejetés par les conserveries prélèvent près de **400 000 m³/an** dans les nappes au niveau de Dar Allouche (DGRE, 2018).

Tableau 48 : Industries non raccordées au réseau d'assainissement collectif où le volume de rejet est évalué (ONAS, 2019)

Secteur d'activité	Prétraitement réalisé	Milieu de rejet	Volume rejeté (m³/an)
Transformation et conservation de tomates	Oui	Lagune Korba	100 000
Transformation et conservation de tomates	Non	Milieu Naturel	20 000
Transformation et conservation de tomates	Oui	Lagune Korba	13 000
Fabrication de fils et câbles isolés	Non	Oued Seltene	6 000
Fabrication de condiments et assaisonnements	Non	Fosse septique	4 000
Blanchisserie - teinturerie	Non	Fosse septique	2 000
Fabrication d'huiles d'olives	Non	Fosse septique	700
Préparation de jus de fruits et légumes	Non	Fosse septique	70
Fabrication de pompes, compresseurs et systèmes hydrauliques	Oui	Milieu Naturel	40
Fabrication de chaussures	Non	Fosse septique	30

10.1.2 Une offre en EUT qui pourrait réduire le déficit hydrique régional de 20 à 30 %

Il est rappelé que la plupart des chiffres ci-dessous proviennent de l'étude CRET (DGRE, 2019), du diagnostic du secteur de l'eau réalisé dans le cadre de la stratégie EAU 2050 (BPEH, 2019). Quand ces chiffres proviennent de d'autres sources de données, celles-ci sont bien précisées.

CLIMAT

Le Cap Bon est caractérisé par une pluviométrie plus élevée que la moyenne nationale car située dans la partie Nord du pays et subit l'influence maritime du littoral. En moyenne sur la période 1980-2009, **le cumul annuel de précipitation est de 447 mm/an** (±36 mm/an) (CHPclim, 2020).

Les projections climatiques à l'horizon 2050 sur différents secteurs, dont la zone hydrographique du Cap Bon et Nord Sahel, anticipent **une baisse des précipitations moyennes annuelles, de l'ordre de 10%** (MARHP, 2019) **dans le cadre du scénario RCP4.5, de 20% d'après le scénario RCP8.5**.

EAU DE SURFACE

Hydrologie

D'après les analyses et les modélisations hydrologiques de la troisième phase de l'étude CRET, **les écoulements sur la zone du Cap Bon représentent de 50 à 200 mm/an.** Toujours selon la même étude, cela correspondrait à un volume annuel écoulé dans les oueds du Cap Bon d'environ **250 Mm^3/an (140 – 700 Mm^3/an)**[24]. Les écoulements du Cap Bon correspondent à une part comprise entre 5% et 10% des écoulements de surface totaux de la Tunisie, bien qu'en termes de superficie le Cap Bon ne représente que 1,8% du territoire tunisien.

Les projections climatiques indiquent que les écoulements superficiels dans la zone du Cap Bon, Sahel Nord et oued Meliane **pourraient diminuer de près de 20 % à l'horizon 2050** dans le scénario le plus pessimiste (RCP8.5).

Ces résultats sont à prendre avec précaution car ils sont entachés de fortes incertitudes liées, entre autres, aux modélisations climatiques et hydroclimatiques. De plus, des disparités régionales importantes pourraient être masquées par cette analyse qui englobe un territoire bien plus grand que la seule zone du Cap Bon.

Ouvrages de stockage

La zone du Cap Bon compte **56 lacs collinaires** représentant un volume de **5,89 Mm^3**. Le Cap Bon compte également **35 barrages collinaires** pour une capacité totale de stockage de **35 Mm^3**.

En ce qui concerne les grands barrages, la zone du Cap Bon est équipée de **6 barrages**, dont le principal est celui de **Lebna.** Ce dernier est d'une capacité encore disponible de **23,3 Mm^3** et fait l'objet d'un phénomène important d'envasement, puisque depuis sa construction en 1986, le réservoir a perdu près d'un quart de sa capacité. Ce phénomène d'envasement affecte également, dans une moindre mesure, les cinq autres ouvrages. **La capacité de stockage actuelle de l'ensemble de ces six ouvrages est ainsi de 48,2 Mm^3**, alors que leur capacité initiale était de 69,1 Mm^3.

Transfert

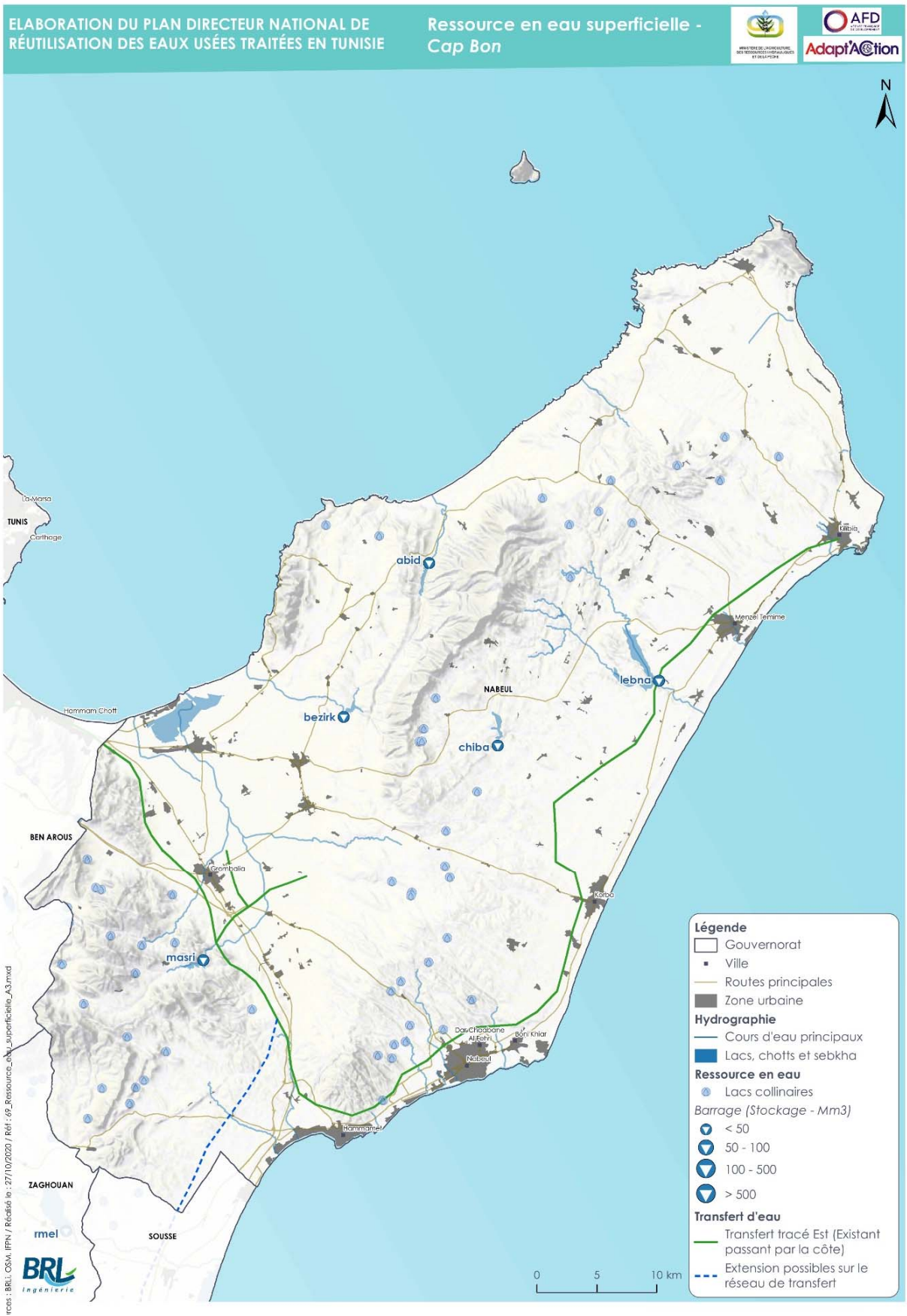
La région du Cap Bon est globalement déficitaire, c'est-à-dire que ses besoins en eau sont plus importants que les ressources en eau disponibles naturellement sur son territoire. La région bénéficie d'apports supplémentaires en eau de surface via les grands axes d**e transfert hydrique depuis la vallée de la Medjerdah et des eaux du Nord, à hauteur de 110 Mm^3/an**. L'alimentation en eau potable de la zone du Cap Bon, et notamment du pôle urbain Nabeul – Hammamet, est fortement dépendante de ces ressources de transfert. Il en va de même de l'agriculture. Il s'agit principalement des périmètres irrigués de sauvegarde des agrumes.

De façon globale, les ressources en eau des transferts de l'extrême Nord et des transferts de la Medjerdah auront **tendance à diminuer à l'horizon 2050, de l'ordre de 5% (scénario 4.5) à 10% (scénario 8.5)**.

Vue d'ensemble des eaux de surface

La carte ci-dessous reprend les transferts d'eau existants pour la région du Cap Bon ainsi que la localisation des barrages et des lacs collinaires.

[24] Cette plage de valeurs est très large car elle est élaborée par une lecture visuelle du dégradé de couleurs présents sur les cartes du rapport CRET de phase 3 et de ses annexes (DGRE, 2019).


ELABORATION DU PLAN DIRECTEUR NATIONAL DE RÉUTILISATION DES EAUX USÉES TRAITÉES EN TUNISIE
Ressource en eau superficielle - Cap Bon
AFD
AdaptA©tion
N
TUNIS
La Marsa
Carthage
Hammam Chott
BEN AROUS
ZAGHOUAN
SOUSSE
NABEUL
abid
bezirk
chiba
lebna
masri
rmel
Kélibia
Menzel Temime
Korba
Grombalia
Dar Chaabane
Al Fahri
Béni Khiar
Nabeul
Hammamet
Légende
Gouvernorat
Ville
Routes principales
Zone urbaine
Hydrographie
Cours d'eau principaux
Lacs, chotts et sebkha
Ressource en eau
Lacs collinaires
Barrage (Stockage - Mm3)
< 50
50 - 100
100 - 500
> 500
Transfert d'eau
Transfert tracé Est (Existant passant par la côte)
Extension possibles sur le réseau de transfert
0
5
10 km
BRL Ingénierie

EAUX SOUTERRAINES

Sur la zone du Cap Bon, on dénombre **six nappes phréatiques** dont les principales en termes d'exploitation et de ressources sont celles de Grombalia, de la Côte Orientale et de la plaine d'El Haouaria. Pour l'ensemble des six nappes de la zone, **le volume de ressources en eau pouvant être exploité de façon durable est de 183 Mm^3 par an**. Or, en 2015 le **volume total exploité** sur ces six nappes est de **252 Mm^3**. Il y a donc une **surexploitation globale des ressources en eau souterraine** de la péninsule du Cap Bon. La nappe de Grombalia est de loin la nappe qui fait face au **plus haut taux de surexploitation (208%** en 2015). La piézométrie accuse une baisse continue et une augmentation de la salinité des eaux. Deux décrets ont instauré des périmètres d'interdiction et de sauvegarde afin de limiter l'exploitation de la nappe (DGRE, 2016). Le Programme National d'Economie d'Eau (PNEE) a permis de réduire le taux d'exploitation des nappes phréatiques de la zone de Nabeul. En effet, le taux global d'exploitation est passé de 177% à 149%. Par ailleurs, en termes de qualité des eaux souterraines, **l'ensemble des nappes connait des épisodes de forte salinité au-dessus de 3 g/L.**

Les nappes profondes sont elles aussi surexploitées : leurs ressources annuelles sont estimées à 33 Mm^3 tandis que leur exploitation est à hauteur de 102 Mm^3, soit un **taux d'exploitation de 313 %**, en grandes partie pour des prélèvements agricoles**.**

EXPLOITATION DES EAUX

Dans la situation actuelle **les prélèvements tous usages confondus représentent un volume total de plus de 520 Mm^3**.

Actuellement, la **superficie totale de la région du Cap Bon irriguée à partir du Canal Medjerdah-Cap-Bon (CMCB) est de 20 100 ha** (CRDA Nabeul, 2020). Près de **40 Mm^3/an** sont apportés par ce canal pour répondre aux besoins de ces périmètres dans le cas d'une année humide. Cependant, ce volume varie fortement en fonction des années et peut descendre jusqu'à 27 Mm^3 en année sèche.

Les prélèvements pour l'alimentation en eau potable de la zone du Cap Bon sont estimés à 80 Mm^3/an en 2018, d'après les données du recensement de cette même année. A **l'horizon 2050**, la population de la zone du Cap Bon est projetée à environ **un million d'habitants**. Si la consommation unitaire devait rester identique, les prélèvements pour l'alimentation en eau potable représenteraient alors environ **plus de 100 Mm^3/an**. Actuellement les besoins en eau potable du Cap Bon (gouvernorat de Nabeul) sont en majorité satisfaits par les eaux de transfert. On estime que **près de 70 Mm^3/an sont prélevés en dehors du Cap Bon** pour l'alimentation en eau potable de la zone, soit 87% du prélèvement total pour l'AEP du Cap Bon.

Concernant l'usage pour la recharge de la nappe au Cap Bon, celui-ci est majoritairement alimenté par des barrages et lacs collinaires, pour un **volume annuel de recharge d'environ 2 Mm^3,** alloués gratuitement par la SECADENORD. Cependant, cet usage rencontre des difficultés à cause du manque d'entretien des sites, des frais d'énergie et du manque de moyens humains

VUE D'ENSEMBLE DES RESSOURCES EN EAU DU CAP BON ET DE LEURS USAGES ACTUELS ET POSITIONNEMENT DU POTENTIEL DE LA REUT

Situation actuelle et potentiel 2050

Le tableau ci-dessous établit à grands traits le bilan hydrique actuel de la zone Cap Bon en synthétisant les apports annuels renouvelables et les prélèvements. Il ajoute aussi à ce bilan la réduction potentielle du déficit actuel si 100 % des EUT étaient réutilisées. L'exercice est effectué pour les horizons 2020 et 2050.

Cap - Bon ***Situation actuelle***	Apports annuels renouvelables (Mm3)	Prélèvements effectifs (Mm3)	*Déficit* ***sans REUT*** *(Mm3)*	REUT		*Déficits* ***avec REUT*** *(Mm3)*	
				REUT - Dispo Pot 2020	REUT - Dispo Pot 2050		
Ecoulement	*250*						
dont stock. lacs coll.	**6**	**6**	***0***				
dont stock. barrages coll.	**35**	**35**	***0***				
dont stock. grds barrages	**48**	**21**	***0***				
Transfert CMCB	**109**	**109**	***0***				
Nappes phréatiques et profondes (total)	**216**	**354**	***138***				Part REUT / Déficit
Bilan Ress. Ren. - Usages 2020	**414**	**524**	***110***	25		***85***	**23%**
Bilan Ress. Ren. - Usages 2050	**414**	**541**	***127***		45	***82***	**35%**

Le niveau actuel de recours à la REUT (3 Mm^3) représente 3% du déficit hydrique global à l'échelle du Cap Bon (110 Mm^3).

Une exploitation de la REUT à son plein potentiel actuel (**25 Mm^3**) permettrait de **ramener le déficit à hauteur de 85 Mm^3.**

A l'horizon 2050, l'augmentation des besoins en eau potable conduira à dégrader le bilan de la zone **(déficit de 127 Mm^3**). **La REUT permettrait de le ramener potentiellement à 82 Mm^3 (réduction de 35 %).**

Les 2 tableaux ci-dessous reprennent le bilan en situation actuelle en y **intégrant des projections climatiques selon 2 scénarios de changement climatique différents** : le scénario 4.5 qui induirait une réduction modérée des ressources en eau et le scénario 8.5 qui induirait une plus forte réduction de ces ressources.

Projections climatiques – RCP 4.5 2050

Cap - Bon *CC - RCP 4.5 2050*	Apports annuels renouvelables (Mm3)	**Prélèvements effectifs (Mm3)**	*Déficit* ***sans REUT*** *(Mm3)*	REUT		*Déficits* ***avec REUT*** *(Mm3)*	
				REUT - Dispo Pot 2020	REUT - Dispo Pot 2050		
Ecoulement (-10%)	*250*						
dont stock. lacs coll.	**5**	**6**	***1***				
dont stock. barrages coll.	**32**	**37**	***6***				
dont stock. grds barrages	**43**	**22**	***0***				
Transfert CMCB (-5%)	**104**	**110**	***7***				
Nappes phréatiques et profondes (total) (-10%)	**194**	**371**	***177***				Part REUT / Déficit
Bilan Ress. Ren. - Usages 2050	**378**	**547**	***169***	25	45	***124***	**27%**

D'après le scénario 4.5, à l'horizon 2050, les apports annuels renouvelables du Cap Bon tendent à baisser **(-10% pour les ressources locales et -5% pour les eaux du Nord**) et les besoins pour l'irrigation (à surfaces constantes) tendent à augmenter **(+5%)** – du fait de la hausse de l'évapotranspiration. La combinaison de ces tendances dégrade fortement **le déficit de la zone (qui atteint 169 Mm³), partiellement compensé, potentiellement, par la REUT (déficit ramené à 124 Mm³, soit une réduction de de déficit d'environ 27%).**

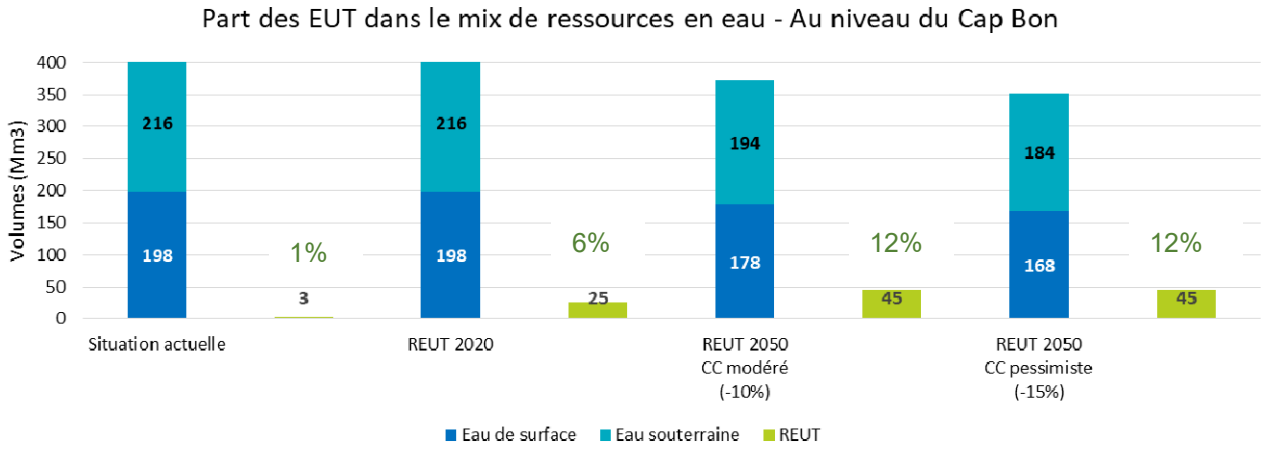
Projections climatiques – RCP 8.5 2050

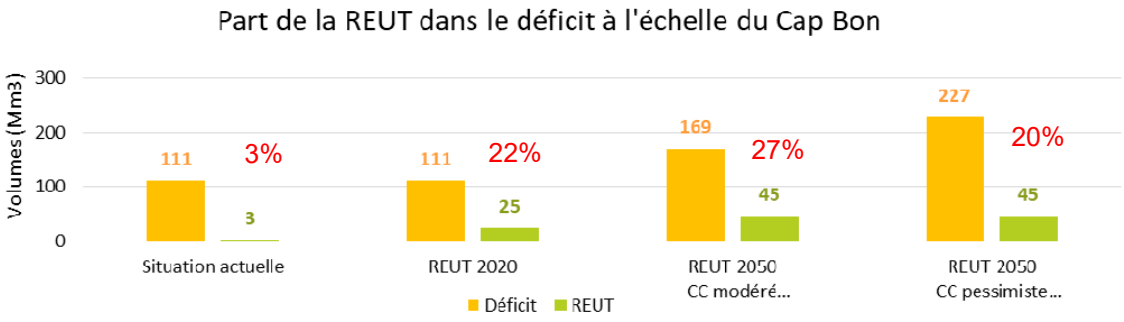
Cap - Bon *CC - RCP 8.5 2050*	Apports annuels renouvelables (Mm3)	Prélèvements effectifs (Mm3)	*Déficit **sans REUT** (Mm3)*	REUT		*Déficits **avec REUT** (Mm3)*	
				REUT - Dispo Pot 2020	REUT - Dispo Pot 2050		
Ecoulement (-20%)	*250*						
dont stock. lacs coll.	**5**	6,4	*2*				
dont stock. barrages coll.	**28**	39,1	*11*				
dont stock. grds barrages	**38**	22,9	*0*				
Transfert CMCB (-10%)	**98**	112	*14*				
Nappes phréatiques et profondes (total) (-20%)	**173**	388	*216*				Part REUT / Déficit
Bilan Ress. Ren. - Usages 2050	**342**	569	*227*	25	45	*182*	**20%**

D'après le scénario 8.5, à l'horizon 2050, les tendances s'amplifient, à la baisse pour les ressources en eau **(-20% pour les ressources locales et -10% pour les eaux du Nord**) et à la hausse pour les besoins (**+10% pour les besoins pour l'irrigation**, à surfaces constantes). La combinaison de ces tendances dégrade fortement le déficit de la zone **(qui atteint 227 Mm³**), partiellement compensé, potentiellement, par la REUT **(déficit ramené à 182 Mm³, soit une réduction de l'ordre de 20%).**

Les 2 graphiques ci-dessous résument à l'échelle du Cap Bon l**a part de REUT dans le bilan global des ressources en eau de la région** et dans le déficit selon différentes situation : la situation actuelle (3 Mm³ réutilisés), la situation aujourd'hui si 100 % des EUT étaient réutilisées et la situation en 2050 selon les 2 scenarios de projections climatiques.

Figure 52 : Part des EUT dans le mix de ressources en eau (haut) et dans le déficit (bas) à l'échelle du Cap Bon





10.2 CONTEXTE SOCIO-ECONOMIQUE AU CAP BON ET SES PERSPECTIVES D'EVOLUTION D'ICI 2050 EN LIEN AVEC LA REUT. QUELLE ACCEPTABILITE SOCIALE POUR LA REUT AUPRES DES USAGERS POTENTIELS ?

10.2.1 Une REUT agricole souhaitée par les agriculteurs pour sauver leurs cultures intensives menacées par la dégradation des ressources souterraines

PLACE DU SECTEUR AGRICOLE AU CAP BON

Le Cap Bon est une région agricole de premier ordre avec ses terres fertiles, sa pluviométrie régulière, la gestion des espaces arables et des ressources hydrauliques généreuses. Les cultures au Cap Bon sont tellement diversifiées que l'on peut affirmer, qu'excepté celles des oasis, toutes celles pratiquées en Tunisie s'y retrouvent dans cette région. La superficie agricole utile est limitée, elle représente **4% de la superficie agricole totale du pays**, alors que le Gouvernorat contribue à hauteur de **15 % dans la production agricole nationale.** Cette région est reconnue sur le plan agricole pour le savoir-faire de ses agriculteurs et pour sa spécialisation dans certains produits tels que **les tomates (35 % de la production nationale), les agrumes (74 %), la vigne (69 %), les piments, les plantes condimentaires et les fraises** (DGEDA, 2018). La superficie totale des périmètres irrigués de ce gouvernorat est de l'ordre de **47 000 ha**, soit près de **11% de la superficie totale des périmètres irrigués du pays**. **L'élevage extensif de bovins à viandes de race locales et des ovins** est également pratiqué avec des cheptels d'une moyenne de 3 têtes pour les bovins et 10 têtes pour les ovins.

Malgré un contexte environnemental favorable, cette région agricole fait face à plusieurs défis, dont notamment des **menaces de pénurie hydrique**. Le développement de l'agriculture intensive et de cultures fortement consommatrices en eau ont entrainé une importante surexploitation des eaux souterraines qui se traduit par une chute de la piézométrie et une baisse de la qualité des eaux, notamment en raison de l'intrusion marine. En raison notamment du déficit en eau, les conditions de l'activité agricole se sont fortement dégradées, ayant pour conséquence un important **mouvement d'abandon des terres**, plus particulièrement dans les zones littorales. Ceci a conduit les pouvoirs publics à mettre en œuvre, depuis plusieurs années, un vaste programme de mobilisation des ressources en eau pour la sauvegarde de l'agriculture irriguée et l'approvisionnement en eau potable des zones urbaines.

Les 3 cartes ci-dessous sont issues de la carte agricole de la Tunisie. Elles présentent différentes familles de cultures : arboriculture – céréales et fourrages – maraîchage. Pour chacune d'elles, les périmètres irrigués sont indiqués par un zonage rouge. Elles permettent ainsi d'illustrer l'occupation des terres agricoles au Cap Bon et de croiser ces éléments avec la localisation des STEP existantes et projetées.

Figure 53 : Zone Cap Bon : Carte agricole – Carte 1 : Vigne et arboriculture, périmètres irrigués (en rouge)

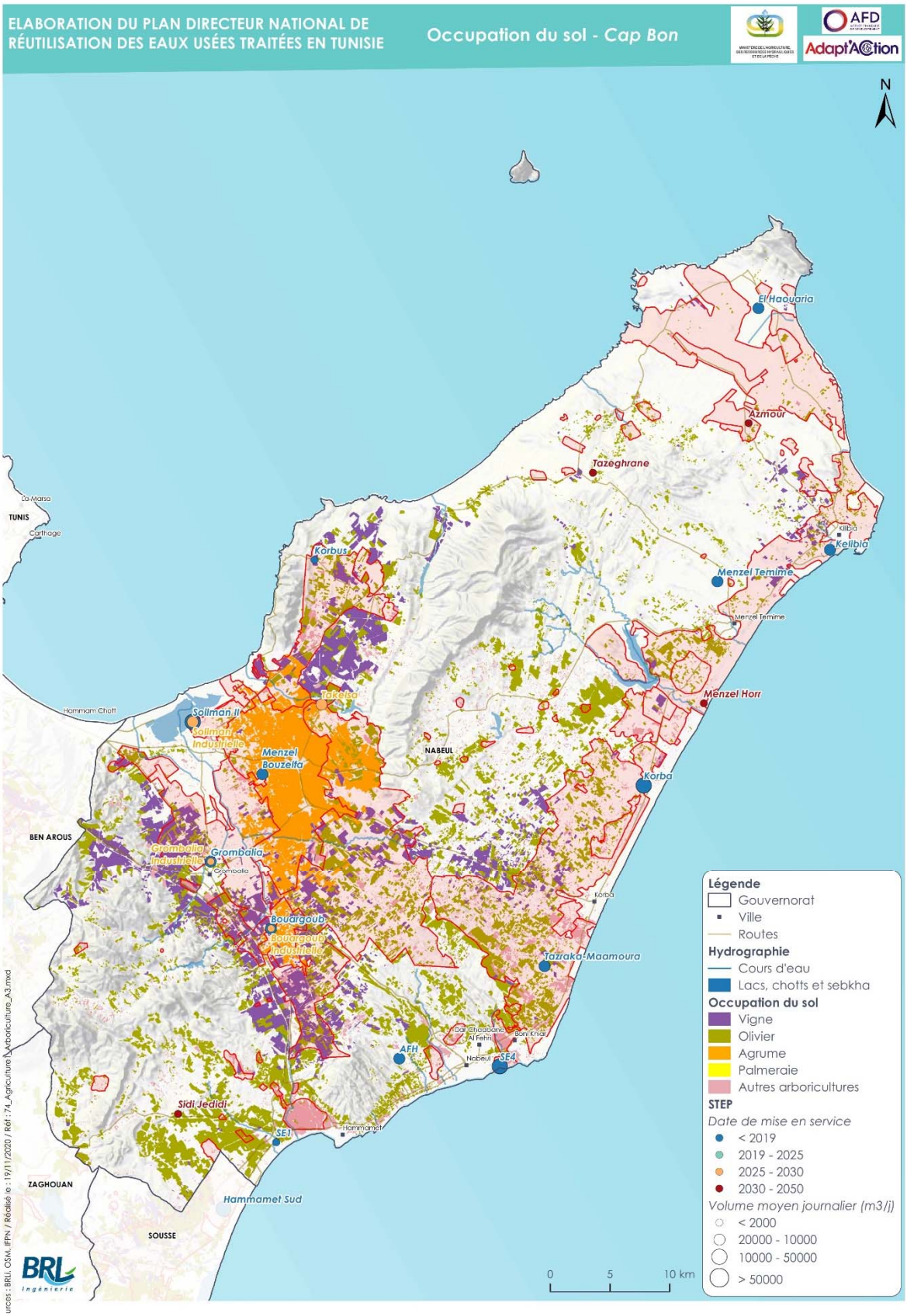


Figure 54 : Zone Cap Bon, Carte agricole – Carte 2 : Céréales (en jaune) et fourrages (en violet), périmètres irrigués (en rouge)

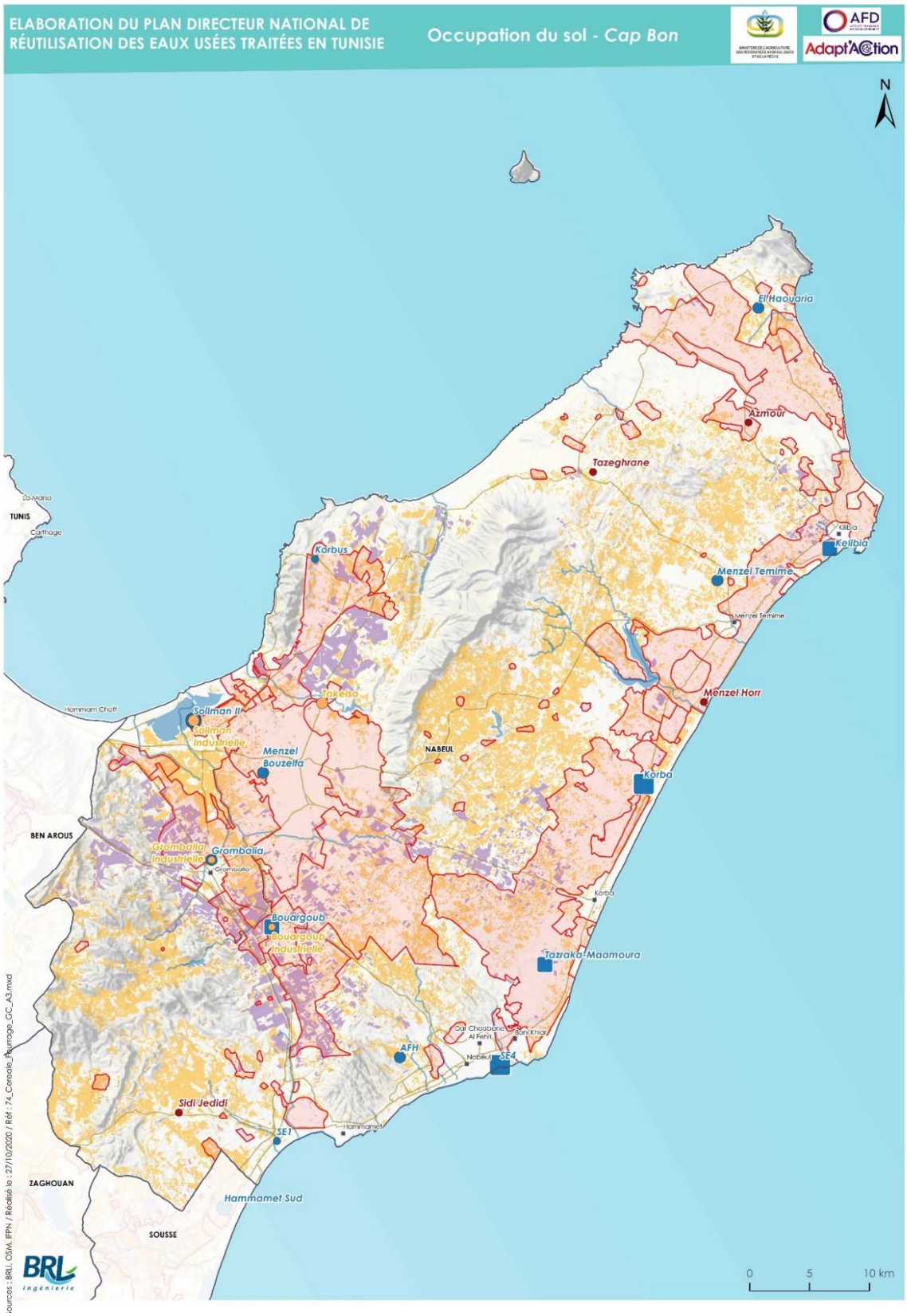
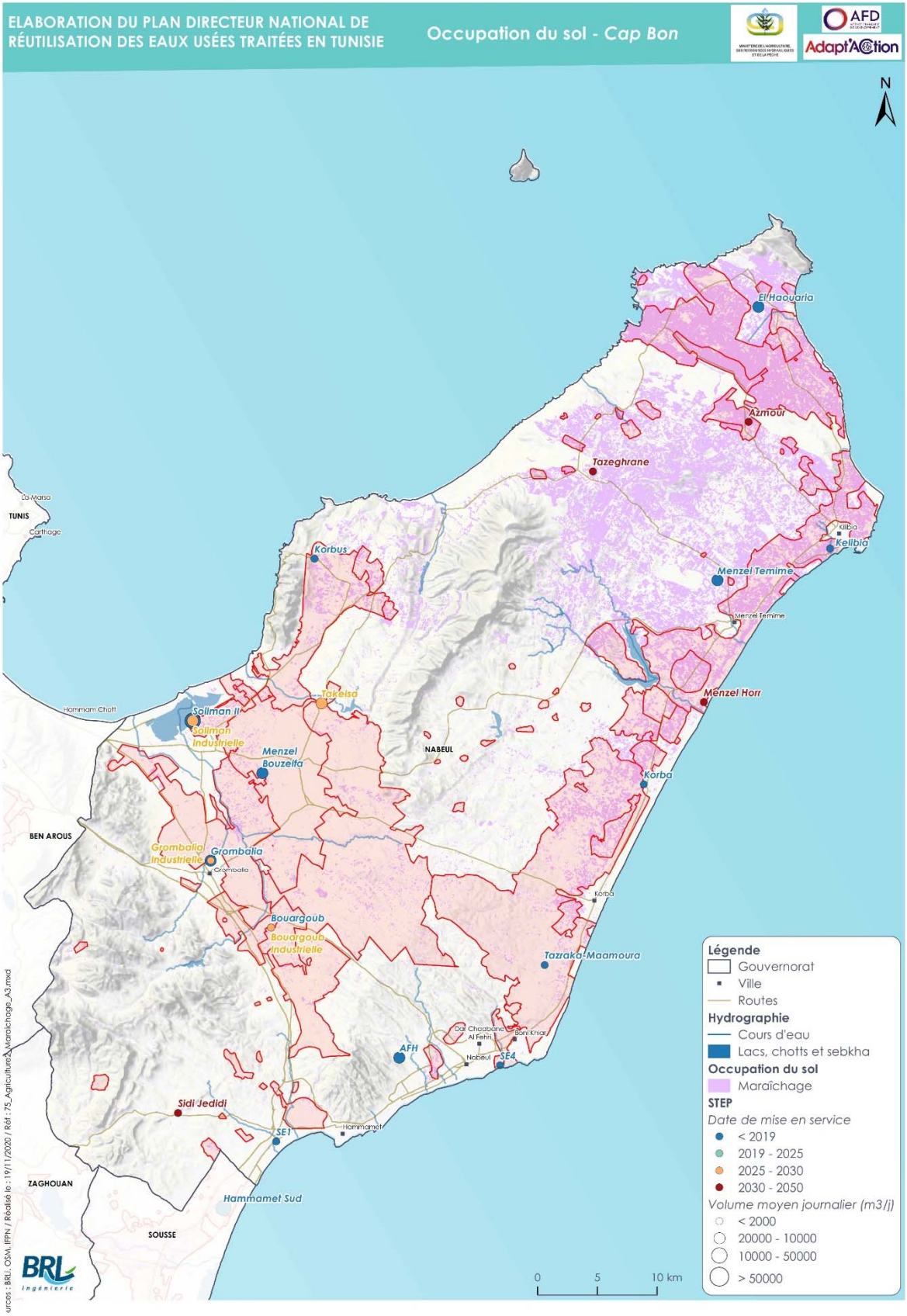


Figure 55 : Zone Cap Bon, Carte agricole – Carte 3 : maraîchage et périmètres irrigués (en rouge)



PERSPECTIVES AGRICOLES ET PROJETS DE REUT

A court terme, des projets sont en cours dans le gouvernorat de Nabeul sur la REUT dans le milieu agricole (DGGREE, 2018) :

- Une **étude de renforcement portant sur les 550 ha des 5 PPI à proximité de la ville de Nabeul** est en cours d'achèvement. Ces PPI sont alimentés par la STEP SE4 qui vient d'être réhabilitée et la STEP SE3. Le projet prévoit un doublement de la capacité de la station de pompage au niveau de SE4 afin d'augmenter la quantité d'EUT délivrée aux agriculteurs. En effet, ils ne reçoivent aujourd'hui pas assez d'eau par rapport à leurs besoins. Cette étude va donc permettre de valoriser l'existant.
- Dans le cadre du projet MENAWAR pour la réutilisation de l'eau non conventionnelle en agriculture dans les pays méditerranéens, l'ONAS prévoit **la création de 2 nouveaux périmètres irrigués** : un périmètre dans la zone de Ksar Saad qui sera alimenté par la STEP de Korba pour 50 ha d'oliviers et de fourrages et un périmètre à Kelibia pour 30 ha de fourrages.
- Une autre étude, dont l'avis d'appel d'offre est en cours de parution, prévoit d'étudier la possibilité de **création de 6 nouveaux périmètres irrigués pour une superficie totale de 500 ha**. Les localisations étudiées seront les terres agricoles à proximité des STEP de El Haouaria, Kelibia, Menzel Temime, Tazerka-Maamoura, Menzel Bouzelfa et Grombalia. Ce sont bien des nouvelles surfaces irriguées qui sont programmées et non une substitution des ressources conventionnelles par des EUT dans des périmètres existants. Cette étude montre la volonté des acteurs du territoire de développer la REUT dans la région.

Concernant les périmètres irrigués avec des eaux conventionnelles, **il n'y a pas, d'après entretien avec le CRDA de Nabeul, de nouvelles superficies prévues à court terme**. Concernant l'évolution de l'agriculture de la région à plus long terme, on liste ci-dessous quelques idées émises par les acteurs régionaux rencontrés dans le cadre de l'étude :

- Le **développement du maraîchage au niveau de Soliman** vient remplacer l'arboriculture alors que les périmètres maraîchers sont de plus en plus abandonnés au niveau de la côte orientale par manque de ressources en eau ;
- Un **plan de rajeunissement de 4 000 ha d'agrumes** est nécessaire, bien que la durabilité du système agrumicole va être conditionnée par la disponibilité des ressources en eau ;
- Un **développement de l'élevage bovin** (dont hors sol) et **des besoins en fourrages** est à prévoir avec l'abandon des périmètres maraîchers et la tradition d'élevage qui est ancienne dans la région.

MATURITE DE LA DEMANDE POUR LA REUT DANS LE SECTEUR AGRICOLE

27 agriculteurs aux profils variés (cultures pratiquées, irrigation ou non, etc.) ont été interrogés lors des enquêtes, répartis dans 6 délégations différentes. La grande majorité de ces agriculteurs sont favorables à la REUT. Au vu du contexte hydrique de la région, il semble que les agriculteurs commencent à **prendre conscience de la nécessité d'économiser l'eau** et de **trouver des ressources alternatives pour pérenniser leur activité.**

La relative réussite des périmètres irrigués avec les EUT à Nabeul donne confiance aux autres agriculteurs pour développer ce type d'irrigation. Certaines **zones sont prêtes pour des projets à court terme**, notamment sur la côte orientale où les agriculteurs sont déjà très impactés par la salinisation de la nappe. Pour les **zones à vocation maraîchère**, il sera m**oins aisé de développer des projets de REUT sur le court terme** mais les filières arboricoles et fourragères ont aussi leur importance dans ces zones. **Les craintes reposent surtout sur la sécurisation de l'approvisionnement, que ce soit en termes de quantité ou de qualité**. La carte ci-dessous synthétise les résultats des enquêtes en fonction des sous zones du Cap Bon. Ce découpage de la région en sous zones est explicité dans la partie 10.4.

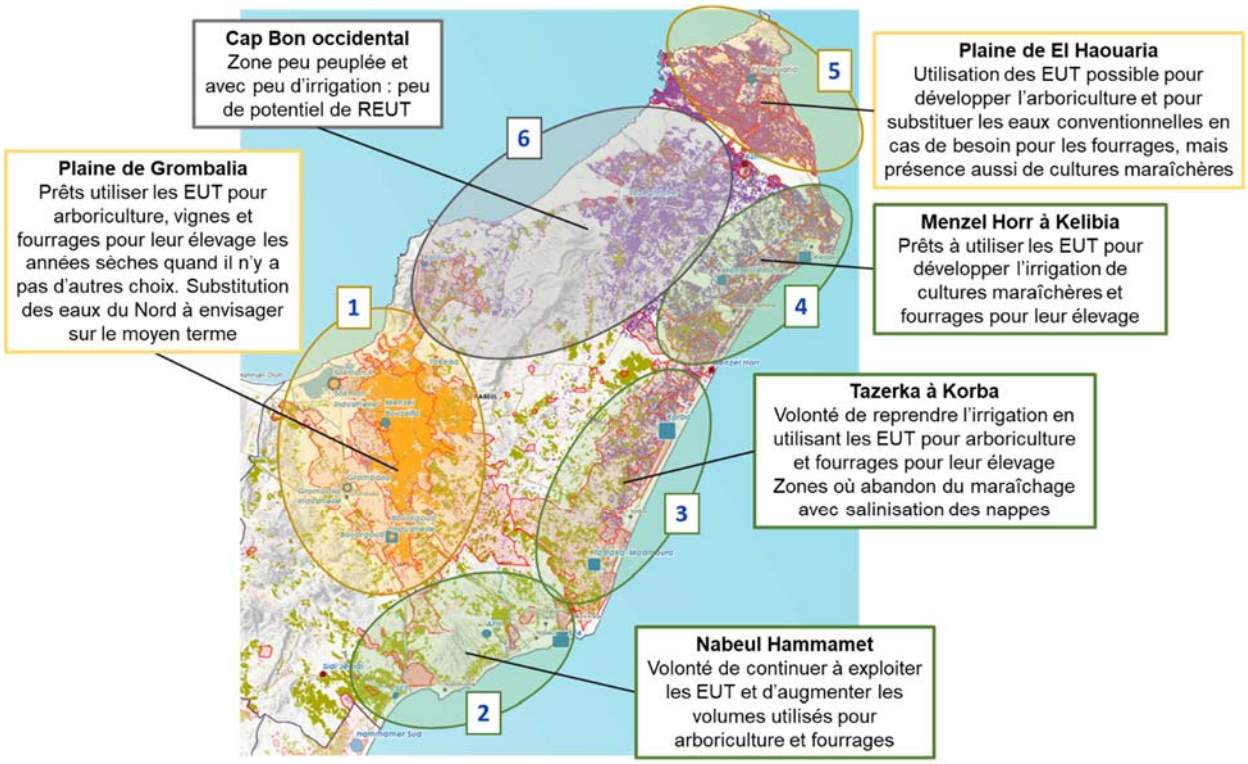


Figure 56 : Niveaux d'acceptabilité des agriculteurs à exploiter les EUT en fonction des sous zones du Cap Bon

10.2.2 Un secteur industriel actif aux consommations d'eau concentrées à Soliman et Grombalia

PLACE DU SECTEUR INDUSTRIEL AU CAP BON

Le Cap Bon est une région active au niveau industriel sur l'ensemble du territoire et ce secteur à tendance à gagner sur les emplois agricoles de la région. Les activités industrielles sont diversifiées, les secteurs les plus importants restent cependant le secteur textile qui représente 30 % des entreprises de la région et les industries agro-alimentaires qui représentent 19 %. L**es zones industrielles de Soliman et Grombalia consomment à elles seules 87 % des eaux potables allouées à l'industrie** dans la région (CGDR, 2018). Ces deux zones seront donc particulièrement à considérer dans les propositions de valorisation des EUT dans le secteur industriel.

PERSPECTIVES INDUSTRIELLES

D'après les projections de l'AFI, quatre zones industrielles vont être étendues : 55 ha à Menzel Temime, 82 ha à Bouargoub, 38 ha à Grombalia et 20 ha à Takelsa. **Les superficies des zones industrielles vont donc augmenter significativement, les portants de 235 ha à environ 430 ha**, ce qui augmentera la demande sur les ressources en eau (APII, 2019).

10.2.3 Des zones touristiques d'importance nationale regroupées au niveau de Nabeul et Hammamet

PLACE DU SECTEUR TOURISTIQUE AU CAP BON

Le positionnement géographique spécifique de la région du Cap Bon ainsi que la volonté politique ont favorisé - depuis les années 1970 - un développement notable du tourisme balnéaire autour du golfe de Hammamet avec une infrastructure touristique représentant **20% de la capacité hôtelière du pays** (CGDR, 2018). A elle seule, Hammamet est une zone de forte fréquentation touristique avec plus **d'1 million de touristes en 2018**, ce qui représente 88 % de la fréquentation régionale (ONTT, 2019).

Les deux zones touristiques limitrophes que sont **Nabeul Hammamet et Yasmine Hammamet consomment les trois quarts de l'eau potable totale utilisée pour l'usage touristique au Cap Bon** (CGDR, 2018). Quoique n'ayant pas encore de problème lié à la ressource en eau, la concurrence avec d'autres usages et les coûts de l'eau potable via la SONEDE commencent à peser notamment au niveau des grandes unités de Nabeul Hammamet et Yasmine Hammamet.

D'après une analyse sous SIG d'images satellitaires de Google Earth, réalisées dans le cadre de la présente étude, la superficie des espaces verts existants (sans les golfs) pour les principales zones touristiques est de **207 ha pour Yasmine Hammamet**, **177 ha pour Nabeul Hammamet et 28 ha pour Kelibia.**

Comme vu lors de la phase de Diagnostic, il existe actuellement **deux terrains de golf** au Cap Bon : Hammamet Yasmine, d'une superficie de 80 ha, et Hammamet Citrus avec 170 ha : Lorsque la STEP SE1 sera arrêtée, ce sera la STEP Hammamet Sud qui fournira les EUT aux golfs.

PROSPECTIVES TOURISTIQUES

Il est prévu par l'AFT d'aménager **une quatrième zone touristique au niveau de Korbous.** La capacité hôtelière serait de 6 000 lits sur une superficie de 370 ha (AFT, 2020). Au vu des difficultés actuelles rencontrées dans le secteur touristique, nous estimons que cette zone ne sera pas aménagée avant le moyen terme (2030). D'après les enquêtes auprès des hôteliers de la région, les extensions des capacités hôtelières des zones existantes et des superficies des espaces verts ne sont pas encore à l'ordre du jour des gestionnaires au vu du contexte actuel.

La stratégie du ministère du tourisme prévoit de réaliser un golf pour chaque 10 000 lits afin d'assurer aux golfeurs l'accès à 3 golfs dans un rayon ne dépassant les 45 min lors de leur séjour. Ainsi, il est prévu d'aménager **3 golfs additionnels dans la région du Cap Bon** sur le long terme. **A moyen terme, un troisième terrain de golf limitrophe aux deux premiers est prévu** (STDG, 2018)**.**

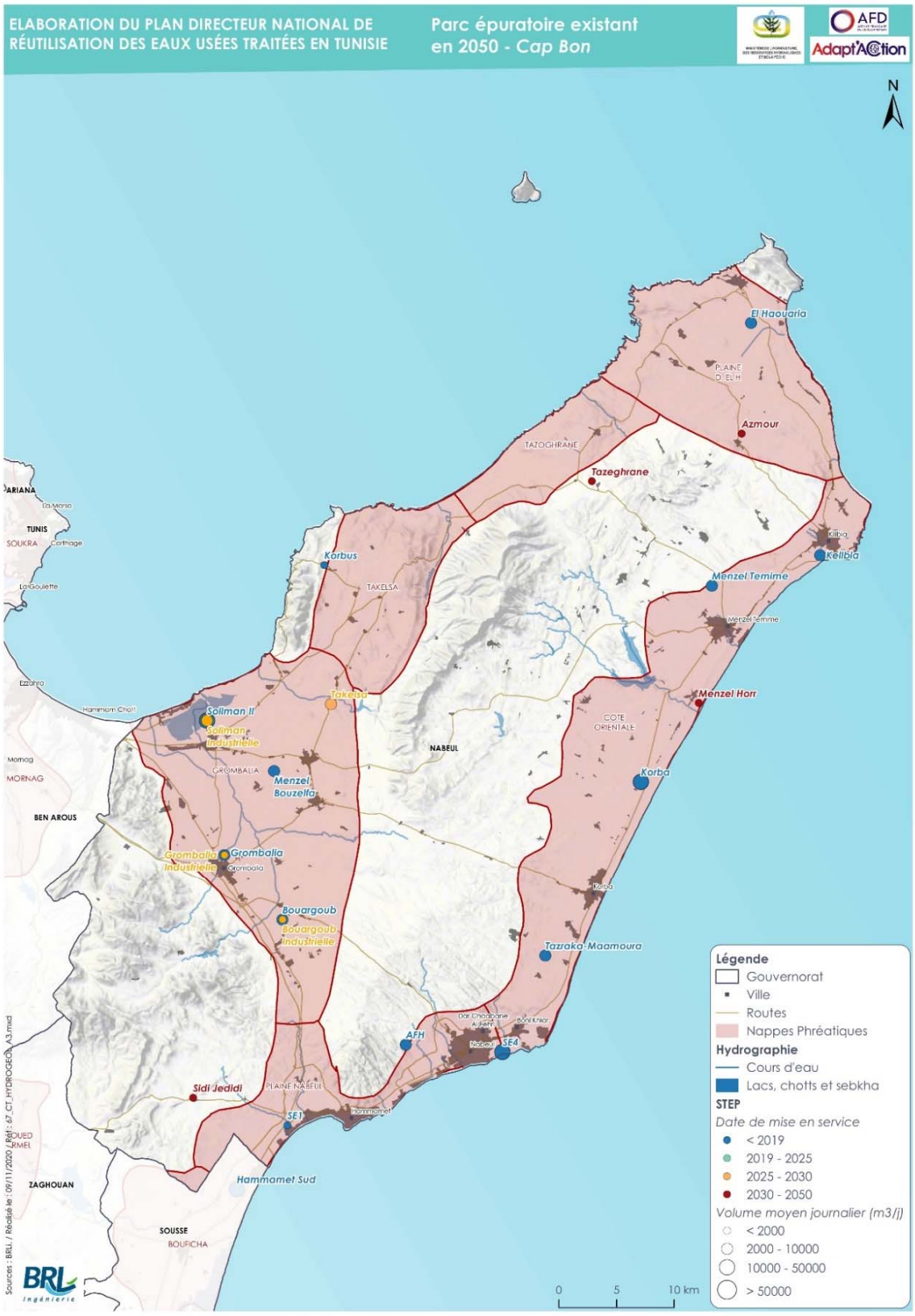
10.2.4 Des besoins en eau municipaux qui nécessiteront des ressources alternatives pour améliorer le cadre de vie

Les 2 municipalités principales du Cap Bon ont été interrogées lors des enquêtes. **La municipalité de Hammamet dispose d'environ 120 espaces verts couvrant une superficie de 160 hectares d'espaces verts irrigués** à partir des eaux potables de la SONEDE, à partir de deux anciens forages et anciennement à partir des eaux usées traitées à partir des STEP et réseaux de l'ONAS (la dernière pratique est actuellement en arrêt à cause de la qualité de traitement, du bouchage des tuyaux, et des difficultés d'entretien et de financement du réseau).

La municipalité de Nabeul dispose d'environ 170 espaces verts couvrant une superficie de 216 hectares irrigués à partir des eaux potables de la SONEDE et à partir de six puits de surface. L'Agence Foncière de l'Habitat compte aménager une cité dite Wafa (entre Hammamet Mrazga et Nabeul) de l'ordre de 18 ha d'espaces verts. Les besoins additionnels poussent les responsables communaux à envisager des prospections allant des sondages dans la zone, la mobilisation des eaux pluviales au niveau communal, l'encouragement des prévisions de citerne d'eau à domicile et la réutilisation des eaux usées pour l'irrigation/arrosage des espaces verts.

10.2.5 Des nappes phréatiques littorales menacées, un contexte hydrogéologique favorable à la recharge artificielle

La carte ci-dessous met en regard les STEP et les différentes nappes phréatiques du Cap Bon.



Nous rappelons, pour mémoire, qu'outre les **sites de Oued Souhil et de Korba** qui existent déjà pour la recharge avec les EUT, bien qu'ils soient actuellement en arrêt, la seule nappe mentionnée pour de la recharge au Cap Bon, dans des études antérieures, est celle de **Grombalia** (DGEQV, 2009). Les sites pressentis étaient les bassins d'infiltration existants de El Gobba et de Bouargoub, prévus à l'origine pour de la recharge avec les eaux du Nord. Ces sites sont non fonctionnels depuis 2010. D'autres anciens sites de recharge avec les eaux du nord existent : El Amrine à Menzel Bouzelfa et Sidi Alaya (Beni Khalled). Cependant, des remontées piézométriques de la nappe jusqu' l'affleurement ont causées l'asphyxie de cultures dans ces zones.

Pour les sites de **El Gobba et Bouargoub**, il a été proposé dans les études antérieures que la recharge soit effectuées avec les eaux produites par la **STEP Sud Méliane à Ben Arous**, ce qui demandait un transfert assez conséquent (DGEQV, 2009). Cette dernière éventualité est citée plus loin dans le rapport dans le cadre de l'analyse conduite pour la région du Grand Tunis et Zaghouan.

A **El Haouaria**, la recharge est techniquement possible au niveau de **El Ksab et Menzel Salem** à travers un **épandage** au niveau du cordon forestier littoral. La zone de Dar Chicou est cependant à éviter car la nappe phréatique et la nappe profonde sont connectées sur cette zone, et cette dernière est utilisée pour l'AEP.

Le tableau ci-dessous synthétise les recharges possibles par des EUT (liste de STEP avec les flux d'EUT produites aux différents horizons) pour les différentes nappes pour lesquelles une recharge est jugée potentiellement utile.

On indique également dans ce tableau :

- les enjeux auxquels peut répondre potentiellement cette recharge,
- les usages indirects possibles via un repompage dans la nappe qui sert alors de réservoir intersaisonnier,
- la qualification des contextes hydrogéologiques et fonciers pour mettre en œuvre pratiquement la recharge,
- la technique de recharge proposée.

Les nappes potentiellement rechargeables au vu du contexte hydrogéologique et foncier sont les **nappes de Grombalia (STEP de Grombalia et Bouargoub), Nabeul Hammamet (STEP SE4), Côte orientale (STEP SE4, Tazerka Maamoura, Korba) et de la plaine de El Haouaria (STEP El Haouaria).**

Tableau 49 : Liste des STEP associées à chaque nappe et potentiel de recharge par les EUT

Nappe	Enjeux auxquels pourrait répondre la recharge*					STEP pouvant être utilisées pour la recharge de la nappe	Contexte pour la recharge**		Production EUT 2020 (Mm^3)	Production EUT 2050 (Mm^3)	Ratio recharge potentielle / déficit quantitatif		Technique de recharge proposée	Usages indirects possibles
	Lutte contre l'intrusion du biseau salé (barrière hydraulique)	*Amélioration de la qualité des eaux de la nappe (dilution)*	*Fin d'un rejet en mer o u dans une zone sensible*	*Augmentation de la quantité d'eau disponible pour un usage indirect*	*Amélioration de la gestion de l'eau avec un stockage intersaisonnier hors période d'irrigation*		*Hydrogélogique*	*Foncier*			2020	2050		
Grombalia (déficit de – 55 Mm^3)	X NON	X	X	X	X	Soliman II	Pas favorable	Pas favorable	2,6	3,8	11%	17%	/	/
						Grombalia	Favorable	Favorable	1,3	1,8			Infiltration dans l'oued Bou Argoub, Bayoub, masri , El Bey….	Agriculture (zone arboricole)
						Menzel Bouzelfa	Peu favorable	Favorable	1,3	2,2			Bassins d'infiltration	Agriculture (zone agrumicole, puits de surface existants
						Bouargoub	Favorable	Favorable	0,6	0,7			Bassins d'infiltration existants	Zone agrumicole, puits de surface existants
						Takelsa	Pas favorable	Favorable	0,0	1,0			/	/
Côte orientale (déficit de – 10 Mm^3)	x	x	x	X	X	SE4	Favorable	Favorable	6,3	11,9	118%	216%	Bassins d'infiltration existants	Agriculture (maraîchage)
						Tazerka-Maamoura	Favorable	Favorable	0,6	1,2			Infiltration dans l'oued Essomaa-El Mazraa	Agriculture (maraîchage)
		x	x	X	X	Korba	Favorable	Favorable	1,6	2,4			Bassins d'infiltration existants avec possibilités d'extension	Agriculture (maraîchage)
						Menzel Temime	Pas favorable	Favorable	1,2	2,5			/	/
	x	x	x	X	X	Kelibia	Pas favorable	Favorable	2,0	3,5			/	/
						Menzel Horr	Localisation précise ?	Favorable	0,0	0,2			/	/
Plaine de El Haouaria (déficit de – 11 Mm^3)		x	x	x	x	El Haouaria	Favorable	Favorable	0,3	0,6	3%	7%	Epandage forestier à El Ksab, Menzel Salem	Agriculture (maraîchage)
						Azmour	Localisation précise ?	Favorable	0,0	0,1			/	/
Nabeul Hammamet (pas de déficit)	x	x	x	x	x	SE4	Favorable	Favorable	6,3	11,9	/	/	Bassins d'infiltration	Agriculture (maraîchage)
						AFH	Pas favorable	Pas favorable	0,5	1,9			/	/
						Hammamet Sud	Pas favorable	Pas favorable	4,3	8,8			/	/
						Sidi Jedidi	Pas favorable	Favorable	0,0	0,1			/	/

10.3 IMPACTS ACTUELS DES REJETS D'EAUX USEES SUR L'ENVIRONNEMENT ET LES ACTIVITES SOCIO-ECONOMIQUES AU CAP BON

L'objectif de cette partie est de dresser un inventaire global des principaux rejets d'eaux usées qui impactent actuellement l'environnement et/ou des activités socio-économiques. Cet inventaire a été enrichi par les acteurs locaux lors des entretiens régionaux et de l'atelier de concertation du Cap Bon qui a eu lieu le 26 février 2021.

10.3.1 Des milieux de rejets des STEP sensibles au niveau du littoral

Concernant les milieux de rejets des STEP, comme indiqué sur la carte ci-dessous, beaucoup d'entre elles rejettent presque directement en mer de par la géographie du Cap Bon et la concentration des villes sur le littoral. En tout, **8 STEP rejettent actuellement en mer.** Le Cap Bon étant une destination touristique, notamment au niveau de Nabeul - Hammamet, Kelibia et El Haouria, **ces rejets sont souvent proches de zones de baignade très fréquentées lors de la période estivale**. A Dar Chaabane, au niveau de la STEP SE4, le rejet impacte la plage à proximité de la zone touristique Nabeul Hammamet comme l'ont signalé les municipalités et les hôteliers lors des enquêtes. Certaines années la plage est interdite à la baignade (cf photo ci-dessous). D'après l'ONAS de Nabeul interrogé lors d'un entretien, il a été envisagé de faire un émissaire en mer à Dar Chaabane, mais le coût a été considéré trop élevé et la REUT agricole a été favorisée.



Figure 57 : Panneau d'interdiction à la baignade au niveau du rejet de la STEP SE4 et vision de la plage impactée par le rejet

Source : BRLi, mars 2019

Les STEP de Korba, Tazerka et Soliman II rejettent toutes les 3 dans des **lagunes littorales** considérées comme des zones humides d'importance nationale et classées Ramsar.

- Pour **Korba**, comme vu dans le diagnostic, une partie du rejet de la STEP est déversée dans la lagune pour un **soutien hydrologique** afin de conserver cette lagune menacée par l'urbanisation et l'agriculture (URAM, 2003). Ce rejet se veut positif. Cependant, il y a peu de suivi pour connaitre les réels impacts sur la quantité et la qualité de l'eau ainsi que la biodiversité du site.
- Pour **Tazerka**, le rejet est récent car la STEP a été mise en service en 2016. Depuis, la quantité d'eau arrivant à la lagune est trop importante, ce qui provoque la prolifération des moustiques comme indiqué par l'Association Tunisienne pour la Protection de la Nature et de l'Environnement de Korba (ATPNE) consultée dans le cadre de l'étude.
- Pour **Soliman** : plusieurs STEP (Grombalia, Menzel Bouzelfa et Bouargoub) déversent dans l'Oued El Bey qui se jette ensuite dans la lagune de Soliman puis finalement dans le Golfe de Tunis. La STEP de Soliman II quant à elle déverse directement dans la lagune.

10.3.2 Des communes rurales pas encore raccordées au réseau collectif d'assainissement

Bien que le Cap Bon ait un parc épuratoire assez conséquent par rapport à d'autres régions du pays, il existe encore des **zones rurales non raccordées où les EUB impactent les milieux récepteurs et risquent de contaminer les nappes**. Les communes citées lors de l'atelier de concertation régional sont Sidi Jedidi, Tazoghrane, El Mida, Fondouk El Jedid, etc. Des solutions d'assainissement sont projetées par l'ONAS pour ces communes, que ce soit le raccordement à des STEP existantes (El Mida à la STEP de Korba par exemple) ou la mise en place de stations d'assainissement rurales.

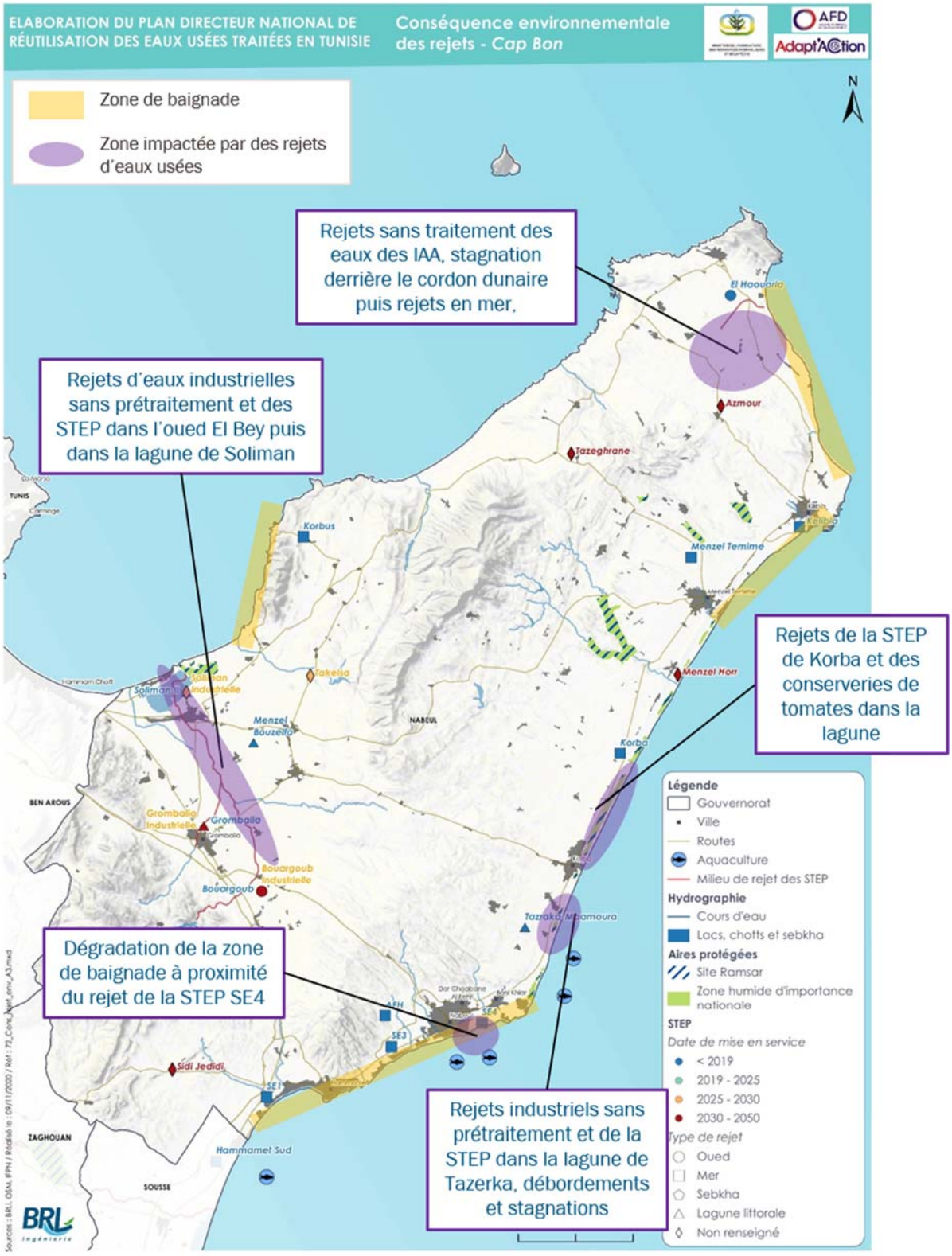
10.3.3 Des pollutions visibles liées aux rejets d'industries agro-alimentaires et d'usines textiles

Les **rejets des IAA sans prétraitements**, notamment des conserveries de tomates et de poissons, posent des problèmes environnementaux sur tout le Cap Bon. Au niveau de Dar Allouche par exemple, les eaux stagnent chaque année derrière le cordon dunaire à proximité des plages fréquentées en été (DEROUICHE, Le littoral du Cap Bon menacé par... le concentré de tomates : halte aux rejets non traités !, 2019). Les conserveries prélèvent près de **400 000 m³/an** dans les nappes au niveau de Dar Allouche (DGRE, 2018). Le même problème se posait avec les rejets dans la lagune de Korba mais la mise en place de prétraitements par les conserveries a amélioré la situation d'après l'ATPNE. L'ONAS estime qu'il y a **130 000 m³/an** de ces effluents qui sont rejetés dans la lagune de Korba (ONAS, 2019).

Au niveau de Tazerka Maamoura, des **usines de lavage des jeans et un abattoir** déversent dans la lagune des eaux usées peu ou pas traitées. Les nuisances causées auprès des riverains sont importantes (stagnation des eaux, mauvaises odeurs) ainsi que sur la biodiversité de la lagune, ce qui causé des manifestations et l'intervention du ministère de l'environnement en fin d'année 2019 (DEROUICHE, Lagune de Tazerka classée "Ramsar" : adieu les oiseaux d'eau !, 2019).

Des **eaux industrielles d'activités diverses** (IAA, usines textiles, usines de câblages, etc.) sont déversées tout le long de **l'Oued El Bey** et ses affluents avant d'être rejetées dans la lagune de Soliman. Ces rejets, souvent sans prétraitements, sont peu quantifiés dans le CADRIN de l'ONAS.

La carte ci-après synthétise les problématiques environnementales liées aux rejets d'EUT au Cap Bon.


ELABORATION DU PLAN DIRECTEUR NATIONAL DE RÉUTILISATION DES EAUX USÉES TRAITÉES EN TUNISIE
Conséquence environnementale des rejets - Cap Bon
AFD
Adapt'Action
Zone de baignade
Zone impactée par des rejets d'eaux usées
N
Rejets sans traitement des eaux des IAA, stagnation derrière le cordon dunaire puis rejets en mer,
Rejets d'eaux industrielles sans prétraitement et des STEP dans l'oued El Bey puis dans la lagune de Soliman
Rejets de la STEP de Korba et des conserveries de tomates dans la lagune
Dégradation de la zone de baignade à proximité du rejet de la STEP SE4
Rejets industriels sans prétraitement et de la STEP dans la lagune de Tazerka, débordements et stagnations
El Haouaria
Azmour
Tazeghrane
Korbus
Menzel Temime
Menzel Horr
Korba
Takelsa
Menzel Bouzelfa
Soliman Industrielle
Grombalia Industrielle
Grombalia
Bouargoub Industrielle
Bouargoub
Tazraka Maamoura
Sidi Jedidi
Hammamet Sud
TUNIS
NABEUL
BEN AROUS
ZAGHOUAN
SOUSSE
Légende
Gouvernorat
Ville
Routes
Aquaculture
Milieu de rejet des STEP
Hydrographie
Cours d'eau
Lacs, chotts et sebkha
Aires protégées
Site Ramsar
Zone humide d'importance nationale
STEP
Date de mise en service
< 2019
2019 - 2025
2025 - 2030
2030 - 2050
Type de rejet
Oued
Mer
Sebkha
Lagune littorale
Non renseigné
BRL

10.4 VALORISATIONS POSSIBLES DES EUT EN FONCTION DES DIFFERENTS CONTEXTES TERRITORIAUX DU CAP BON

L'évaluation du flux d'EUT à l'horizon 2050, les analyses sectorielles appuyées par les enquêtes auprès des usagers potentiels et les investigations sur les impacts environnementaux et socio-économiques des eaux usées permettent de dégager un panel de possibilités de valorisations des EUT pour le Cap Bon. Celui –ci a été découpé en **sous zones ayant chacune une cohérence agricole, économique, et environnementale** afin de proposer **des valorisations des EUT adaptées aux contextes de ces territoires**. Le découpage de ces sous-zones pour le Cap Bon est rappelé sur la carte suivante :

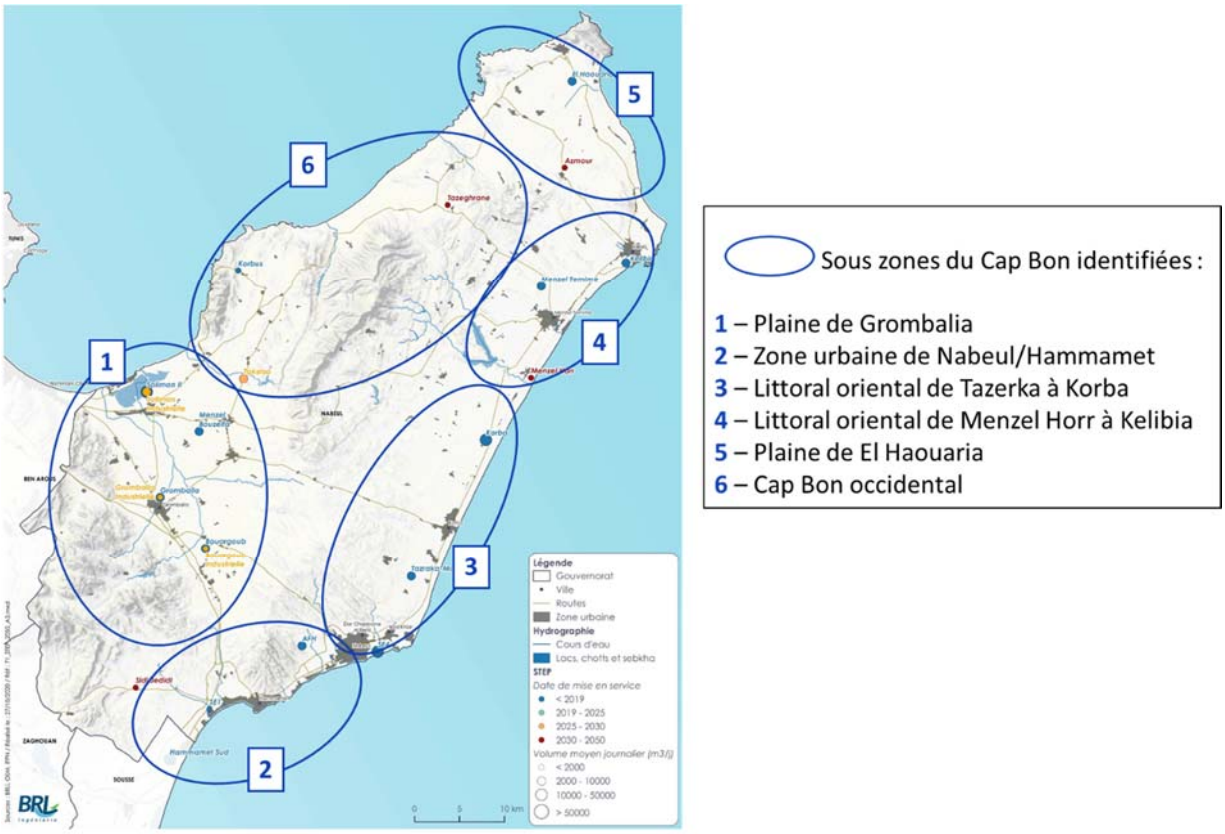


Figure 58 : Découpage de la région du Cap Bon en sous zones d'étude

L'inventaire des valorisations possibles des EUT présentées dans cette partie par sous zones a été alimenté par **l'atelier de concertation régional** qui a eu lieu le 26 février 2021. Cet atelier a été l'occasion d'échanger avec les acteurs du territoire sur les valorisations des EUT à privilégier dans les principales zones de production d'EUT du Cap Bon, à savoir la plaine de Grombalia, la zone urbaine de Nabeul Hammamet et le littoral oriental de Tazerka à Korba.

10.4.1 Sous-zone 1 : Plaine de Grombalia

Ressources en eau

Les projections à l'horizon 2050 indiquent que les eaux conventionnelles ne permettront plus de satisfaire les besoins des périmètres irrigués publics de la zone, principalement agrumicoles. D'une part, la **nappe de Grombalia est en très fort déficit** (55 Mm^3) et présente des pics de salinité en périodes bas niveaux (6 g/L) la rendant temporairement inutilisable pour l'agriculture. D'autre part, **la disponibilité des eaux du Nord va tendre à diminuer sous l'effet du changement climatique** (-10 à -20%), alors que leur sollicitation pour l'AEP, dont la demande devrait plus que doubler, augmentera.

Par ailleurs, les EUT produites localement ne sont pas aujourd'hui exploitées. Elles représentent à ce jour un gisement de **5,8 Mm^3 et un potentiel de 8,5 Mm^3 à l'horizon 2050**. A cela pourraient s'ajouter une partie des EUT du Grand Tunis. Le Cap-Bon, et la plaine de Grombalia en particulier, à proximité immédiate, constitue une destination à étudier pour le transfert de ces EUT (voir partie 12.4.2).

Agriculture

La **production agrumicole** revêt un caractère stratégique en termes d'exportation commerciale pour la Tunisie. Il semble essentiel d'en sécuriser l'approvisionnement en eau. Les **superficies viticoles** sont aussi étendues autour de la ville de Grombalia.

Autres secteurs économiques

Les **secteurs industriels** (1,1 Mm^3) et **touristiques** dans cette sous zone représentent un enjeu secondaire, bien que les rejets du secteur textile dans l'oued El Bey soient problématiques en termes qualitatifs.

Le tableau ci-dessous liste les idées de valorisations des EUT possibles pour la plaine de Grombalia, idées établies à l'issue des entretiens et enquêtes régionaux ainsi qu'au regard du contexte qui vient d'être exposé.

Tableau 50 : Possibilités de valorisation des EUT pour la sous-zone 1 : plaine de Grombalia

Idées de valorisation des EUT	Traduction des flux d'EUT en valorisations potentielles
Idée 1.a : Substitution des eaux conventionnelles pour l'irrigation *Substitution par des EUT (ou mélange avec ces EUT) des eaux du Nord pour l'irrigation des périmètres existants*	Part de la superficie irriguée actuellement, substituable des périmètres publics, en utilisant 100% du potentiel EUT : Agrumes : 11 % en 2020 (*1) pour 725 ha, 14 % en 2050 pour 920 ha
Idée 1.b : Création de nouvelles zones irriguées avec les EUT *Nouveaux PI agrumicoles et fourragers*	Nouveaux PI potentiels, en utilisant 100% des EUT : Agrumes : 2020 : 725 ha en 2020 (*2), 920 ha en 2050 Fourrages : 720 ha en 2020, 910 ha en 2050
Idée 1.c : Recharge de la nappe de Grombalia *Utilisation des bassins existants pour les eaux du Nord ?*	Réduction du déficit actuel de la nappe de l'ordre de 11 % en 2020 et de17 % en 2050, en utilisant 100% des EUT.
Idée 1.d : Amélioration du traitement pour des usages à plus haute valeur ajoutée *Maraîchage des PI existants*	Part de la superficie irrigable substituable, en utilisant 100% des EUT : Maraîchage : 20 % en 2020, 26 % en 2050
Idée 1.e : Utilisation des EUT dans le secteur industriel *Zones industrielles de Soliman et Grombalia*	Substitution possible à 100 % par des EUT des volumes en eau potable utilisés dans les ZI de Grombalia et Soliman, que ce soit en 2020 ou en 2050

Aide à la lecture du tableau :

*(*1) : ce chiffre signifie que, en utilisant 100% des EUT disponibles en 2020, on pourrait irriguer avec ces eaux, 4% des surfaces d'agrumes cultivées aujourd'hui dans la zone.*

*(*2) : ce chiffre signifie que, en utilisant 100% des EUT disponibles en 2020, on pourrait irriguer une surface additionnelle de 725 ha d'agrumes.*

On discute ci-après de l'opportunité de ces différentes idées de valorisations des EUT au regard du contexte territorial. En pratique, deux orientations sont envisagées :

Une première option consisterait à privilégier un usage direct des EUT pour la satisfaction du besoin en eau de la production agrumicole locale. La totalité des volumes d'EUT locaux viendraient alimenter une partie des périmètres existants en substitution des ressources en eaux du Nord. Le potentiel actuel et local d'EUT permettrait d'alimenter environ 725 ha d'agrumes, soit 11 % de la surface irriguée dans les périmètres publics dans la zone, et 920 ha à l'horizon 2050.

Une seconde possibilité serait de mettre plutôt l'accent sur la recharge de la nappe de Grombalia, dont le contexte hydrogéologique est très favorable à une recharge efficiente. Cette stratégie conduit à une réduction du déficit de la nappe de Grombalia, tout en permettant de maintenir la satisfaction du besoin en eau des périmètres qui exploitent cette nappe et d'utiliser ces eaux pour les cultures maraîchères.

Une variante pourrait consister un **mix des deux orientations présentées**, en exploitant une partie des EUT pour satisfaire directement le besoin en eau des périmètres arboricoles lors des périodes d'irrigation, et en orientant une autre partie des EUT pour la recharge de la nappe de Grombalia pour un **stockage inter saisonnier**. Cette variante a été d'ailleurs mentionnée par les acteurs lors de l'atelier de concertation, en précisant que la recharge pouvait utiliser les bassins existants à Bouargoub qui étaient à l'origine prévus pour la recharge avec des eaux conventionnelles.

Connaissant les impacts des activités textiles dans l'oued El Bey, une solution pourrait être de **recycler l'eau des industries textiles** en circuit fermé afin de répondre aux enjeux environnementaux et en limitant les prélèvements en eau potable. Cette solution, citée par les acteurs lors de l'atelier de concertation, serait aussi plus facile techniquement et économiquement à mettre en place à l'échelle des industries plutôt que de faire revenir les eaux des STEP de l'ONAS. Pour les acteurs régionaux, comme mentionné lors de l'atelier de concertation, ce recyclage permettait aussi de faire participer les industriels aux efforts de réduction des consommations d'eau.

L'ensemble des orientations envisagées conduisent à la réduction de la vulnérabilité de la lagune de Soliman, milieu récepteur dans lequel les EUT sont aujourd'hui déversés en totalité.

10.4.2 Sous-zone 2 : Région de Nabeul-Hammamet

Ressources en eau

La région de Nabeul-Hammamet est **plutôt bien dotée en ressources en eau**, avec la proximité du transfert des eaux du Nord (CMCB), un nombre important de barrages collinaires et la nappe de Nabeul-Hammamet. Le **bilan hydrologique est excédentaire**, principalement du fait que les usages quantitatifs restent limités. La nappe Nabeul-Hammamet est exploitée à hauteur de 25 Mm^3, soit 81% de son potentiel annuel renouvelable. Elle présente cependant des salinités élevées localisées (5 g/L) la rendant inutilisable pour l'agriculture, de façon temporaire et localisée.

Par ailleurs, comme indiqué, les EUT produites localement y sont déjà exploitées pour des usages agricoles, à hauteur de **17% du potentiel actuel (14,5 Mm^3**). A **l'horizon 2050**, elles représentent un **gisement très significatif**, d'environ **24,2 Mm^3**, soit plus que la totalité des volumes prélevés annuellement dans la nappe Nabeul-Hammamet.

Agriculture

L'activité agricole dans ce secteur consiste principalement en des **vergers, de grandes cultures céréalières, du fourrage pour l'élevage, pour la plupart en sec, ainsi que du maraichage autour de puits et forages**.

Autres activité économiques

Le secteur touristique y est très développé, au niveau des zones touristiques de Nabeul Hammamet et Yasmine Hammamet. Cela a aujourd'hui pour conséquence un certain nombre d'impacts environnementaux, parmi lesquels la **dégradation de la qualité des eaux de baignade** des plages environnantes par **les rejets de la STEP SE4**. Il s'agit cependant d'un **secteur économique stratégique au niveau national**, qu'il convient de préserver.

Le tableau ci-dessous liste les idées de valorisations des EUT possibles pour la sous-zone Nabeul Hammamet, idées établies à l'issue des entretiens et enquêtes régionaux ainsi qu'au regard du contexte qui vient d'être exposé.

Tableau 51 : Possibilités de valorisation des EUT pour sous-zone 2 : région de Nabeul-Hammamet

Idées de valorisation des EUT	Traduction des flux d'EUT en valorisations potentielles
Idée 2.a : Création de nouvelles zones irriguées avec les EUT *Nouveaux périmètres agrumicoles et fourragers, extension des périmètres déjà irrigués avec des EUT actuellement*	Nouveaux périmètres irrigués potentiels, en utilisant 100% des EUT : Arboricoles : en 2020, 1 900 ha ; en 2050, 3 000 ha Oliviers : en 2020, 4 200 ha ; en 2050, 6 700 ha
Idée 2.b : Recharge de la nappe de Nabeul-Hammamet	Nappe non déficitaire. Le potentiel d'EUT représent 66% des prélèvements dans la nappe en 2020 et plus de 100% en 2050.
Idée 2.c : Irrigation des espaces verts des zones touristiques et des municipalités	Superficie irrigable d'espaces verts, en utilisant 100% des EUT : 550 ha à 1200 ha en 2050, soit 1,5 et 3 fois les surfaces existantes.
Idée 2.d : Irrigation des golfs	Superficie irrigable de golfs, en utilisant 100% des EUT : 438 ha à 956 ha en 2050, soit 2 à 3 fois les surfaces existantes.
Idée 2.e : Transfert vers la zone agricole de Bouficha, Sidi Jedidi ou Hammam Jedidi (5 – 10 km) *STEP de Hammamet Sud*	Nouveaux périmètres potentiels créés en transférant 100% des EUT de la STEP de Hammamet Sud : Arboricoles : 650 ha en 2020, 1 150 ha en 2050 Oliviers : 1 430 ha en 2020, 2 550 ha en 2050 (proposition du CRDA de Nabeul) Substitution potentielle des eaux du barrage Rmal dans le PPI existant de Bouficha : 100 ha de vergers, 100 ha de vignes, 600 ha d'oliviers, soit 67 % du volume d'EUT de la STEP en 2020 et 38 % en 2050

On discute ci-après de l'opportunité de ces différentes idées de valorisations des EUT au regard du contexte territorial. En pratique, trois orientations sont envisagées :

Une première orientation possible est de consacrer les EUT principalement à l'agriculture, et tout d'abord pour **l'intensification et l'extension des périmètres irrigués utilisant déjà les EUT**, principalement pour l'arboriculture et le fourrage. Cette orientation va dans le sens du projet de doublement de la station de pompage au niveau de la STEP SE4 et serait la première action à mettre en place pour la région d'après les discussions de l'atelier de concertation. Concernant les volumes de la STEP de Hammamet Sud, ils seraient **transférés vers les secteurs déficitaires du Cap-Bon (exemple : Bouficha** dans le gouvernorat de Sousse où une agriculture pluviale et arboricole est pratiquée, ou pour substituer les eaux du barrage Rmal dans le PPi existant pour de l'arboriculture). Les superficies irriguées créées atteindraient au maximum 1 430 ha d'oliviers en 2020 et 2 550 ha en 2050. La distance entre la STEP et cette zone agricole est comprise entre 5 et 10 km. Cela requiert cependant des infrastructures de transfert dont il est nécessaire d'évaluer l'opportunité économique (voir partie sur les analyses coûts bénéfices).

Une seconde possibilité consisterait à satisfaire au maximum les besoins touristiques (golfs, espaces verts dans la mesure de la faisabilité technique qui sera à préciser), eu égard à leur importance économique, et ces besoins étant localisés à l'endroit même où ces EUT sont produites. La satisfaction des besoins identifiés à l'horizon 2050, en faisant l'hypothèse que 50 % de la superficie est irriguée, soit 192 ha d'espaces verts et 465**Une dernière possibilité serait d'orienter ces volumes pour la recharge de la nappe Nabeul-Hammamet**, avec pour but la lutte contre l'intrusion du biseau salé, plus qu'un besoin quantitatif, cette nappe étant encore excédentaire. Le site existant de recharge de nappe de Oued Souhil serait réhabilité voir étendu. Cependant, il est à noter que les STEP de cette zone étant en milieu urbain, les possibilités de nouveaux sites de recharge via des bassins d'infiltration sont limitées au niveau foncier.

Au cours de l'atelier de concertation, privilégier au maximum l'irrigation agricole directe comme dans la première orientation semblait faire consensus. Pour les volumes résiduels de la zone qui ne pourront pas être valorisés dans le secteur agricole (exemple de la STEP AFH en plein milieu urbain), il a été proposé qu'ils soient utilisés dans d'autres secteurs (irrigation de golfs, espaces verts, valorisation forestière).

L'ensemble des orientations envisagées conduisent à la réduction des rejets et à une amélioration de la qualité de l'eau dans les zones de baignade, stratégiques pour l'activité touristique.

10.4.3 Sous-zone 3 : Littoral oriental de Korba à Tazerka

Ressources en eau

Le littoral oriental bénéficie des ressources de la nappe phréatique Côte Orientale. Dans certaines zones comme au niveau de Korba, les eaux souterraines ne permettent déjà plus de satisfaire les besoins des périmètres irrigués maraîchers. En effet, la **nappe Côte Orientale est en déficit global (10 Mm^3**), avec une dépression piézométrique marquée. Elle présente également des **pics de salinité** (parfois jusqu'à 19 g/L) la rendant durablement inutilisable pour l'agriculture. Les puits de surface et les périmètres en dépendant tendent à être abandonnés. Concernant les possibilités de recharge dans cette nappe, la réflexion doit être conduite de façon très locale et différenciée. **Aux alentours de Korba et Tazerka, le contexte hydrogéologique est très favorable à une recharge efficiente**. Il peut même être envisagé une recharge via l'oued Essomaa El Mazraa plutôt que par des bassins d'infiltration plus coûteux au niveau de Tazerka.

Les EUT produites localement représentent à ce jour un gisement de 5,8 Mm^3 et un potentiel de 10,4 Mm^3 à l'horizon 2050.

Agriculture

La **production maraichère** revêt un caractère stratégique en termes d'approvisionnement du Grand Tunis, et plus largement en termes de sécurité de l'approvisionnement alimentaire pour la Tunisie. Il semble essentiel d'en sécuriser l'approvisionnement en eau.

Autres secteurs économiques

Les **secteurs industriels et touristiques** représentent un enjeu secondaire en termes quantitatifs. Cependant, la zone de Korba se spécialise dans le lavage des textiles. Les rejets de cette industrie menacent de dégrader l'équilibre environnemental des lagunes jalonnant le cordon littoral, déjà fragilisé par les impacts de l'urbanisation et de l'agriculture.

Environnement

Par ailleurs, les EUT produites au niveau de la STEP de Korba sont aujourd'hui partiellement utilisées pour du **soutien hydrologique à la lagune de Korba** (0,3 Mm^3/an d'après les rapports annuels de l'ONAS alors que les besoins sont estimés à 1,5 Mm^3/an). Les EUT de la STEP de Tazerka sont elles aussi déversées dans la lagune littorale de Tazerka mais cela provoque des nuisances importantes pour les riverains car elles provoquent des débordements de lagune et donc des proliférations de moustiques, en plus des rejets industriels non traités.

Le tableau ci-dessous liste les idées de valorisations des EUT possibles pour la sous-zone du littoral oriental de Korba à Tazerka, idées établies à l'issue des entretiens et enquêtes régionaux ainsi qu'au regard du contexte qui vient d'être exposé.

Tableau 52 : Possibilités de valorisation des EUT pour la sous-zone 3 : littoral oriental de Korba à Tazerka

Idées de valorisation des EUT	Traduction des flux d'EUT en valorisations potentielles
Idée 3.a : Substitution des eaux conventionnelles pour l'irrigation (dont reprise des PI abandonnés) *Substitution par des EUT (ou mélange avec ces EUT) des eaux de nappe trop salées pour l'irrigation des périmètres existants*	Part de la superficie irriguée actuellement, substituable, en utilisant 100% des EUT : Autres arbo : en 2020, 26% pour 290 ha; en 2050, 41% pour 430 ha Fourrage : N/A.
Idée 3.b : Création de nouvelles zones irriguées avec les EUT *Nouveaux PI arboricoles et fourragers*	Nouveaux PI arboricoles potentiels, en utilisant 100% des EUT : en 2020, 332 ha ; en 2050, 468 ha Nouveaux PI fourrages potentiels, en utilisant 100% des EUT : en 2020, 272 ha ; en 2050, 385 ha.
Idée 3.c : Recharge de la nappe Côte orientale *Bassins existants et extensions*	Réduction de 22 % en 2020 à 36 % en 2050 du déficit actuel de la nappe, en utilisant 100% des EUT
Idée 3.d : Amélioration du traitement pour des usages à plus haute valeur ajoutée *Maraîchage des PI existants*	Part de la superficie irrigable substituable, en utilisant 100% des EUT : Maraîchage : 15 à 23 %
Idée 3.e : Alimentation de la lagune de Korba	1,5 Mm^3/an si réponse aux besoins estimés

On discute ci-après de l'opportunité de ces différentes idées de valorisations des EUT au regard du contexte territorial. En pratique, deux orientations sont envisagées :

La totalité du volume des EUT pourrait être dédié, dans une <u>première possibilité,</u> vers la recharge de la nappe. Cette recharge permettrait la **réduction de son déficit quantitatif (22% à 36% en 2050 du déficit actuel)**. Les acteurs de l'atelier de concertation ont insisté pour étudier en détail cet usage sur cette zone.

<u>Une autre possibilité</u> est de privilégier l'irrigation directe pour reprendre les périmètres existants mais abandonnés. L'ancienne vocation maraîchère de ces périmètres changerait pour des cultures qui nécessiteraient une qualité d'EUT moindre comme l'arboriculture et les fourrages. D'après les acteurs régionaux, la création de quelques périmètres irrigués en plus de la recharge de nappe peut être envisagée pour répondre à des besoins locaux en eau pour l'arboriculture et le fourrage (exemple de la localité de Ksar Saad près de Korba).

Ces deux orientations **réduisent les rejets directs des EUT dans la lagune de Tazerka.** Concernant la lagune de Korba, il semble pertinent de conserver l'alimentation existante par les EUT.

10.4.4 Sous-zone 4 : Littoral oriental de Menzel Horr à Kelibia

Ressources en eau

La situation hydrologique du littoral oriental de Menzel Horr à Kelibia est comparable à celle observée entre Korba et Tazerka. La principale différence est le contexte hydrogéologique. Il est **défavorable à une recharge efficiente**. La recharge de la nappe Côte Orientale ne peut donc pas être envisagée dans cette zone.

Les EUT produites localement représentent à ce jour un gisement de **3,2 Mm³ et un potentiel de 6,1 Mm³** à l'horizon 2050.

Agriculture

La production maraichère y est développée. Il semble important d'en sécuriser l'approvisionnement en eau. Les maraichers interrogés au cours des enquêtes ont montré un intérêt à l'utilisation des EUT. L'alternative est **l'irrigation du fourrage pour l'élevage ou de l'arboriculture voir de la vigne** comme dans le périmètre existant qui utilise déjà les EUT.

Autres secteurs économiques

Outre l'agriculture, **le secteur touristique** tend par contre à se développer à Kelibia, avec l'attrait de la baignade.

Le tableau ci-dessous liste les idées de valorisations des EUT possibles pour le Nord de Kelibia, idées élaborées à l'issue des entretiens et enquêtes régionaux ainsi qu'au regard du contexte qui vient d'être exposé.

Tableau 53 : Possibilités de valorisation des EUT pour la sous-zone 4 : littoral oriental au Nord de Kelibia

Idées de valorisation des EUT	Traduction des flux d'EUT en valorisations potentielles
Idée 4.a : Substitution des eaux conventionnelles pour l'irrigation *Substitution par des EUT (ou mélange avec ces EUT) des eaux de nappe trop salées pour l'irrigation des périmètres existants*	Part de la superficie irriguée actuellement substituable, en utilisant 100% des EUT : Autres arbo : N/A Fourrage : en 2020, 12% pour 400 ha; en 2050, 19% pour 650 ha
Idée 4.b : Création de nouvelles zones irriguées avec les EUT *Extension du PI avec des EUT existant et nouveaux PI arboricoles et fourragers*	Nouveaux PI arboricoles potentiels, en utilisant 100% des EUT : en 2020, 480 ha ; en 2050, 800 ha Nouveaux PI fourrages potentiels, en utilisant 100% des EUT : en 2020, 400 ha ; en 2050, 650 ha.
Idée 4.c : Amélioration du traitement pour des usages à plus haute valeur ajoutée *Maraîchage des PI existants*	Part de la superficie irrigable substituable, en utilisant 100% des EUT : Maraîchage : 12 à 20 %
Idée 4.d : Utilisation des EUT pour la zone touristique de Kelibia *Irrigation des espaces verts hôteliers*	Potentiel de 250 à 450

On discute ci-après de l'opportunité de ces différentes idées de valorisations des EUT au regard du contexte territorial. En pratique, deux orientations sont envisagées :

Une <u>première possibilité</u> serait de dédier les volumes d'EUT à l'irrigatio agricole avec l'intensification et à l'extension du périmètre irrigué utilisant déjà les EUT au niveau de Kelibia. Au niveau de Menzel Temime, au vu de l'intérêt des agriculteurs pour développer l'irrigation pour des fourrages, il y a des opportunités de **création de nouveaux périmètres irrigués.** Au total sur la zone, le potentiel de développement est à hauteur de 480 ha pour l'arboriculture et 400 ha pour du fourrage.

Une <u>seconde possibilité</u> consisterait à satisfaire les besoins en eau des espaces verts de la zone touristique, ce qui ne représente que 0,2 Mm^3 actuellement, soit 3% à 6% des volumes d'EUT produits localement.

A plus long terme, au vu de l'orientation agricole de la région, le traitement de ces STEP pourrait être plus poussé pour permettre aux agriculteurs de ne pas être limités pour **les cultures maraîchères** (potentiel de 500 en 2020 à 800 ha en 2050, soit 12 à 20% de la surface maraichère de la zone.).

Dans tous les cas, ces orientations conduiront à la réduction des rejets des EUT des STEP à proximité des zones de baignade, bénéfique pour le milieu récepteur et la qualité des eaux de baignade.

10.4.5 Sous-zone 5 : plaine d'El Haouria

<u>Ressources en eau</u>

La **nappe de El Haouria**, principale ressource en eau du secteur, est en **déficit global (11 Mm^3),** avec une dépression piézométrique marquée, et deux exutoires à l'Est et au Nord-Ouest favorisant l'intrusion saline. Elle présente ainsi des **pics de salinité** (5 g/L) la rendant inutilisable pour l'agriculture, de façon temporaire et localisée. Le **contexte hydrogéologique est favorable à la recharge**. L'exploitation de la nappe pour l'AEP au niveau de la forêt Dar Chichou rend cependant impossible la recharge de la nappe aux environs pour des raisons sanitaires.

Par ailleurs, les EUT produites localement représentent un volume très limité : **0,3 Mm^3 aujourd'hui à 0,7 Mm^3 à l'horizon 2050**, alors que les prélèvements dans la nappe El Haouaria s'élèvent à 50 Mm^3. Les EUT représentent ainsi moins de 1% des ressources en eau renouvelables de la zone.

<u>Agriculture</u>

Les prélèvements dans la nappe et les quelques barrages collinaires alimentent une vaste zone agricole principalement dédiée au **maraichage.** De **l'arboriculture fruitière et des fourrages** sont aussi irrigués dans cette zone.

<u>Autres secteurs économiques</u>

Les **industries agroalimentaires** prélèvent leurs ressources en eau dans les nappes (conserveries de tomates par exemple). A noter que ces conserveries sont responsables d'importants rejets au niveau de Dar Allouche, qui souvent stagnent au niveau du cordon dunaire, induisant d'importantes nuisances à proximité de plages très fréquentées.

Le tableau ci-dessous liste les idées de valorisations des EUT possibles pour la sous-zone de la plaine de El Haouaria, idées établies à l'issue des entretiens et enquêtes régionaux ainsi qu'au regard du contexte qui vient d'être exposé.

Tableau 54 : Possibilités de valorisation des EUT pour la sous-zone 5 : plaine d'El Haouaria

Idées de valorisation des EUT	Traduction des flux d'EUT en valorisations potentielles
Idée 5.a : Substitution des eaux conventionnelles pour l'irrigation *Substitution par des EUT (ou mélange avec ces EUT) des eaux de nappe trop salées pour l'irrigation des périmètres existants*	Part de la superficie irriguée actuellement substituable, en utilisant 100% des EUT : Fourrage : en 2020, 2% pour 40 ha; en 2050, 3%.pour 75 ha

Idées de valorisation des EUT	Traduction des flux d'EUT en valorisations potentielles
Idée 5.b : Création de nouvelles zones irriguées avec les EUT *Nouveaux PI arboricoles et fourragers*	Nouveaux PI arboricoles potentiels, en utilisant 100% des EUT : en 2020, 50 ha ; en 2050, 95 ha. Nouveaux PI fourrages potentiels, en utilisant 100% des EUT : en 2020, 40 ha ; en 2050, 75 ha.
Idée 5.c : Recharge de la nappe d'El Haouaria *Epandage forestier ?*	Réduction de 3 % en 2020 à 7 % en 2050 du déficit actuel de la nappe
Idée 5.d : Amélioration du traitement pour des usages à plus haute valeur ajoutée *Maraîchage des PI existants*	Part de la superficie irrigable substituable : Maraîchage : 1 à 2 %

On discute ci-après de l'opportunité de ces différentes idées de valorisations des EUT au regard du contexte territorial. En pratique, deux orientations sont envisagées :

Une <u>première possibilité</u> serait d'exploiter les EUT en remplacement des eaux de la nappe utilisées actuellement pour irriguer le fourrage et les oliviers, situés aux environs de la STEP d'El Haouaria, même si les surfaces en jeu sont modestes (40 à 75 ha, soit 2% à 3% des surfaces existantes de ce type).

Une <u>seconde option</u>, visant toujours à sécuriser l'approvisionnement en eau des zones maraichères, consisterait en un épandage forestier des EUT au niveau de la pointe à l'extrême nord du Cap Bon (El Ksab et Menzel Salem). Cela contribuerait à recharger la nappe de façon marginale, à hauteur de 3% à 7% du déficit annuel de la nappe si la totalité des EUT étaient utilisées, et à limiter modestement le phénomène d'intrusion du biseau salé.

S'agissant des **rejets des industries agro-alimentaires**, une solution pourrait être de réutiliser ces eaux pour irriguer les terres agricoles à proximité. Comme indiqué dans la partie 10.3, ces rejets sont estimés à **400 000 m³/an**, ce qui représente la possibilité d'irriguer près de **130 ha d'oliviers.**

10.4.6 Sous-zone 6 : Cap Bon occidental

<u>Ressources en eau</u>

Les nappes de Tazoghrane et Takelsa constituent la principale ressource en eau renouvelable de la zone occidentale du Cap Bon, en plus de quelques retenues collinaires. Ces nappes sont exploitées à hauteur de 22 Mm^3, représentant 91% de leur potentiel renouvelable. Hormis de légères dépressions piézométriques localisées autour de quelques forages, le faible niveau de prélèvement a permis de contenir l'intrusion du biseau salé.

Par ailleurs, les EUT produites localement, nulles à ce jour, représenteront un volume très limité, une fois la STEP de Takelsa mise en place : de l'ordre de **1 Mm³ à l'horizon 2050**, soit aux alentours de 4% des ressources en eau renouvelables de la zone. Le potentiel de REUT est donc très limité.

<u>Agriculture</u>

L'activité agricole dans ce secteur consiste principalement en des vergers, du maraichage, des céréales et du fourrage pour l'élevage, pour la plupart en sec. L'irrigation y est très peu répandue. Les secteurs industriels et touristiques y sont également peu développés.

Le tableau ci-dessous liste les idées de valorisations des EUT possibles pour le Cap Bon occidental, idées établies à l'issue des entretiens et enquêtes régionaux ainsi qu'au regard du contexte qui vient d'être exposé.

Tableau 55 : Possibilités de valorisation des EUT pour la sous-zone 6 : Cap Bon occidental

Idées de valorisation des EUT	Traduction des flux d'EUT en valorisations potentielles
Idée 6.a : Substitution des eaux conventionnelles pour l'irrigation *Substitution par des EUT (ou mélange avec ces EUT) des eaux de nappe pour l'irrigation des périmètres existants*	Part de la superficie irrigable substituable, en utilisant 100% des EUT en 2050 : Fourrages : 2% pour 100 ha Autres arbo : 8% pour 130 ha Céréales : 6% pour 470 ha
Idée 6.b: Création de nouvelles zones irriguées avec les EUT *Nouveaux PI arboricoles, céréaliers et fourragers*	Nouveaux PI arbo potentiels, en utilisant 100% des EUT : en 2050 : 130 ha Nouveaux PI fourrages potentiels en 2050 : 100 ha Nouveaux PI céréales potentiels 2050 : 470 ha

Les volumes produits pourront être orientés vers des usages agricoles existants, pour les fourrages ou les céréales, en substitution aux eaux conventionnelles. Ces substitutions pourront être envisagées pour respectivement 2% (105 ha) et 8% (473 ha) des surfaces actuellement irriguées.

10.4.7 Synthèse des valorisations possibles des EUT par sous zones

La carte ci-dessous rappelle de manière illustrée les idées de valorisations possibles des EUT qui ont été proposées pour chaque sous-zones et montre la variété des possibilités en fonction des contextes territoriaux

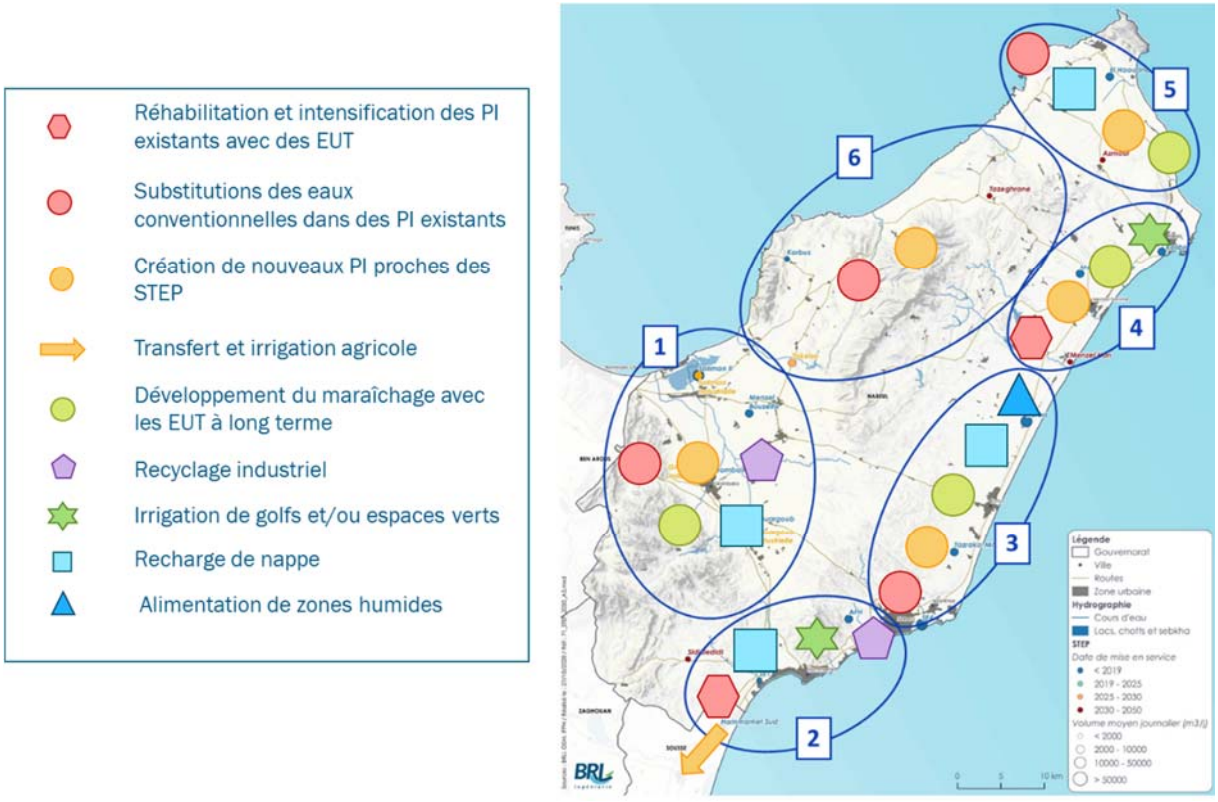


Figure 59 : Synthèse des valorisations des EUT possibles par sous zones du Cap Bon

10.5 QUELS SONT LES SCENARIOS POSSIBLES ET COHERENTS POUR VALORISER LES EUT DU CAP BON ?

10.5.1 Formulation des scénarios prospectifs proposés

VALORISATIONS DES EUT COMMUNES AUX SCENARIOS PROPOSES

Il est proposé que certaines valorisations des EUT soient appliquées à l'ensemble des scénarios, notamment la **préservation de l'existant** avec la **réhabilitation et l'intensification des périmètres irrigués** au niveau de Nabeul sur la STEP SE4 et du périmètre privé de Kelibia, ainsi que **l'irrigation des 2 golfs existants**. Concernant les **effluents industriels**, ils sont de plus en plus considérés comme des ressources, après des prétraitements efficaces, et ils sont r**ecyclés** au sein des unités industrielles, ce qui réduit le volume arrivant aux STEP. Il est estimé que ce recyclage concernera 20 % des effluents produits en 2025, 50 % d'ici 2030 et 80 % en 2040.

Les scénarios proposés ci-après sont à considérer avec celles du Grand Tunis qui envisagent pour certaines un transfert des EUT vers le Cap Bon, et notamment vers la plaine de Grombalia pour la recharge de la nappe ou pour alimenter les périmètres agrumicoles et viticoles.

10.5.1.1 Scénario 1 : Les EUT, une ressource pour réduire le déficit hydrique régional

Dans ce scénario, les acteurs régionaux, face au constat sur **l'état de stress hydrique et son aggravation**, que ce soit par la diminution de l'apport des eaux du Nord avec le changement climatique, la dégradation des eaux de nappe et l'augmentation des besoins en eau potable, **considèrent les EUT comme une ressource à part entière dans le mix des eaux conventionnelles.** Pour cela, des structures régionales portent la compétence de gestion intégrée des ressources en eau avec un pouvoir de décision au niveau de la politique régionale de l'eau. **Les EUT sont utilisées pour palier la diminution des autres ressources pour des usages existants.** Les usages concernés sont particulièrement les **périmètres irrigués déjà en place produisant les cultures spécifiques de la région afin d'aider à leur préservation**, à savoir les agrumes et les produits maraîchers comme les fraises, les tomates, les piments, etc. Néanmoins, une attention particulière sur la salinité des STEP du littoral est maintenue afin de s'assurer de la faisabilité de l'irrigation de ces produits maraichers. Les **niveaux d'investissement consentis pour la REUT sont conséquents**, notamment pour la mise en place de traitements poussés pour irriguer du maraîchage avec au minimum une filtration membranaire et un procédé de désinfection pour les STEP concernées. En pratique, soit ces EUT remplacent de manière totale les eaux conventionnelles, soit elles sont mélangées pour obtenir un effet de dilution. Les agriculteurs des périmètres arboricoles à proximité des STEP sont accompagnés dans le processus de rajeunissement de leurs plantations par des aides conditionnées à l'exploitation des EUT, ce qui aide à l'acceptabilité de ce type de valorisation à moyen terme, en parallèle d'une sensibilisation accrue sur le stress hydrique et les impacts du changement climatique.

Au niveau des zones touristiques, notamment pour les zones où peu de substitution agricole est possible, comme à Nabeul ou Kelibia, **les espaces verts existants qui utilisaient jusque-là de l'eau de la SONEDE, sont exclusivement irrigués avec des EUT.**

10.5.1.2 Scenario 2 : Les EUT, une ressource supplémentaire pour développer de nouveaux usages

Dans ce scénario, **la REUT est considérée comme une solution pour alimenter de nouveaux usages sans avoir recours aux eaux du Nord ou des eaux souterraines déjà surexploitées.** La priorité est mise sur l'**agriculture** afin de **développer les zones rurales peu pourvues en ressources conventionnelles** et où la mise en place de périmètres irrigués renforce le revenu des agriculteurs. Dans ce scénario, ce sont les CRDA et les GDA qui sont les principaux acteurs au niveau régional de cette REUT. Le niveau d'ambition technologique en termes de traitement est moindre que dans le scénario 1 car les cultures irriguées dans les nouveaux périmètres concernent des arbres fruitiers divers ou des fourrages avec le développement de filières d'élevage. Sur la côte orientale, ces spéculations viennent remplacer les anciennes zones maraîchères, abandonnées à cause de la salinisation des nappes côtières. Les agriculteurs, qui possèdent un savoir-faire en irrigation, n'ont plus accès à d'autres ressources et acceptent donc plus aisément cette nouvelle ressource. En accord avec la stratégie du ministère du tourisme, les **4 golfs projetés** dans la zone de Hammamet sont créés en étant irrigués avec les EUT, en plus des 2 golfs existants. Outre le secteur golfique, la REUT reste surtout du ressort du secteur agricole dans ce scénario.

Ce scénario est celui qui a été jusque-là développé au Cap Bon, comme le montre les études en cours pour l'aménagement de nouveaux périmètres irrigués autour de 6 STEP.

10.5.1.3 Scenario 3 : Les EUT, un moyen de protection des ressources souterraines et des milieux sensibles

La dégradation des milieux environnementaux sensibles du Cap Bon (nappes, lagunes littorales, forêt, etc.) alerte les acteurs régionaux. Dans ce scénario, la **stratégie de REUT priorise la préservation de l'environnement proche des STEP et celle des eaux souterraines**. L'implication du ministère de l'environnement au niveau régional pour la REUT en est renforcée. Afin d'améliorer la qualité des eaux de nappe et ainsi conserver les usages qui en prélève l'eau, **les EUT sont utilisées au maximum pour les recharger afin de créer une barrière hydraulique contre l'invasion du biseau salé**. Les usages qui peuvent profiter de la dilution des eaux des nappes sont par exemple **les périmètres maraichers** de la côte orientale ou **les périmètres arboricoles** de la plaine de Grombalia. Cependant, cette recharge s'accompagne d'une limitation des prélèvements agricoles dans les nappes afin qu'elle permette de combler effectivement leur déficit hydrique. Un cadre institutionnel précis est créé pour la recharge de nappe avec les moyens et les compétences nécessaires pour le suivi des projets. **Les sites de recharge existants, mais non fonctionnels à ce jour (2021), de Oued Souhil et Korba sont réhabilités et étendus**. Les autres bassins existants pour les eaux conventionnelles comme ceux de Bouargoub reçoivent désormais plutôt des EUT. D'autres méthodes de recharge sont mises en place comme l'infiltration favorisée dans les oueds, via des aménagements spécifiques, ou l'épandage forestier. **Des débits sont estimés pour subvenir aux besoins des lagunes littorales** afin qu'elles puissent garder un équilibre hydrologique favorable pour la préservation de la biodiversité malgré les effets du changement climatique.

Le schéma ci-dessous synthétise les principaux paramètres qui ont permis de construire les scénarios, à savoir **l'éloignement des usages par rapport à la STEP**, **le niveau d'ambition technologiqu**e pour le traitement des EUT, **l'impact sur le bilan en eau** (substitution d'usages existants ou création de nouveaux usages) et les **types d'usages** en fonction de de leur localisation en **milieu rural ou urbain**.

10.5.1.4 Vue d'ensemble des composantes considérées pour la construction des scénarios

Le schéma ci-dessous synthétise les principales composantes qui ont permis de construire des scénarios, à savoir l'éloignement des usages par rapport à la STEP, le niveau d'ambition technologique pour le traitement des EUT, l'impact sur le bilan en eau (substitution d'usages existants ou création de nouveaux usages) et les types d'usages en fonction de leur localisation en milieu rural ou urbain.

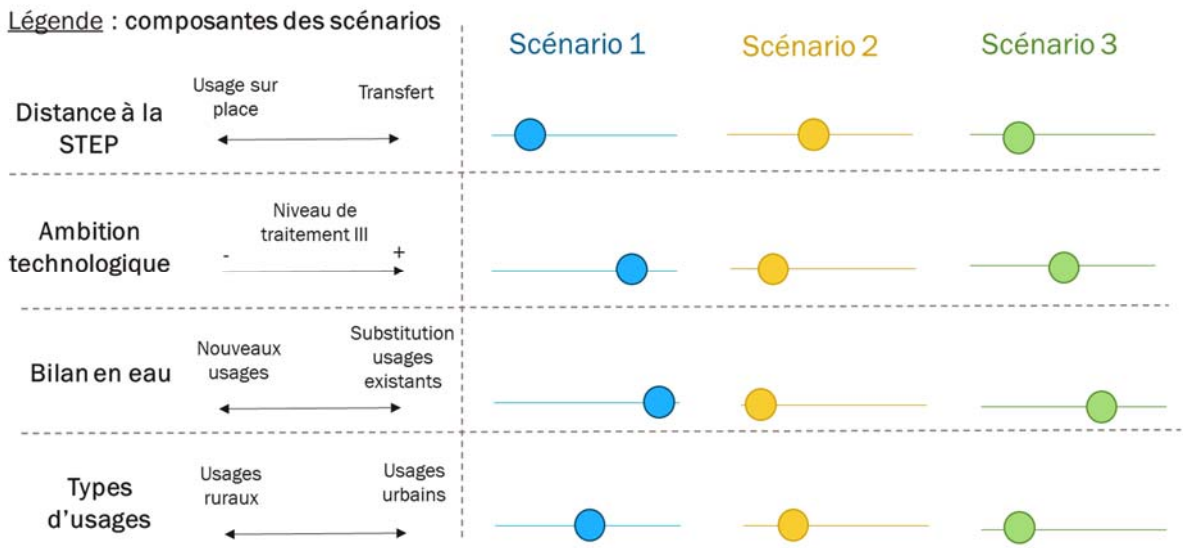


Figure 60 : Principales composates considérées pour la construction des scénarios du Cap Bon

10.5.2 Traduction locale à l'échelle des sous zones des scénarios

Afin d'illustrer plus en détails le contenu des scénarios décrits ci-avant, le tableau et les cartes ci-dessous reprennent, pour chacun d'eux, les idées de valorisations des EUT associées pour chacune des sous zones du Cap Bon.

Tableau 56 : Valorisations des EUT proposées pour chacun des 3 scénarios

Valorisations des EUT à favoriser		Sous zones de la région					
		Plaine de Grombalia	Nabeul Hammamet	Korba à Tazerka	Menzel Horr à Kelibia	Plaine de El Haouaria	Cap Bon Occidental
Scénario 1 : les EUT, une ressource pour réduire le déficit hydrique régional							
Extension et/ou intensification des PI existants avec des EUT			**X** *(Idée 2.b, seulement préservation des PPI de Nabeul et intensification)*		**X** *(Idée 4.b, seulement préservation du PI de Kelibia)*		
Substitutions/Mélanges	**Agrumes**	**X** *(Idée 1.a)*					
	Maraîchage	**X** *(Idée 1.d)*		**X** *(Idée 3.d)*	**X** *(Idée 4.c)*		
	Arbo/fourrages		**X** *(Idée 2.a)*	**X** *(Idée 3.a)*	**X** *(Idée 4.a)*	**X** *(Idée 5.a)*	**X** *(Idée 6.a)*
Golfs			**X** *(Idée 2.e, irrigation des 2 golfs existants)*				
Espaces verts			**X** *(Idée 2.d, irrigation des espaces verts existants seulement)*		**X** *(Idée 4.d, irrigation des espaces verts existants seulement)*		
Scénario 2 : les EUT, une ressource supplémentaire pour développer de nouveaux usages							
Extension et/ou intensification des PI existants avec des EUT			**X** *(Idée 2.b, seulement préservation des PPI de Nabeul et intensification)*		**X** *(Idée 4.b, seulement préservation du PI de Kelibia)*		
Création de nouveaux PI		**X** *(Idée 1.b)*	**X** *(Idée 2.b et 2.f)*	**X** *(Idée 3.b)*	**X** *(Idée 4.b)*	**X** *(Idée 5.b)*	**X** *(Idée 6.b)*
Golfs			**X** *(Idée 2.e, irrigation des 2 golfs existants + des 4 projetés)*				
Scénario 3 : les EUT, un moyen de protection des ressources souterraines et des milieux sensibles							
Extension et/ou intensification des PI existants avec des EUT			**X** *(Idée 2.b, seulement préservation des PPI de Nabeul et intensification)*		**X** *(Idée 4.b, seulement préservation du PI de Kelibia)*		
Recharge de nappe		**X** *(Idée 1.c)*	**X** *(Idée 2.c)*	**X** *(Idée 3.c)*		**X** *(Idée 5.c)*	
Golfs			**X** *(Idée 2.e, irrigation des 2 golfs existants)*				
Alimentation de zone humide				**X** *(Idée 3.e)*			

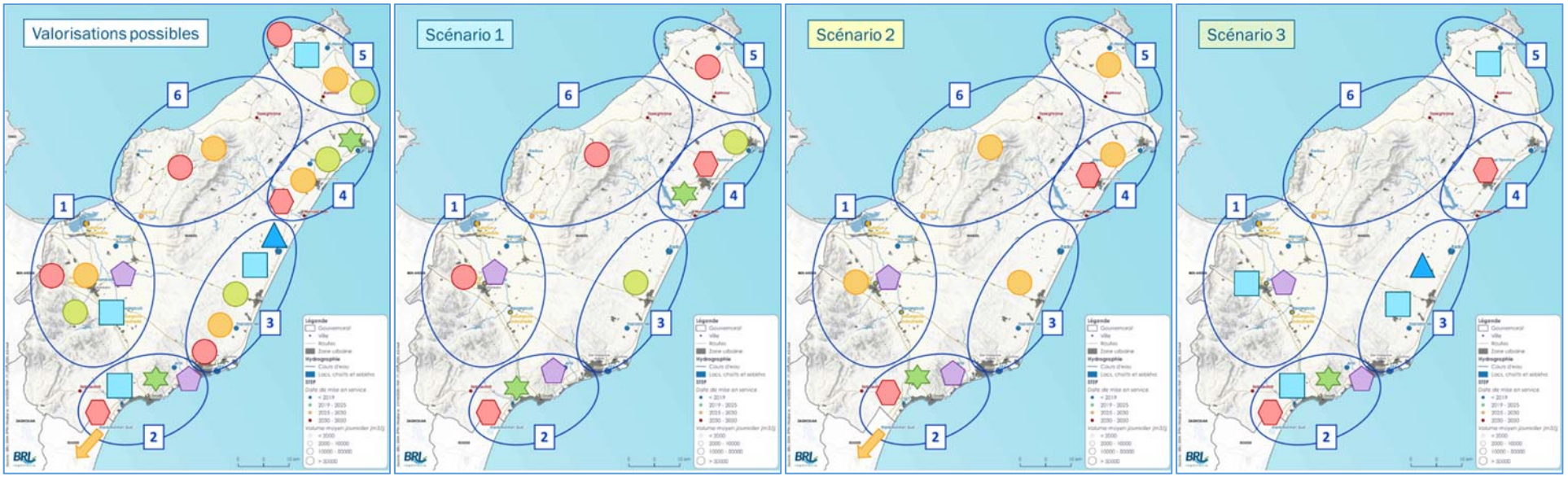


Figure 61 : Valorisations des EUT proposées pour chacun des 3 scénarios (cartographie)

10.5.3 Description technique des scénarios et part de réutilisation des EUT produites en fonction des usages et des horizons temporels

Le tableau ci-dessous indique l'évolution possible dans le temps des valorisations des EUT par scénario, avec la quantification des volumes réutilisés et des superficies irriguées aux horizons 2025, 2030, 2040 et 2050. Comme expliqué dans le chapitre méthodologique (cf chapitre 2.3.3), il indique quels sont les **besoins technologiques** par scénarios pour différents sujets :

- *Les niveaux de qualité (A/B/C/D/E) à atteindre*. Ces niveaux font référence à l'échelle de qualité des EUT définie plus haut dans le rapport, dans les chapitres consacrés à la réglementation et aux traitements possibles.

  Le niveau de qualité est fonction de la nature des valorisations et correspondra à une ou plusieurs options technologiques, tel qu'exposé dans le chapitre consacré au options technologiques possibles.

  On peut par exemple lire dans le tableau, pour le scénario 1 que, en 2025, 77 % du volume des EUT réutilisé (5,1 Mm^3) est traité au niveau B, le volume restant au niveau E. En 2050, dans ce même scénario, 33 % du volume réutilisé (9.4 Mm^3) devra être traité au niveau A et 67% au niveau B.
- *Le besoin en transfert*. Le tableau mentionne la part du volume d'EUT devant être transféré à plus de 5 km, pour trois classes de distances.
- *Le besoin en stockage intersaisonnier*. Le tableau mentionne le volume d'EUT qui devra faire l'objet d'un stockage intersaisonnier.

Certaines hypothèses utilisées pour la formulation des scénarios sont exposées en annexe 4.

Dans **le scénario 1**, près de **70 % des EUT sont réutilisées en 2050**, dont **45 % de ces EUT réutilisées pour la substitution des eaux conventionnelles dans des périmètres existants**. Cela représente **un taux de substitution d'ici 2050 de 5 % dans les périmètres agrumicoles aménagés (18 000 ha sur toute la région) et de 4 % dans les périmètres maraîchers**. Il est estimé que cette substitution se fait au fur et à mesure à partir de 2030 pour les périmètres agrumicoles de la plaine de Grombalia et les périmètres irrigués arboricoles et fourragers de la plaine de El Haouaria. Pour le maraichage, au regard du niveau de traitement nécessaire et des précautions à mettre en place, les périmètres reçoivent des EUT vers l'horizon 2040. Afin de pouvoir irriguer le maraîchage, **près de 30 % des EUT réutilisées sont traitées à un niveau de qualité A**. En termes de stockage, des infrastructures sont nécessaires afin d'utiliser les EUT au maximum, notamment pour le maraîchage qui a besoin que 45 % du flux annuel d'EUT soit stocké pendant la période hivernale quand il n'y pas d'irrigation afin d'être exploité pendant l'été.

Le taux de réutilisation dans **le scénario 2** est supérieur à celui du scénario 1, avec **80 % des EUT produites valorisées**. **72 % des EUT réutilisées le sont en irrigation agricole directe pour des cultures actuellement autorisées** (arboriculture et fourrages). Cependant, parmi ces 80 % réutilisés, 0 % des périmètres existants avec des eaux conventionnelles sont substitués par des EUT. La réutilisation dans ce scénario ne concerne que des nouveaux usages. Les STEP produisent toutes des EUT de niveau de qualité B pour éviter les risques sanitaires lors de l'irrigation des fourrages. La création de nouveaux périmètres se fait au fur et à mesure à partir de 2025 avec la création des 500 ha projetés à court terme par le CRDA. Puis, d'autres périmètres sont créés pour valoriser les EUT des STEP restantes, sauf près du pôle urbain de Nabeul où les réserves de terres agricole sont limitées. **Le total irrigué en agriculture à partir d'EUT atteint près de 3 900 ha en 2050**. Avec les nouveaux golfs créés, on estime à près de **350 ha** les superficies irriguées avec les EUT dans ce secteur, usage qui représente **8 % du volume total réutilisé en 2050**. Un transfert d'une distance de 5 à 10 km permet la valorisation, dans la plaine de Bouficha, des EUT de la STEP de Hammamet Sud non utilisées pour l'irrigation des golfs, soit près de **6 Mm^3 en 2050**, ce qui représente en potentiel de plus de **700 ha à irriguer en arboriculture**. Les besoins en infrastructures de stockage sont non négligeables puisque **36 % du volume réutilisé devra être stocké sur l'année pour une réutilisation complète**.

Enfin, dans **le scénario 3**, seulement **54 % des EUT sont réutilisées**. **68 % de ces EUT réutilisées le sont pour la recharge de nappe** car les contextes hydrogéologiques et fonciers à proximité des STEP ne sont pas tous compatibles avec un usage de recharge. Le taux de substitution pour ce scénario dépend du niveau de prélèvement des EUT dans les nappes pour des usages indirects à la suite de la recharge. Ce taux peut donc varier de 0% (pas de prélèvements après la recharge) à 68% (cas où 100% des EUT rechargées sont prélevées). Les niveaux de traitements sont moins exigeants en termes microbiologiques pour les usages proposés dans ce scénario (niveau C+ pour la recharge) mais plus exigeants sur le traitement des nutriments qui pourraient impacter les milieux récepteurs. Il n'y a pas de besoins en capacité de stockage supplémentaire car la recharge est déjà un moyen de stocker les EUT, bien que des investissements importants soient nécessaires pour réhabiliter les sites existants et mettre en place de nouveaux sites de recharge.

Tableau 57 : Valorisations des EUT à favoriser et besoins technologiques par scénarios aux différents horizons temporels

Scénarios				Horizons temporels																	
				2020				2025				2030				2040				2050			
				Volume EUT produit (Mm3)				25				30				36				41			
				Volume EUT produit si recyclage industriel (Mm3) (a)				25				30				35				39			
				Volume réutilisé (Mm3) (b)	Superficies irriguées (ha)	Pourcentage (%)		Volume réutilisé (Mm3) (b)	Superficies irriguées (ha)	Pourcentage (%)		Volume réutilisé (Mm3) (b)	Superficies irriguées (ha)	Pourcentage (%)		Volume réutilisé (Mm3) (b)	Superficies irriguées (ha)	Pourcentage (%)		Volume réutilisé (Mm3) (b)	Superficies irriguées (ha)	Pourcentage (%)	
						(b)/(c)	(b)/(a)			(b)/(c)	(b)/(a)			(b)/(c)	(b)/(a)			(b)/(c)	(b)/(a)			(b)/(c)	(b)/(a)
1	Valorisations des EUT	Intensification des PPI existants avec des EUT (arbo/fourrages)		2,3	335	52%	9%	4,5	603	68%	15%	4,7	603	33%	13%	5,0	603	19%	13%	5,2	603	18%	12%
		Substitution ou mélange avec des eaux conventionnelles dans des	Agrumes									3,7	445	26%	11%	8,4	959	32%	22%	9,3	1 012	32%	22%
			Arbo ou fourrages									0,4	61	3%	1%	0,5	59	2%	1%	0,6	76	2%	1%
			Maraîchage													8,3	984	31%	21%	9,4	1 072	33%	22%
		Golfs	Existants	0,6	135	13%	2%	0,6	135	9%	2%	0,6	135	4%	2%	0,6	135	2%	2%	0,7	135	2%	2%
		Espaces verts	Hôteliers et urbains existants									3,5	412	24%	10%	3,6	412	14%	9%	3,8	412	13%	9%
		Alimentation zone humide	Korba	1,5	-	34%	6%	1,5	-	23%	5%	1,5	-	10%	4%								
		TOTAL (c)		**4,4**	**470**	**100%**	**17%**	**6,6**	**738**	**100%**	**22%**	**14,5**	**1 655**	**100%**	**41%**	**26,4**	**3 152**	**100%**	**68%**	**29,0**	**3 309**	**100%**	**69%**
	Besoins technologiques	Besoins traitements	E	1,5	-	34%	6%	1,5	-	23%	5%	1,5	-	10%	4%	0,0	0	0%	0%	0,0	0	0%	0%
			C+	0,0	0	0%	0%	0,0	0	0%	0%	0,0	0	0%	0%	0,0	0	0%	0%	0,0	0	0%	0%
			B	2,9	470	66%	11%	5,1	738	77%	17%	13,0	1 655	90%	37%	18,1	2 168	69%	47%	19,5	2 237	67%	46%
			A	0,0	0	0%	0%	0,0	0	0%	0%	0,0	0	0%	0%	8,3	984	31%	21%	9,4	1 072	33%	22%
			A+	0,0	0	0%	0%	0,0	0	0%	0%	0,0	0	0%	0%	0,0	0	0%	0%	0,0	0	0%	0%
		Besoins transferts																					
		Besoins stockage	Agrumes									0,7	445	5%	2%	1,5	959	6%	4%	1,7	1 012	6%	4%
			Arbo ou fourrages									0,2	61	1%	1%	0,2	59	1%	1%	0,3	76	1%	1%
			Maraîchage													3,8	984	14%	10%	4,6	1 072	16%	11%
			TOTAL									**0,9**	**505**	**6%**	**3%**	**6**	**2 002**	**21%**	**14%**	**7**	**2 160**	**23%**	**15%**
2	Valorisations des EUT	Intensification des PPI existants avec des EUT (arbo/fourrages)		2,3	335	52%	9%	4,5	603	45%	15%	4,7	603	22%	13%	5,0	603	16%	13%	5,2	603	15%	12%
		Création de nouveaux PI	Arbo ou fourrages					3,3	500	34%	11%	15,3	2 193	72%	44%	22,7	3 103	74%	59%	25,4	3 319	75%	60%
		Golfs	Existants et projetés	0,6	135	13%	2%	0,6	135	6%	2%	1,2	190	6%	3%	3,1	355	10%	8%	3,2	355	10%	8%
		Alimentation zone humide	Korba	1,5	-	34%	6%	1,5	-	15%	5%												
		TOTAL (c)		**4,4**	**470**	**100%**	**17%**	**9,9**	**1 238**	**100%**	**33%**	**21,2**	**2 986**	**100%**	**60%**	**30,7**	**4 061**	**100%**	**80%**	**33,8**	**4 277**	**100%**	**80%**
	Besoins technologiques	Besoins traitements	E	1,5	-	34%	6%	1,5	-	15%	5%	0,0	0	0%	0%	0,0	0	0%	0%	0,0	0	0%	0%
			C+	0	0	0%	0%	0	0	0%	0%	0	0	0%		0	0	0%	0%	0	0	0%	0%
			B	2,9	470	66%	11%	8,4	1 238	85%	28%	21,2	2 986	100%	60%	30,7	4 061	100%	80%	33,8	4 277	100%	80%
			A	0	0	0%	0%	0	0	0%	0%	0	0	0%	0%	0	0	0%	0%	0	0	0%	0%
			A+	0	0	0%	0%	0	0	0%	0%	0	0	0%	0%	0	0	0%	0%	0	0	0%	0%
		Besoins transferts	5 - 10 km													**5,1**	**702**	**17%**	**13%**	**5,6**	**729**	**17%**	**13%**
		Besoins stockage	Arbo ou fourrages					1,6	500	16%	5%	7,4	2 193	35%	21%	10,9	3 103	36%	28%	12,3	3 319	36%	29%
			TOTAL					**1,6**	**500**	**16%**	**5%**	**7,4**	**2 193**	**35%**	**21%**	**10,9**	**3 103**	**36%**	**28%**	**12,3**	**3 319**	**36%**	**29%**
3	Valorisations des EUT	Intensification des PPI existants avec des EUT (arbo/fourrages)		2,3	335	52%	9%	4,5	603	62%	15%	4,7	603	25%	13%	5,0	603	23%	13%	5,2	603	23%	12%
		Golfs	Existants	0,6	135	13%	2%	0,6	135	8%	2%	0,6	135	3%	2%	0,6	135	3%	2%	0,7	135	3%	2%
		Recharge de nappe						0,7	-	10%	2%	12,3	-	64%	35%	14,1	-	66%	36%	15,5	-	68%	37%
		Alimentation zone humide	Korba	1,5	-	34%	6%	1,5	-	21%	5%	1,5	-	8%	4%	1,5	-	7%	4%	1,5	-	7%	4%
		TOTAL (c)		**4,4**	**470**	**100%**	**17%**	**7,3**	**738**	**100%**	**24%**	**19,2**	**738**	**100%**	**55%**	**21,2**	**738**	**100%**	**55%**	**22,9**	**738**	**100%**	**54%**
	Besoins technologiques	Besoins traitements	E	1,5	-	34%	6%	1,5	-	21%	5%	1,5	-	8%	4%	1,5	-	7%	4%	1,5	-	7%	4%
			C+	0,0	0	0%	0%	0,7	0	10%	2%	12,3	0	64%	35%	14,1	0	66%	36%	15,5	0	68%	37%
			B	2,9	470	66%	11%	5,1	738	70%	17%	5,3	738	28%	15%	5,6	738	26%	15%	5,9	738	26%	14%
			A	0	0	0%	0%	0	0	0%	0%	0	0	0%	0%	0	0	0%	0%	0	0	0%	0%
			A+	0	0	0%	0%	0	0	0%	0%	0	0	0%	0%	0	0	0%	0%	0	0	0%	0%
		Besoins transferts																					
		Besoins stockage	**TOTAL**																				

10.5.4 Comparaison des scénarios proposés

COUTS GLOBAUX

Le tableau ci-dessous indique les coûts des différents scénarios pour leurs différentes composantes (traitement complémentaire, transfert éventuel, stockage éventuel, distribution des EUT par exemple dans le cas de la création d'un nouveau périmètre irrigué).

- La première colonne indique les volumes d'eau considérés dans le scénario : volume total d'EUT, puis volumes d'EUT considérés pour les différentes composantes techniques (répartition du volume total entre les différents niveaux de traitement, volume faisant l'objet d'un transfert pour différentes classes de distance, volume faisant l'objet d'un stockage, volume faisant l'objet d'une distribution …).
- La seconde colonne indique les coûts actualisés calculés sur 30 ans (avec taux actualisation de 3%) pour le total et pour les différentes composantes techniques du scénario. Ces coûts actualisés sont ramenés à un coût annuel moyen (coût total actualisé sur 30 ans - incluant investissement, renouvellement et fonctionnement - divisé par 30 années).
- La troisième colonne indique la répartition en pourcentage du coût actualisé entre les différentes composantes techniques du scénario.
- La quatrième colonne indique le coût actualisé ramené au m^3. C'est un indicateur précieux pour comparer les scénarios entre eux.
- La cinquième colonne précise le montant de l'investissement initial à réaliser pour les différentes composantes techniques du scénario.
- Les sixième et septième colonnes précisent la répartition du coût actualisé au m^3 entre les postes investissement + renouvellement d'une part et fonctionnement d'autre part.
- Les deux dernières colonnes précisent la consommation énergétique associée aux différentes composantes techniques du scénario. Cette consommation est exprimée en kWh par m^3 et en kWh total par an.

Tableau 58 : Coûts globaux (investissement et exploitation) des principaux maillons des filières de REUT à mettre en place dans chaque scénario

		Scénario1								
		Volume réutilisé	Coût total annuel	%	Coût unitaire global	Inv initial	Inv (avec renouvellement)	Fonc	Energie	
		Mm3	DT		DT/m3	DT	DT/m3	DT/m3	kWh/m3	kWh
TOTAL		**29,0**	**8 246 500**	**100%**	**0,28**	**62 359 375**	**0,19**	**0,09**	**0,36**	**10 468 000**
Traitements complémentaires	E									
	C+									
	B	19,5	2 730 000	33%	0,14	15 185 625	0,11	0,03	0,08	1 560 000
	A	9,4	3 102 000	38%	0,33	14 673 750	0,25	0,07	0,27	2 538 000
Transferts	5 - 10 km									
Stockage	Bassins de surface	6,5	1 189 500	14%	0,18	32 500 000	0,15	0,03		
Distribution des EUT	Périmètres irrigués	24,5	1 225 000	15%	0,04	-	-	0,04	0,26	6 370 000

		Scénario 2								
		Volume réutilisé	Coût total annuel	%	Coût unitaire global	Inv initial	Inv (avec renouvellement)	Fonc	Energie	
		Mm3	DT		DT/m3	DT	DT/m3	DT/m3	kWh/m3	kWh
TOTAL		**33,8**	**10 748 100**	**100%**	**0,32**	**137 953 582**	**0,19**	**0,09**	**0,34**	**11 332 000**
Traitements complémentaires	E									
	C+									
	B	33,8	4 732 000	44%	0,14	26 333 125	0,11	0,03	0,08	2 704 000
	A									
Transferts	5 - 10 km	5,6	711 200	7%	0,13	16 920 457	0,09	0,04	0,12	672 000
Stockage	Bassins de surface	12,3	2 250 900	21%	0,18	61 500 000	0,15	0,03		
Distribution des EUT	Périmètres irrigués	30,6	3 054 000	28%	0,10	33 200 000	0,05	0,05	0,26	7 956 000

		Scénario 3								
		Volume réutilisé	Coût total annuel	%	Coût unitaire global	Inv initial	Inv (avec renouvellement)	Fonc	Energie	
		Mm3	DT		DT/m3	DT	DT/m3	DT/m3	kWh/m3	kWh
TOTAL		**22,9**	**5 426 000**	**100%**	**0,24**	**25 325 625**	**0,18**	**0,06**	**0,22**	**5 079 000**
Traitements complémentaires	E	1,5	0,0	0%	0,00	0	-	-	0,0	0,0
	C+	15,5	4 340 000	80%	0,28	20 718 750	0,22	0,06	0,21	3 255 000
	B	5,9	826 000	15%	0,14	4 606 875	0,11	0,03	0,08	472 000
	A									
Transferts	5 - 10 km									
Distribution des EUT	Périmètres irrigués	5,2	260 000	5%	0,05	-	-	0,05	0,26	1 352 000

Le coût unitaire global en DT/m³ d'EUT réutilisé du scénario 1 est légèrement inférieur à celui du scénario 2, bien que l'investissement initial total soit bien inférieur au scénario 2. En effet, le scénario 2 nécessite d'importants investissements pour la création de nouveaux périmètres irrigués et la mise en place de bassins de stockage (prêt de 50 % du coût total annuel). Les principaux coûts d'investissement et de fonctionnement pour le scénario 1 (38 % du coût total annuel) concernent plutôt la mise en œuvre de traitements complémentaires pour atteindre une qualité d'EUT de niveau A. Cela concerne 32 % du volume total réutilisé dans ce scénario pour irriguer du maraichage (9.4 Mm³ sur 29 Mm³).

En termes de consommation énergétique, le scénario 1 nécessite légèrement plus d'énergie dépensée par m³ que le scénario 2 (0,36 kWh/m³ contre 0,34 pour le scénario 2). Dans le scénario 1 il y a plus d'énergie dépensée pour le traitement que dans le scénario 2 mais moins pour les transferts.

Le scénario 3 quant à lui, nécessite moins d'investissements et de frais de fonctionnement. 80 % du coût total annuel permet le financement de traitements complémentaires pour atteindre la qualité C+ (avec microfiltration par exemple) nécessaire pour pratiquer la recharge de nappe à moindre risques. En effet, ces traitements sont 2 fois plus coûteux, en investissement et fonctionnement, que les traitements nécessaires pour atteindre une qualité B (filtre à sable + UV par exemple), bien qu'il n'y ait pas d'étape de désinfection mais seulement de filtration. A noter que pour ce scénario, les coûts de réhabilitation des sites existants de recharge de nappe n'ont pas été pris en compte.

BENEFICES TERRITORIAUX

Chaque scénario répond à différents enjeux territoriaux, notamment les enjeux de stress hydrique et d'adaptation au changement climatique. Le tableau ci-dessous reprend le bilan hydrique du Cap Bon et son évolution potentielle en 2050 (RCP 4.5). Pour chaque scénario, il est indiqué le volume réutilisé projeté. Il est précisé la part de ce volume qui alimente de nouveaux usages et celle qui se substitue à des usages existants. Enfin, le volume qui se substitue à des usages existants est comparé avec le déficit hydrique projeté en 2050 de la zone.

Tableau 59 : Impact des scénarios sur le déficit hydrique du Cap Bon à l'horizon 2050

Cap Bon *CC - RCP 4.5 2050*		Apports annuels renouvelables (Mm3)	Prélèvements effectifs (Mm3)	Projections REUT		Déficit avec volume substitué par EUT (Mm3)	Part substitution / déficit
				Volume réutilisé (Mm3)	*dont substitution*		
Bilan en eau 2050	**sans REUT**	**378**	**547**	0	0	***169***	**0%**
	Scénario 1			32	23	***146***	**14%**
	Scénario 2			37	0	***169***	**0%**
	Scénario 3			26	16	***153***	**9%**

Le scénario 1 privilégie la substitution qui représente **23 Mm³**, soit plus de **72% du volume d'EUT réutilisé en 2050.** Ce volume permettrait de **réduire le déficit hydrique de 14%** pour la région. Les eaux conventionnelles peuvent être conservées pour des usages plus sensibles comme l'AEP. En apportant une nouvelle ressource en eau dans des périmètres déjà impactés par **le stress hydrique**, ces substitutions sont aussi un moyen **d'adaptation au changement climatique**.

Le **scénario 2 ne contribue pas à la réduction du déficit hydrique**, bien que le volume réutilisé total soit supérieur au scénario 1. En effet, cette réutilisation concerne de nouveaux prélèvements pour des usages agricoles et golfiques. D'autres bénéfices territoriaux sont cependant apportés comme **le développement de certaines zones agricoles** qui n'ont pas ou plus accès à d'autres ressources en eau, ainsi **le développement du tourisme golfique**.

Les recharges de nappes prévues par le **scénario 3** aident à **lutter contre le stress hydrique** ainsi qu'à **préserver les eaux souterraines** en limitant leur salinisation. Le volume projeté pour cette recharge correspond à 16 Mm³, **ce qui permet de réduire le déficit hydrique de 9 %** à l'horizon 2050. L'alimentation de zones humides, quant à elle, **protège l'environnement** et favorise la biodiversité à proximité des STEP.

Le détail des volumes substitués par usages et par scénario est exposé en annexe 5.

Le tableau ci-dessous résume pour chacun des scénarios les bénéfices territoriaux auxquels elles contribuent.

Tableau 60 : Bénéfices territoriaux apportés dans les différents scénarios proposés

Bénéfices territoriaux / Scénarios	Lutte contre le stress hydrique	Adaptation au CC	Préservation des eaux conventionnelles pour l'AEP	Préservation des eaux souterraines (qualité)	Préservation de l'environnement proche des STEP	Protection des zones littorales sensibles	Dynamisation du secteur agricole	Aide au développement des zones rurales intérieures	Aide au développement du secteur touristique	Amélioration du cadre de vie	Sécurité alimentaire nationale
Scénario 1 : les EUT, une ressource pour réduire le déficit hydrique régional	■	■	■	▒		■	■		▒		▒
Scénario 2 : les EUT, une ressource supplémentaire pour développer de nouveaux usages						■	■	■	■		▒
Scénario 3 : les EUT, un moyen de protection des ressources souterraines et des milieux sensibles	■	■		■	■	■	▒				▒

■ Le scénario contribue fortement au bénéfice territorial

▒ Le scénario contribue modéremment au bénéfice territorial

Le scénario ne contribue pas ou peu au bénéfice territorial

NIVEAUX D'AMBITION POUR LEVER LES CONTRAINTES REGLEMENTAIRES, INSTITUTIONNELLES, SANITAIRES, ENVIRONNEMENTALES ET SOCIALES

Les scénarios 1 et 3 apparaissent comme plus ambitieux car des modifications importantes du cadre réglementaire et institutionnel sont nécessaires. De plus, les risques sanitaires sont importants si les niveaux de qualité ne sont pas respectés pour l'irrigation du maraichage.

Pour la recharge de nappe, qui n'est pas aujourd'hui pratiquée, sauf pour 2 sites pilotes (à l'arrêt), c'est tout un cadre institutionnel qui est à repréciser et la contamination des nappes peut être irréversible si les traitements sont défaillants. Pour la substitution dans des périmètres existants, les enquêtes ont montré que les agriculteurs ayant déjà accès à des ressources conventionnelles exploiteront plus difficilement les EUT que pour des créations de périmètres dans des zones dépourvues de ressources en eau, sauf si l'accès à ces ressources est déjà menacé. Le scénario 2 est donc plus simple à mettre en place à court terme tandis que les scénarios 1 et 3 demandent plus de moyens en termes d'investissements, de mobilisation des acteurs et de contrôles de la filière sur le long terme.

Tableau 61 : Comparaison des scénarios proposées pour le Cap Bon en fonction des niveaux d'ambitions par contraintes

Scénarios	Ambition technologique		Contraintes				
	2030	2050	Besoins réglementaires	Besoins institutionnels	Risques sanitaires	Risques environnementaux	Acceptabilité sociale
Scénario 1 : Les EUT, une ressource pour réduire le déficit hydrique régional							
Scénario 2 : Les EUT, une ressource supplémentaire pour développer de nouveaux usages							
Scénario 3 : Les EUT, un moyen de protection des eaux souterraines et des milieux sensibles							



10.5.5 Conclusion sur la situation du Cap Bon et les opportunités de développement de la REUT

10.5.5.1 Expérience, stress hydrique, pollution : de nombreux moteurs au développement de la REUT au Cap Bon

La REUT au Cap Bon date des années 80 avec les périmètres irrigués près de Nabeul qui comptent parmi les plus anciens de Tunisie s'agissant d'irrigation à partir d'EUT. Bien que les agriculteurs demandent actuellement plus de garanties sur la quantité et la qualité des EUT desservies, le succès relatif de ces périmètres ainsi que les essais de recharge de nappe ont permis aux acteurs régionaux (surtout du monde agricole) de **connaitre les contraintes et les opportunités potentielles liées à cette ressource en eau non conventionnelle**. De plus, **l'état de stress hydrique avec la surexploitation des nappes phréatiques et la dépendance aux eaux du Nord** pour répondre aux besoins d'une agriculture irriguée intensive oblige la région à **étudier toutes les solutions qui aideraient à améliorer son bilan hydrique**. En parallèle, la société civile dans le Gouvernorat est active à travers des associations de protection de l'environnement par exemple. De plus, le **secteur touristique** a un poids économique important bien qu'il soit **impacté par les rejets des eaux usées sur le littoral et les risques de pénurie d'eau** en période estivale. **Tous ces paramètres influent sur la motivation des acteurs à améliorer le traitement des eaux usées et donc à développer le potentiel de REUT.**

10.5.5.2 La REUT pour s'adapter à la raréfaction des ressources plutôt que pour répondre à des nouveaux besoins

Jusqu'à présent, cette motivation se matérialise avec la volonté de création de nouveaux périmètres irrigués à proximité des STEP, bien que ces projets rencontrent des difficultés de financement. Mais les acteurs ont conscience qu'il faudra rapidement **raisonner à l'échelle de toutes les ressources en eau de la région pour valoriser au mieux les EUT** afin qu'elles aident à **répondre au phénomène de raréfaction des ressources** avec la hausse des demandes et le changement climatique.

La recommandation du Consultant est que les efforts soient portés au maximum sur des usages qui ne créent pas de nouveaux besoins. Il pourrait s'agir de **substitution des eaux conventionnelles dans des périmètres existants et/ou de recharge de nappe**.

Lors de l'atelier de concertation régional, il a d'ailleurs été mentionné l'importance d'irriguer la plaine de Grombalia avec des EUT pour sauvegarder les agrumes. Cependant, la substitution des eaux conventionnelles par des EUT dans des périmètres existants nécessitera des mesures incitatives et des campagnes de sensibilisation sur le stress hydrique et la qualité des EUT auprès des agriculteurs pour les convaincre de renoncer à une ressource conventionnelle. Il faut noter de plus les craintes exprimées pour l'irrigation directe du maraîchage avec les EUT, même sur le long terme. La recharge de nappe, pour les zones où elle est faisable comme sur la côte orientale, en plus de stocker les EUT et d'améliorer la qualité des eaux souterraines, aidera à préserver les périmètres maraîchers tout en ajoutant un garde-fou supplémentaire sur la qualité finale des EUT et sera donc possiblement plus acceptable socialement.

11. ETUDE PROSPECTIVE DE LA REUT POUR LA ZONE SAHEL - SFAX

11.1 OFFRE POTENTIELLE EN EUT DANS LA ZONE SAHEL - SFAX D'ICI 2050. COMMENT CETTE OFFRE S'INSCRIT DANS LE MIX DE RESSOURCES EN EAU GLOBAL DE LA REGION ?

11.1.1 Une augmentation conséquente des flux d'EUT d'environ 75 à 170 Mm^3 d'ici 2050

Le parc épuratoire de la région du Sahel et du gouvernorat de Sfax est déjà bien développé avec un total (chiffre 2018) de 25 STEP. Les gouvernorats de Sousse, Mahdia et Sfax sont dotés d'un schéma directeur d'assainissement à l'horizon 2036. **Un large programme de création de nouvelles STEP et d'extension de celles existantes est prévu**. Pour Monastir, l'ONAS a un programme à court terme.

Concernant le **grand pôle épuratoire de Sousse et de Monastir**, les principales interventions prévues sont les suivantes (ONAS, 2017) :

- La **STEP Sousse Sud sera démantelée** (horizon 2030) au profit de la **nouvelle STEP Sousse Hamdoun** dont une extension est prévue. **Une partie des flux raccordés à la STEP Sousse Nord sera aussi transférée vers Sousse Hamdoun**. Cette STEP sera donc un gros pôle producteur d'EUT avec potentiellement plus de 30 millions m^3 en 2050.
- **Les STEP de Sayada Lamta et de Moknine, qui sont anciennes et surchargées, seront arrêtées**. **Deux nouvelles STEP sont prévues, une au niveau du pôle technologique de Monastir, et l'autre à Moknine (Moknine II) pour les remplacer** (ONAS, 2020).
- Des **filières industrielles spécifiques** à côté des filières domestiques vont être créées au niveau de la **STEP d'Enfidha et de Moknine II** afin de mieux traiter les effluents provenant des zones industrielles.
- Au niveau des STEP existantes, il est prévu des extensions et des réhabilitations pour les STEP de Sidi Bou Ali, Msaken, Sousse Nord, Enfidha/Hergla, Frina, Ouardanine et Jemmel.

Pour la **ville de Mahdia**, la STEP actuelle va être déplacée vers un nouveau site appelé Mahdia II. Les flux raccordés actuellement à la STEP de Ksour Essef y seront transférés car cette dernière sera arrêtée. La nouvelle STEP sera mise en route vers 2025 (ONAS, 2020).

Dans **les zones intérieures des gouvernorats de Sousse et de Monastir**, des nouvelles STEP sont prévues pour les petites communes où le réseau d'assainissement est peu développé actuellement. Des STEP sont ainsi projetées à Kondar, Sidi El Heni, Menzel Hayet.

Le programme est aussi très développé pour **la zone intérieure du gouvernorat de Mahdia** avec une dizaine de nouvelles STEP projetées dans les zones éloignées du littoral. Il est prévu aussi de réhabiliter la STEP de El Jem.

Un autre **pôle épuratoire majeur** permet d'assainir la **ville de Sfax**. Plusieurs interventions y sont prévues (ONAS, 2017) :

- Comme pour la ville de Sousse, la STEP actuelle de Sfax Sud va voir ses eaux transférées à partir de 2025 vers une nouvelle STEP - Sfax Ouest - avant d'être démantelée à l'horizon 2030. La nouvelle STEP produira potentiellement plus de 25 Mm^3 en 2050, en plus des 21 Mm^3 qui seront alors produits par la STEP de Sfax Nord.
- Une filière industrielle est prévue pour les zones industrielles au niveau du port de Sfax, ainsi qu'au niveau d'Agareb à proximité de la STEP existante qui sera destinée aux effluents domestiques.

Pour **le reste du gouvernorat de Sfax**, des petites STEP urbaines sont projetées à Bir Ali Ben Khalifa, Menzel Chaker et Ghraiba Skhira.

Le tableau suivant indique les flux d'EUT calculés aux différents horizons temporels, ainsi que l'évolution potentielle des traitements tertiaires.

Le flux actuel total d'EUT est de l'ordre de 75 Mm^3/an. Il pourrait atteindre plus de 170 Mm^3/an en 2050.

Les cartes associées présentent les STEP existantes et programmées au Sahel et à Sfax.

Tableau 62 : Liste des STEP existantes et futures au Sahel et Sfax et flux d'EUT aux différents horizons temporels

					Traitement III						Flux total (Mm3/an)					
Région	**Gouvernorat**	**STEP**	**Année de mise en service**	**Année de fin de fonct.**	**2018**	**2020**	**2025**	**2030**	**2040**	**2050**	**2018**	**2020**	**2025**	**2030**	**2040**	**2050**
Sahel et Sfax	Sousse	Sousse Nord	1978					x	x	x	16,9	6,2	6,3	7,5	8,7	9,7
Sahel et Sfax	Sousse	Sousse Sud	1980	2030							5,5	6,7	6,4	0,8	0,0	0,0
Sahel et Sfax	Sfax	Sfax Sud	1983	2030							12,9	14,8	8,3	0,0	0,0	0,0
Sahel et Sfax	Monastir	Moknine	1986	2025							4,2	13,8	0,0	0,0	0,0	0,0
Sahel et Sfax	Monastir	Ouardanine	1993		x	x	x	x	x	x	0,7	0,7	0,8	1,0	1,1	1,2
Sahel et Sfax	Monastir	Sahline	1993						?	?	2,5	2,5	2,8	3,0	3,2	3,4
Sahel et Sfax	Monastir	Sayada	1993	2030							2,1	1,5	0,0	0,0	0,0	0,0
Sahel et Sfax	Sousse	Kalaa Sghira	1993	2025							0,6	1,0	1,5	-	-	-
Sahel et Sfax	Mahdia	Ksour Essef	1994	2025							0,6	0,7	0,0	0,0	0,0	0,0
Sahel et Sfax	Mahdia	El Jem	1994		x	x	x	x	x	x	0,7	1,4	1,5	1,8	2,0	2,3
Sahel et Sfax	Sfax	Mahres	1994		x	x	x	x	x	x	0,6	0,8	0,9	1,1	1,2	1,4
Sahel et Sfax	Mahdia	Mahdia	1995	2025							4,6	3,7	0,0	0,0	0,0	0,0
Sahel et Sfax	Monastir	El Frina	1995					x	x	x	4,2	7,1	8,2	9,2	10,6	11,5
Sahel et Sfax	Sousse	Msaken	1996					x	x	x	3,2	3,9	4,7	5,7	6,7	7,6
Sahel et Sfax	Sousse	Sidi Bou Ali	1996		x	x	x	x	x	x	0,3	0,4	0,4	0,5	0,6	0,7
Sahel et Sfax	Monastir	Jemmel	2000					?	?	?	2,3	3,2	3,7	4,3	5,1	5,6
Sahel et Sfax	Mahdia	Boumerdes	2003	2025	x	x					0,1	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0
Sahel et Sfax	Sfax	Sfax Nord	2004				x	x	x	x	4,0	8,2	14,1	16,9	19,8	21,0
Sahel et Sfax	Sfax	El Hencha	2005		x	x	x	x	x	x	0,2	0,2	0,2	0,3	0,4	0,5
Sahel et Sfax	Sfax	Agareb	2006					x	x	x	0,2	0,4	0,4	0,5	0,6	0,7
Sahel et Sfax	Sfax	Jbeniana	2006					x	x	x	0,2	0,5	0,5	0,8	0,9	1,2
Sahel et Sfax	Mahdia	Chebba	2007		x	x	x	x	x	x	0,5	0,5	1,4	1,6	1,9	2,2
Sahel et Sfax	Monastir	Beni Hassen	2007				x	x	x	x	0,3	0,5	0,5	0,6	0,9	1,0
Sahel et Sfax	Sfax	Kerkenah	2007		x	x	x	x	x	x	0,1	0,3	0,9	1,0	1,1	1,3
Sahel et Sfax	Sousse	Enfidha Hergla	2010				x	x	x	x	1,8	0,9	1,1	2,1	2,2	2,5
Sahel et Sfax	Sousse	Sousse Hamdoun	2018		x	x	x	x	x	x	7,0	9,5	12,6	22,4	27,2	31,3

					Traitement III						Flux total (Mm3/an)					
Région	Gouvernorat	STEP	Année de mise en service	Année de fin de fonct.	2018	2020	2025	2030	2040	2050	2018	2020	2025	2030	2040	2050
Sahel et Sfax	Mahdia	Mahdia II	2025				x	x	x	x	0,0	0,0	5,2	6,0	6,9	7,8
Sahel et Sfax	Mahdia	Karkar Menzel Hayet	2025				x	x	x	x	0,0	0,0	0,3	0,7	0,9	1,1
Sahel et Sfax	Mahdia	Ouled Chamekh	2025								0,0	0,0	0,3	0,3	0,4	0,5
Sahel et Sfax	Mahdia	Chorbane	2025				x	x	x	x	0,0	0,0	0,2	0,3	0,4	0,5
Sahel et Sfax	Mahdia	Souassi	2025								0,0	0,0	0,2	0,6	0,7	0,8
Sahel et Sfax	Mahdia	Bradaa	2025				x	x	x	x	0,0	0,0	1,7	2,2	2,5	2,7
Sahel et Sfax	Mahdia	Zorda	2025								0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	0,1
Sahel et Sfax	Monastir	Moknine II	2025				?	?	?	?	0,0	0,0	8,3	9,8	11,7	12,6
Sahel et Sfax	Monastir	Sayada II	2025				?	?	?	?	0,0	0,0	1,7	2,0	2,4	2,7
Sahel et Sfax	Monastir	Moknine Industrielle	2025				?	?	?	?	0,0	0,0	8,0	8,0	8,0	8,0
Sahel et Sfax	Monastir	Pole Technologique	2025				?	?	?	?	0,0	0,0	0,1	0,1	0,1	0,1
Sahel et Sfax	Sfax	Sfax Ouest	2025				x	x	x	x	0,0	0,0	5,8	20,5	24,8	26,0
Sahel et Sfax	Sfax	Ghraiba Skhira	2025				x	x	x	x	0,0	0,0	0,5	0,6	0,7	0,8
Sahel et Sfax	Sfax	Bir Ali Ben Khelifa	2025								0,0	0,0	0,1	0,2	0,2	0,2
Sahel et Sfax	Sousse	Kondar	2025				x	x	x	x	-	-	0,4	0,5	0,5	0,6
Sahel et Sfax	Sousse	Enfidha ZI	2025								-	-	0,6	0,6	0,6	0,6
Sahel et Sfax	Mahdia	Menzel Hached	2030								0,0	0,0	0,0	0,2	0,2	0,2
Sahel et Sfax	Mahdia	Chiba	2030								0,0	0,0	0,0	0,1	0,3	0,4
Sahel et Sfax	Mahdia	Essad	2030					x	x	x	0,0	0,0	0,0	0,2	0,6	0,7
Sahel et Sfax	Mahdia	Neffatia	2030								0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Sahel et Sfax	Monastir	Menzel Hayet	2030					?	?	?	0,0	0,0	0,0	0,6	0,7	0,8
Sahel et Sfax	Sfax	Menzel Chaker	2030					x	x	x	0,0	0,0	0,0	0,2	0,2	0,2
Sahel et Sfax	Sfax	ZI Agareb	2030								0,0	0,0	0,0	0,3	0,3	0,3
Sahel et Sfax	Sousse	Sidi El Heni	2030					x	x	x	-	-	-	0,1	0,1	0,1
Sahel et Sfax	Monastir	Ghanadha	2040						?	?	0,0	0,0	0,0	0,0	0,2	0,2
										TOTAL FLUX	76	90	111	135	158	173
										dont traitement III	10,2	13,9	48,5	104,2	123,8	136,5
										dont traitement III	13%	16%	44%	77%	78%	79%


ELABORATION DU PLAN DIRECTEUR NATIONAL DE RÉUTILISATION DES EAUX USÉES TRAITÉES EN TUNISIE
Parc épuratoire existant en 2020 - Sahel et Sfax
AFD
Adapt'Action
N
NABEUL
SE1
Hammamet
Hammamet Sud
ZAGHOUAN
Zaghouan
El Fahs
Bouarada
SILIANA
Enfidha
Hergla
Sidi Bou Ali
SOUSSE
Kalaa Kebira
Sousse Nord
Kalaa Sghira
Sousse
Sousse Sud
Hamdoun
Monastir
Sahline
Msaken
El Frina
Ouardanine
Sayada
Jemmel
Ksar Hellal
Moknine
KAIROUAN
Kairouan 2
Haffouz
MONASTIR
Beni Hassen
Mahdia
Boumerdes
Ksour Essef
Hajeb El Youn
Bouhajla
Sidi Amor Bou Hajla
Nasrallah
MAHDIA
El Jem
Chebba
Mellouli
El Hencha
Jebeniana
Jbeniana
Sfax Nord
Sakiet Ezzit
Sakiet Eddaier
SIDI BOUZID
Bir Ali Ben Khalifa
SFAX
Agareb
Sfax Sud
Meknassy
Mahres
GAFSA
GABES
Légende
Gouvernorat
Ville
Routes principales
Zone urbaine
Hydrographie
Cours d'eau principaux
Lacs, chotts et sebkha
STEP
Traitement tertiaire
Oui
Non
Volume moyen journalier (m3/j)
< 2000
20000 - 10000
10000 - 50000
> 50000
< 2000
20000 - 10000
10000 - 50000
> 50000
0 5 10 km
BRL ingénierie


ELABORATION DU PLAN DIRECTEUR NATIONAL DE RÉUTILISATION DES EAUX USÉES TRAITÉES EN TUNISIE
Parc épuratoire existant en 2050 - Sahel et Sfax
AFD
Adapt'Action
N
Légende
Gouvernorat
Ville
Routes
Zone urbaine
Hydrographie
Cours d'eau
Lacs, chotts et sebkha
STEP
Date de mise en service
< 2019
2019 - 2025
2025 - 2030
2030 - 2050
Volume moyen journalier (m3/j)
< 2000
2000 - 10000
10000 - 50000
> 50000
0 5 10 km
BRL ingénierie

Il faut cependant noter que, en l'état actuel, **20 % du flux d'EUT produit au Sahel et à Sfax présente des salinités supérieures à 3 g/L**, peu compatibles avec l'irrigation (agricole ou espaces verts). Cela concerne exclusivement des STEP littorales qui subissent l'intrusion d'eaux de nappes salines dans les réseaux d'assainissement. Les effluents touristiques reçus par la STEP de Sahline participent à l'augmentation de la salinité cette STEP, comme indiqué par l'ONAS du gouvernorat de Monastir. Pour les STEP de Mahdia et Moknine, le procédé utilisé de type lagunage avec une évaporation importante explique aussi ce phénomène, en plus des intrusions des eaux souterraines. De plus, dans cette région, notamment à Sfax, la salinité de l'eau potable provenant des nappes phréatiques est déjà élevée (parfois plus de 2 g/L), ce qui oblige la SONEDE à procéder à des dilutions en mélangeant différentes ressources en eau. A noter que pour notre analyse la donnée de salinité n'était pas disponible pour 3 STEP, dont notamment la STEP de Sousse Sud qui produit un volume important d'EUT (près de 10 Mm^3/an).

Tableau 63 : Salinité des eaux en sortie des STEP de la zone Sahel - Sfax pour l'année 2017 (ONAS, 2017)

STEP	Volume d'EUT produit (m3/an)	Taux de salinité en sortie de STEP (g/L)	Part du flux d'EUT en fonction des classes de salinité	Part du flux d'EUT en fonction du seuil de salinité 3 g/L
Ouardanine	594 000	1,7	27%	65%
Kalaa Sghira	548 000	1,7		
Sousse Nord 2	3 741 000	1,8		
Ksour Essef	556 000	1,8		
Sousse Nord 1	10 427 000	1,8		
Boumerdes	141 000	1,8		
El Hencha	147 000	1,9		
Jbeniana	171 000	1,9		
Msaken	2 361 000	1,9		
Agareb	223 000	2,1	38%	
Jemmel	2 075 000	2,2		
Beni Hassen	373 000	2,3		
Enfidha Hergla	1 278 000	2,4		
Frina	3 902 000	2,6		
Sfax Sud	14 769 000	2,7		
Chebba	487 000	2,7		
Sfax Nord	3 368 000	2,9		
Mahdia	4 358 000	3,4	10%	20%
Kerkena	119 000	4,0		
Sayada	2 193 000	4,0		
Moknine	4 380 000	4,2	10%	
Mahres	571 000	4,9		
Sahline	2 119 000	5,9		
Sidi Bou Ali	218 000	-	15%	15%
Sousse Sud	9 311 000	-		
El Jem	549 000	-		

FLUX INDUSTRIELS NON RACCORDES

Le CADRIN de l'ONAS inventorie **591 industries non raccordées au réseau d'assainissement collectif** dont 374 à Sousse/Monastir et 206 à Sfax. Parmi ces industries, 40% sont des industries agro-alimentaires, en grande majorité des huileries, et 20% sont des industries textiles. **Seulement 49 d'entre elles réalisent des prétraitements**. Les milieux de rejets des effluents sont des puits perdus ou des milieux naturels (oueds, lagunes). Le **lac de Moknine** notamment reçoit les rejets de **135 industries** pour un volume estimé de **134 000 m³/an**. Ces rejets proviennent surtout d'industries textiles des zones industrielles de Monastir. Le tableau ci-dessous est un extrait du CADRIN de l'ONAS concernant la région du Sahel et de Sfax. Il indique les industries pour lesquelles le volume rejeté a été pu être estimé et est supérieur à 1 000 m³/an.

Tableau 64 : Principales industries non raccordées au réseau d'assainissement collectif où le volume de rejet est évalué (ONAS, 2019)

Gouvernorat	Secteur d'activité	Prétraitement réalisé	Milieu de rejet	Volume rejeté (m³/an)
Sfax	Fabrication d'huiles d'olives	Non	Puit perdu	1 314 000
Sousse	Production et distribution d'électricité	Non	Oued Hamdoun	170 000
Sousse	Production de viandes	Oui	Oued	41 000
Mahdia	Textile	Oui	Lac Moknine	36 000
Monastir	Textile	Oui	Lac Moknine	35 000
Sfax	Céramique	Non	Puit perdu	32 000
Sfax	Produits chimiques	Non	Puit perdu	18 000
Sfax	Production de viandes	Oui	Milieu naturel	12 000
Sfax	Fabrication d'huiles d'olives	Non	Puit perdu	11 000
Sfax	Carton/papier	Oui	Puit perdu	10 000
Sfax	Manutention	Non	Puit perdu	9 000
Monastir	Cuir	Oui	Lac Moknine	7 000
Monastir	Textile	Non	Lac Moknine	7 000
Mahdia	Pêche	Oui	Lac Moknine	7 000
Monastir	Cuir	Oui	Lac Moknine	6 000
Sfax	Aliments pour animaux	Non	Puit perdu	6 000
Mahdia	Conserves de poisson	Oui	Lac Moknine	6 000
Sfax	Fabrication d'huiles d'olives	Non	Puit perdu	5 000
Monastir	Cuir	Oui	Lac Moknine	5 000
Monastir	Cuir	Oui	Lac Moknine	5 000
Sfax	Aliments pour animaux	Non	Puit perdu	5 000
Mahdia	Conserves de poisson	Oui	Lac Moknine	5 000
Sfax	Meubles	Non	Puit perdu	5 000
Monastir	Cuir	Oui	Lac Moknine	5 000
Sfax	Fabrication d'huiles d'olives	Non	Puit perdu	5 000
Sousse	Produits pharmaceutiques	Non	Bassin de réserve	5 000
Monastir	Cuir	Oui	Lac Moknine	4 000
Sfax	Fabrication d'huiles d'olives	Non	Puit perdu	3 000
Sfax	Travail de la pierre	Non	Puit perdu	3 000
Monastir	Textile	Non	Milieu Naturel	3 000
Sfax	Fabrication d'huiles d'olives	Non	Puit perdu	3 000
Sfax	Fabrication d'autres huiles	Oui	Puit perdu	2 000

Gouvernorat	Secteur d'activité	Prétraitement réalisé	Milieu de rejet	Volume rejeté (m^3/an)
Monastir	Textile	Oui	Lac Moknine	2 000
Sousse	Carrosseries	Non	Oued	2 000
Sfax	Fabrication d'huiles d'olives	Non	Puit perdu	2 000
Sfax	Chaussures	Non	Puit perdu	2 000
Sfax	Activités manufacturières	Non	Puit perdu	2 000
Sfax	Fabrication d'huiles d'olives	Non	Puit perdu	2 000
Sfax	Fabrication d'huiles d'olives	Non	Puit perdu	2 000
Monastir	Textile	Non	Milieu Naturel	2 000
Sfax	Fabrication d'huiles d'olives	Non	Puit perdu	2 000
Sfax	Meubles	Oui	Puit perdu	2 000
Sfax	Fabrication d'huiles d'olives	Non	Puit perdu	2 000
Sfax	Plastique	Non	Puit perdu	1 500
Sfax	Fabrication d'huiles d'olives	Non	Puit perdu	1 500
Sfax	Fabrication d'huiles d'olives	Non	Puit perdu	1 500
Sfax	Fabrication d'huiles d'olives	Non	Puit perdu	1 500
Sfax	Fabrication d'huiles d'olives	Non	Puit perdu	1 500
Sfax	Textile	Non	Puit perdu	1 500
Sfax	Caoutchouc	Non	Puit perdu	1 500
Sfax	Réservoirs métalliques	Non	Puit perdu	1 500
Sfax	Fabrication d'huiles d'olives	Non	Puit perdu	1 500
Sfax	Fabrication d'huiles d'olives	Non	Puit perdu	1 000
Sousse	Fabrication d'huiles d'olives	Non	Oued	1 000
Sfax	Fabrication d'huiles d'olives	Non	Puit perdu	1 000
Sfax	Fabrication d'huiles d'olives	Non	Puit perdu	1 000
Monastir	Cuir	Oui	Lac Moknine	1 000
Sfax	Carton/papier	Oui	Milieu naturel	1 000
Sfax	Fabrication d'huiles d'olives	Non	Puit perdu	1 000
Sfax	Fabrication d'huiles d'olives	Non	Puit perdu	1 000
Sfax	Fabrication d'huiles d'olives	Non	Puit perdu	1 000
Sfax	Fabrication d'huiles d'olives	Non	Puit perdu	1 000
Sfax	Fabrication d'huiles	Non	Puit perdu	1 000

11.1.2 Une offre en EUT qui pourrait combler le déficit hydrique régional tout en réduisant la dépendance aux ressources des autres régions

Il est rappelé que la plupart des chiffres ci-dessous proviennent de l'étude CRET (DGRE, 2019) et du diagnostic du secteur de l'eau réalisé dans le cadre de la stratégie EAU 2050 (BPEH, 2019). Quand ces chiffres proviennent de d'autres sources de données, celles-ci sont bien précisées.

CLIMAT

La zone du sahel et Sfax est caractérisée par une pluviométrie proche de la moyenne nationale. Elle subit l'influence maritime du littorale avec un **climat semi-aride** (DGRE, 2019). En moyenne sur la période 1980-2009, le cumul annuel de **précipitation est de 280 mm/an (±60 mm/an**) (CHPclim, 2020).

Les projections climatiques du CMIP4 et du CMIP5 montrent une réduction de la pluviométrie sur la Tunisie à l'horizon 2050. Cette tendance est robuste mais l'ampleur de cette réduction varie d'un modèle climatique à un autre. De plus, le littoral tunisien, dont fait partie le Sahel et Sfax, serait davantage épargné que la partie Ouest du pays. **La diminution des précipitations pourrait se situer entre 0% et -20%. Elle serait plus importante pour le gouvernorat de Sfax (-20%) qu'à Sousse (-15%)** (BPEH, 2019)**.** Comme toutes les autres zones du pays, celle-ci subira un réchauffement déjà à l'œuvre qui induira en particulier une évapotranspiration plus importante et conséquemment une hausse de la sécheresse pédologique, une réduction de la recharge des nappes et des besoins en eau plus élevées pour les cultures.

EAU DE SURFACE

Hydrologie

D'après les analyses et les modélisations hydrologiques de la troisième phase de l'étude CRET, **les écoulements sur la zone du Sahel représentent de 20 à 80 mm/an**, tandis que **le gouvernorat de Sfax est beaucoup plus aride avec des écoulements de l'ordre de 0 à 20 mm/an**.

Les projections climatiques indiquent que les écoulements superficiels dans la zone du Sahel et Sfax pourraient diminuer de **-10% à -20% à l'horizon 2050** (BPEH, 2019) dans le scénario le plus pessimiste (RCP8.5). Comme pour les projections de précipitations, cette diminution serait plus prononcée au sud (Sfax) qu'au nord (Sousse) de la zone.

Ouvrages de stockage

La zone du Sahel et Sfax compte **65 barrages collinaires** pour une capacité totale de stockage de **6,9 Mm^3**. En ce qui concerne les grands barrages, la zone du Sahel et Sfax n'est pour le moment pas équipée. Néanmoins, **le barrage de Kalaa Kebira est actuellement en construction** sur l'oued Lahmar et disposera d'un volume de stockage de **28 Mm^3**.

Transfert

La région du Sahel et Sfax est globalement déficitaire, c'est-à-dire que ses besoins en eau sont plus importants que les ressources en eau disponibles naturellement sur son territoire. La région bénéficie d'apports supplémentaires en eau de surface via les grands **axes de transfert hydrique depuis la vallée de la Medjerdah**. De plus, la zone bénéficie également de **transferts d'eau depuis le Kairouanais grâce d'une part à des forages, et d'autre part aux eaux du barrage de Nebhana**.

L'alimentation en eau potable ainsi que l'irrigation de la zone du Sahel et de Sfax sont fortement dépendantes de ces ressources de transfert. Ainsi, sur la base des données de la SONEDE et du Ministère de l'Agriculture, on estime qu'un volume total de **182 Mm^3/an est transféré vers cette zone**, dont 116 Mm^3 proviennent des eaux du Nord.

De façon globale, **les ressources en eau des transferts de l'extrême Nord et des transferts de la Medjerdah auront tendance à diminuer à l'horizon 2050 avec les effets du changement climatique, de l'ordre de -5% (scénario RCP4.5) à -10% (scénario RCP8.5).** Quant aux ressources en eau souterraine transférées depuis le Kairouanais, le changement climatique devrait également conduire à des réductions des volumes de recharges, toutefois, il est difficile de quantifier ces effets[25].

Dessalement

Le dessalement d'eau de mer dans la région concerne **à ce jour qu'une seule station de 12 000 m³/j à Skhira**. Elle appartient à la société TIFERT et est utilisée pour la production d'acide phosphorique. Certaines années sèches, une partie de l'eau est même vendue à la SONEDE pour l'AEP.

D'autres stations sont projetées à court terme dans la région par la SONEDE afin de sécuriser l'approvisionnement en eau potable des pôles urbains. Elles permettront aussi de réduire la dépendance aux eaux du Nord et du Centre. Les projets en cours à **l'horizon 2025** sont les suivants (BPEH, 2019) :

- Une station à **Sousse** d'une capacité de **50 000 m³/j**, prévue pour **2021**. Elle pourra être extensible jusqu'à **100 000 m³/j.**
- Une station à **Sfax** de **100 000 m³/j** pour **2023,** extensible jusqu'à **200 000 m³/j ;**
- Une station sur les **îles Kerkennah** de **6 000 m³/j** prévue pour **2025.**

La production projetée en 2025 est donc de 57 Mm³/an pour le Sahel et Sfax, extensible à 112 Mm³/an.

Vue d'ensemble des ressources de surface

La carte ci-dessous reprend les grands transferts d'eau existants pour la région du Sahel et de Sfax, la localisation des barrages et lacs collinaires et celle des futures stations de dessalement.

[25] Par exemple dans l'étude de faisabilité sur le transfert du Nord vers le Centre, l'hypothèse qui a été retenue est de considérer que la recharge restera identique dans le futur même avec le réchauffement cliamtique faute de données suffisante pour pouvoir quantifier l'effet du changement climatique.


ELABORATION DU PLAN DIRECTEUR NATIONAL DE RÉUTILISATION DES EAUX USÉES TRAITÉES EN TUNISIE
Ressource en eau superficielle - Sahel et Sfax
AFD
Adapt'Action
N
NABEUL
Hammamet
Zaghouan
El Fahs
ZAGHOUAN
rmil
rmel
SILIANA
nebhana
Enfidha
Kalaa Kebira
Sousse
SOUSSE
Ouesslatia
Monastir
Sahline
Kairouan
Haffouz
KAIROUAN
Ksar Hellal
Moknine
MONASTIR
elhaouareb
Mahdia
Ksour Essef
Sidi Amor Bou Hajla
sidisaad
Nasrallah
MAHDIA
El Jem
Chebba
Melloulèche
Jebeniana
Ellouza
Légende
Gouvernorat
Ville
Routes principales
Zone urbaine
Hydrographie
Cours d'eau principaux
Lacs, chotts et sebkha
Ressource en eau
Lacs collinaires
Barrage (Stockage - Mm3)
< 50
50 - 100
100 - 500
> 500
Station de dessalement
Eaux de mer
Future
Existante
Eaux saumâtres
Future
Existante
Transfert d'eau
Transfert tracé Est (Existant passant par la côte)
Transfert tracé du centre - Direct
Transfert tracé du centre - Détour
Extension possibles sur le réseau de transfert
SIDI BOUZID
Bir Ali Ben Khalifa
SFAX
Agareb
Sakiet Ezzit
Sakiet Eddaïer
Sfax
Meknassi
Mahr
Skhira-2
Skhira
GABES
0 5 10 km
BRL ingénierie

EAUX SOUTERRAINES

Sur la zone du Sahel et Sfax, on dénombre **43 nappes phréatiques**. Le volume de ressources en eau pouvant être exploité de façon durable est de près de **80 Mm³ par an**. Or, en 2015 le **volume total exploité** sur ces 43 nappes est de **96 Mm³** (DGRE, 2016). Il y a donc une surexploitation globale des ressources en eau souterraine de la zone du Sahel et Sfax. 18 nappes phréatiques sont surexploitées dans la région du Sahel et de Sfax. La nappe de Jbeniana est la nappe qui fait face au **plus haut taux de surexploitation** (**280%** en 2015). La surexploitation de cette nappe a débuté dans les années 1980. Un décret a instauré des périmètres d'interdiction afin de limiter l'exploitation de cette nappe (DGRE, 2016). Par ailleurs, en termes de qualité des eaux souterraines, **l'ensemble des nappes connait des épisodes de forte salinité au-dessus de 4 g/L.**

Les nappes profondes sont elles aussi surexploitées : leurs ressources annuelles sont estimées à 66 Mm³ tandis que leur exploitation est à hauteur de 74 Mm³, soit un **taux d'exploitation de 112 %**, sachant que la région reçoit en plus des eaux de nappes de la région Centre.

EXPLOITATION DES EAUX

Dans la situation actuelle **les prélèvements en eau tous usages confondus dans la zone du Sahel et Sfax représentent un volume total de près de 400 Mm³/an.**

Les prélèvements pour **l'alimentation en eau potable** de la zone s'élève en 2018 à plus de **180 Mm³/an** en 2018. Ces prélèvements permettent l'alimentation en eau potable de la population des gouvernorats de Sousse, Monastir, Mahdia et de Sfax, soit environ **2,87 millions d'habitants en 2020**. A **l'horizon 2050**, la population de la zone est projetée à **3,4 millions d'habitant**. Si la consommation unitaire devait rester identique, la consommation en eau potable représenterait alors environ **217 Mm³/an**. Actuellement les besoins en eau potable du Sahel et Sfax sont en majorité satisfaits par les eaux de transfert du Nord (116 Mm³/an). **On estime que 163 Mm³/an sont prélevés en dehors de la zone du Sahel et de Sfax pour l'AEP, soit 89% du prélèvement total pour l'AEP du Sahel et Sfax**.

52% (±10% en fonction des années) des prélèvements en eau sont destinés à **l'irrigation des cultures**, soit environ **208 Mm³**. Près de **85% de l'eau d'irrigation dans la zone Sahel - Sfax est issu des eaux souterraines**, dont une partie est transférée depuis la région de Kairouan. Le reste de l'irrigation est alimenté à partir de grands barrages (notamment le barrage de Nebhana), des barrages collinaires ainsi que des eaux usées traitées.

Les recharges de nappe réalisées le sont majoritairement par l'usage de **l'eau de barrages collinaires**. Le **volume annuel de recharge en 2015 est estimé à 8,1 Mm³** (DGRE, 2017).

VUE D'ENSEMBLE DES RESSOURCES EN EAU DU SAHEL ET DE SFAX ET DE LEURS USAGES ACTUELS

Le tableau ci-dessous établit à grands traits le bilan hydrique actuel de la zone Sahel-Sfax en synthétisant les apports annuels renouvelables et les prélèvements. Il ajoute aussi à ce bilan la réduction potentielle du déficit actuel si 100 % des EUT étaient réutilisées. L'exercice est effectué pour les horizons 2020 et 2050.

Sahel - Sfax ***Situation actuelle***	Apports annuels renouvelables (Mm3)	Prélèvements effectifs (Mm3)	Usages (Mm3)				*Déficit* ***sans REUT*** *(Mm3)*	REUT		*Déficits* ***avec REUT*** *(Mm3)*	
			AEP	IRR	Recharge	Autre / Indéfini		REUT - Dispo Pot 2020	REUT - Dispo Pot 2050		
Ecoulement											
dont stock. barrages coll.	**7**	**4,6**			4,6		***0***				
dont stock. grds barrages	**30**	**29**	2	27			***0***				
Transfert CMCB	**113**	**113**	113				***0***				
Nappes phréatiques et profondes (total)	**217**	**246**	67	175	3,5		***29***				Part REUT / Déficit
Bilan Ress. Ren. - Usages 2020	**367**	**392**	182	202	8	0	***26***	76		***0***	***297%***
Bilan Ress. Ren. - Usages 2050	**367**	**458**	248	202	8	0	***92***		173	***0***	***189%***
			Part REUT / Usages					**19%**	**38%**		

Le niveau actuel de recours à la REUT (5 Mm^3) représente 21% du déficit hydrique global à l'échelle du Sahel et de Sfax qui s'élève à plus de 25 Mm^3.

Une exploitation de la REUT à son plein potentiel actuel (**76 Mm^3**) permettrait de **combler entièrement le déficit.** A l'horizon 2050, l'augmentation des besoins en eau potable conduira à dégrader fortement le bilan de la zone **(-92 Mm^3**). **La REUT permettrait là aussi, potentiellement, de combler 100 % du déficit.** De plus, la REUT permettrait de réduire l'apport de ressources en eau provenant des transferts du Nord et du Centre.

Les 2 tableaux ci-dessous reprennent le bilan en situation actuelle en y **intégrant des projections climatiques selon 2 scénarios de changement climatique différents** : le scénario 4.5 qui induirait une réduction modérée des ressources en eau et le scénario 8.5 qui induirait une plus forte réduction de ces ressources. Il faut cependant noter que ces bilans ne prennent pas en compte les autres ressources non conventionnelles comme les projets de dessalement qui permettront de réduire le déficit hydrique.

Projections climatiques – RCP 4.5 2050

Sahel - Sfax *CC - RCP 4.5 2050*	Apports annuels renouvelables (Mm3)	**Prélèvements effectifs (Mm3)**	Usages (Mm3)				*Déficit* ***sans REUT*** *(Mm3)*	REUT		*Déficits* ***avec REUT*** *(Mm3)*	
			AEP	IRR	Recharge	Autre / Indéfini		REUT - Dispo Pot 2020	REUT - Dispo Pot 2050		
Ecoulement (-10%)											
dont stock. barrages coll.	**6**	**4,6**	0	0	4,6	0	***0***				
dont stock. grds barrages	**27**	**30,35**	2	28	0	0	***3***				
Transfert CMCB (-5%)	**107**	**113**	113	0	0	0	***6***				
Nappes phréatiques et profondes (total) (-10%)	**195**	**254**	67	184	3,5	0	***59***				Part REUT / Déficit
Bilan Ress. Ren. - Usages 2050	**336**	**468**	248	212	8	0	***133***	76	173	***0***	***130%***
			Part REUT / Usages					**16%**	**37%**		

Dans le scénario 4.5, à l'horizon 2050, les apports annuels renouvelables du Cap Bon tendent à baisser **(-10% pour les ressources locales et -5% pour les eaux du Nord**). Les besoins pour l'irrigation (à surfaces constantes) tendent à augmenter **(+5%)** – du fait de la hausse de l'évapotranspiration. La combinaison de ces tendances dégrade fortement **le déficit hydrique de la zone (-133 Mm^3), déficit qui pourrait toutefois être, potentiellement, comblé à 100 % par la REUT.**

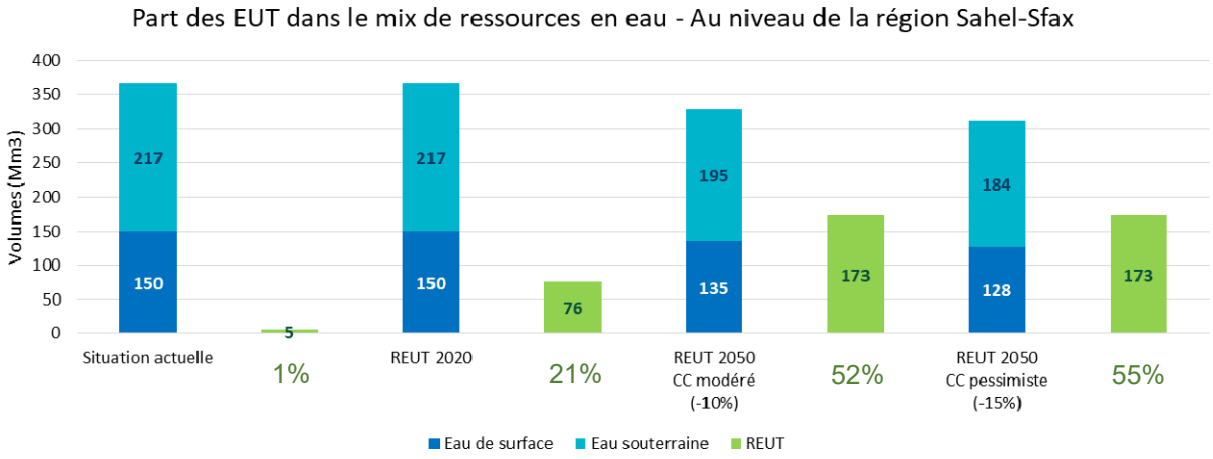
Projections climatiques – RCP 8.5 2050

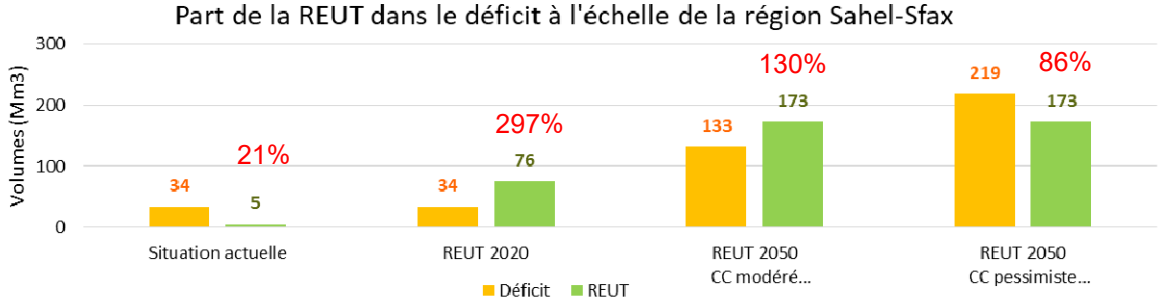
Sahel - Sfax *CC - RCP 8.5 2050*	Apports annuels renouvelables (Mm3)	Prélèvements effectifs (Mm3)	Usages (Mm3) AEP	IRR (+10%)	Recharge	Autre / Indéfini (+10%)	*Déficit sans REUT (Mm3)*	REUT - Dispo Pot 2020	REUT - Dispo Pot 2050	*Déficits avec REUT (Mm3)*	
Ecoulement (-20%)	*250*										
dont stock. barrages coll.	**6**	**4,6**	0	0	4,6	0	***0***				
dont stock. grds barrages	**24**	**56,7**	27	30	0	0	***33***				
Transfert CMCB (-10%)	**102**	**0**	0	0	0	0	***0***				
Nappes phréatiques et profondes (total) (-20%)	**173**	**371**	175	193	3,5	0	***198***				Part REUT / Déficit
Bilan Ress. Ren. - Usages 2050	**305**	**506**	275	222	8	0	***201***	76	173	***28***	***86%***
			Part REUT / Usages					**15%**	**34%**		

Dans le scénario 8.5, à l'horizon 2050, les tendances s'amplifient, à la baisse **(-20% pour les ressources locales et -10% pour les eaux du Nord**) comme à la hausse (**+10% pour les besoins pour l'irrigation**, à surfaces constantes). La combinaison de ces tendances dégrade fortement le déficit de la zone **(-201 Mm^3**). Ce déficit pourrait être cependant compensé, potentiellement, en grande partie par la REUT (déficit ramené à 28 Mm3), les EUT représentant alors 86% du déficit.

Les 2 graphiques ci-dessous résument, à l'échelle de la zone Sahel - Sfax **la part potentielle des EUT dans le bilan global des ressources en eau de la région** (sans compter le dessalement) et dans le déficit selon différentes situation : la situation actuelle (5 Mm^3 réutilisés), la situation i si 100 % des EUT actuellement produites étaient réutilisées et la situation en 2050 selon les 2 scenarios de projections climatiques évoqués ci-avant.

Figure 62 : Part des EUT dans le mix de ressources en eau (haut) et das le déficit (bas) à l'échelle du Sahel et de Sfax





11.2 CONTEXTE SOCIO-ECONOMIQUE DE LA ZONE SAHEL - SFAX ET SES PERSPECTIVES D'EVOLUTION D'ICI 2050 EN LIEN AVEC LA REUT. QUELLE ACCEPTABILITE SOCIALE POUR LA REUT AUPRES DES USAGERS POTENTIELS ?

11.2.1 Une agriculture irriguée et intensive sur le littoral, une agriculture extensive et pluviale dans les zones intérieures : dans les 2 cas, des agriculteurs à la recherche de ressources en eau alternatives

PLACE DU SECTEUR AGRICOLE AU SAHEL ET SFAX

Comme explicité plus haut, la région se caractérise par une aridité visible avec des ressources pluviales rares et irrégulières. Les différentes combinaisons des techniques d'exploitation des terres et des ressources en eau et en sol s'expriment spatialement par deux zones agro-écologiques et bioclimatiques homogènes : les **zones côtières semi-arides à l'est** et les **zones intérieures arides au sud-ouest**. Ces conditions climatiques difficiles ont favorisées le développement de l'**oléiculture**. En parallèle, le développement de **l'agriculture irriguée** a permis de sécuriser les productions malgré les faibles pluviométries et les phénomènes de sécheresse.

La superficie agricole utile de la région représente **11% de la superficie agricole totale du pays**. **L'arboriculture fruitière** est largement dominante avec **82% de la superficie labourable**. L'olivier à huile est l'espèce la plus répandue et représente **40% du patrimoine oléicole du pays**. Les autres spéculations sont les cultures céréalières (4% de la SAU) et les cultures maraîchères (2% de la SAU) qui représentent **14% de la production maraîchère du pays**. Le secteur de l'élevage joue un rôle socio-économique et écologique considérable pour réguler les systèmes agro-sylvo-pastoraux. **L'élevage bovin hors sols** est largement présent dans les bassins laitiers de Monastir et Mahdia.

La superficie totale des **périmètres irrigués** de la région Sahel et Sfax est de l'ordre de **40 000 ha, soit près de 10% de la superficie totale du pays** (DGEDA, 2018).

L'évolution du taux d'intensification de l'agriculture a fait augmenter drastiquement la demande en eau. Les besoins actuels ne sont déjà plus couverts par les ressources conventionnelles, que ce soit les eaux de barrages ou les eaux souterraines. Ces dernières, surtout au niveau du littoral, sont souvent surexploitées et la salinité au niveau des puits dépasse fréquemment les 4 g/L. Une autre difficulté du secteur agricole de la région qui peut être soulevée est **l'insuffisance des ressources fourragères**. Cela concerne particulièrement les gouvernorats de Monastir, Mahdia et Sfax. L'augmentation des prix de l'alimentation du bétail met en péril la filière élevage.

Les 3 cartes ci-dessous sont issues de la carte agricole de la Tunisie. Elles présentent différentes familles de cultures : arboriculture – céréales et fourrages – maraîchage. Pour chacune d'elles, les périmètres irrigués sont indiqués par un zonage rouge. Elles permettent ainsi d'illustrer l'occupation des terres agricoles pour la zone du Sahel et de Sfax et de croiser ces éléments avec la localisation des STEP existantes et projetées.

Figure 63 : Zone Sahel - Sfax : Carte agricole – Carte 1 : Vigne et arboriculture, périmètres irrigués (en rouge)

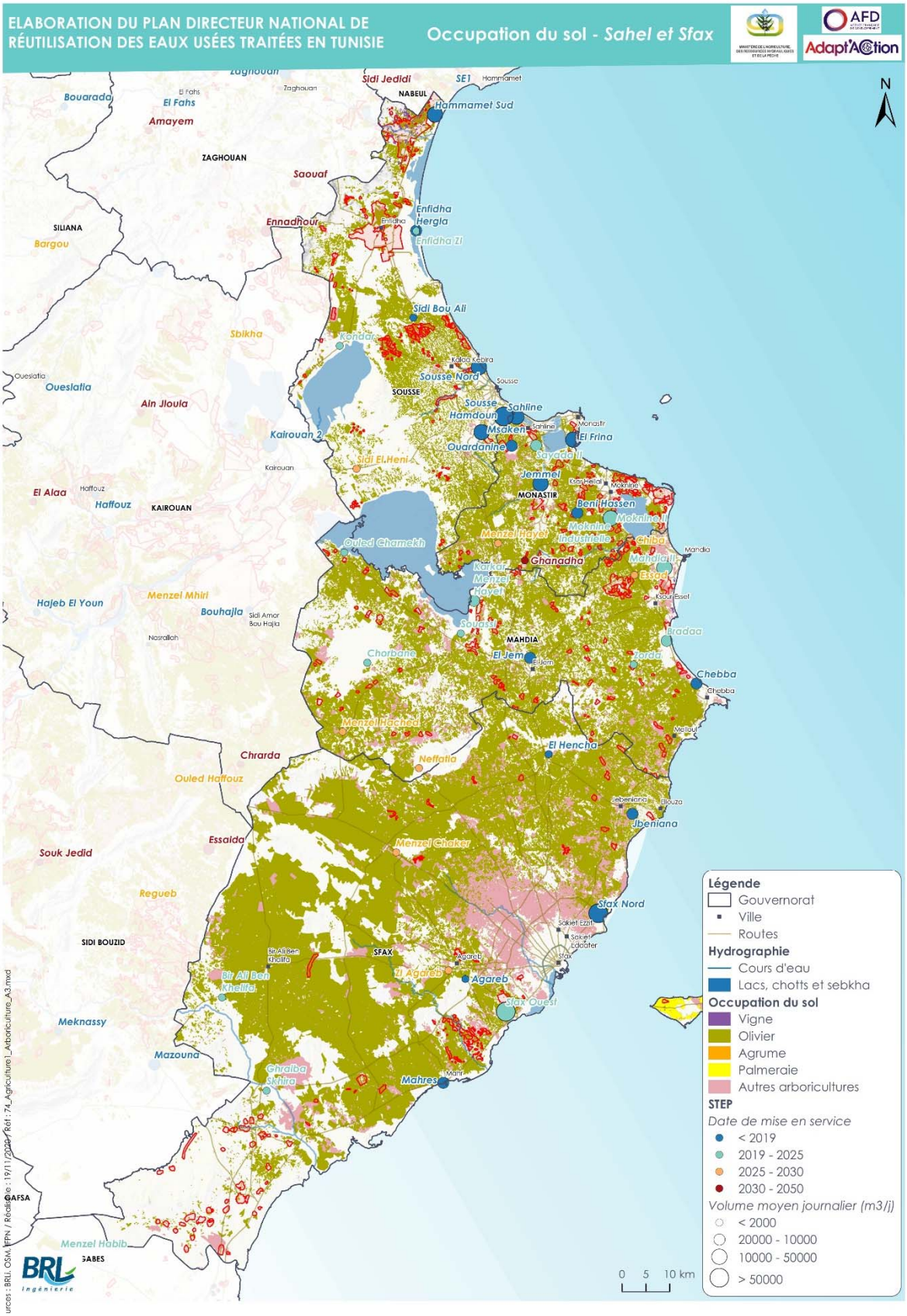


Figure 64 : Zone Sahel – Sfax : Carte agricole – Carte 2 Céréales (en jaune) et fourrages (en violet), périmètres irrigués (en rouge)

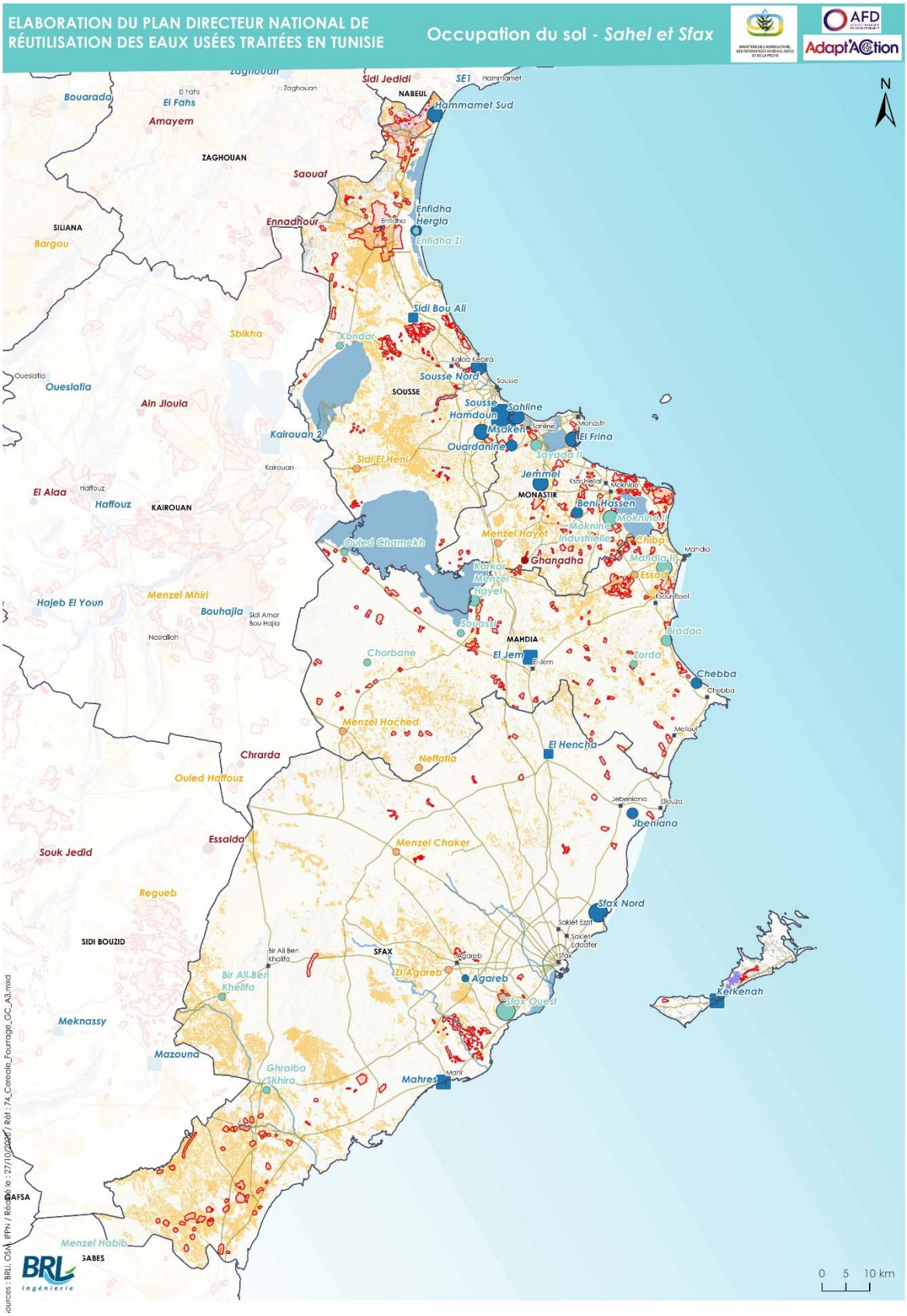
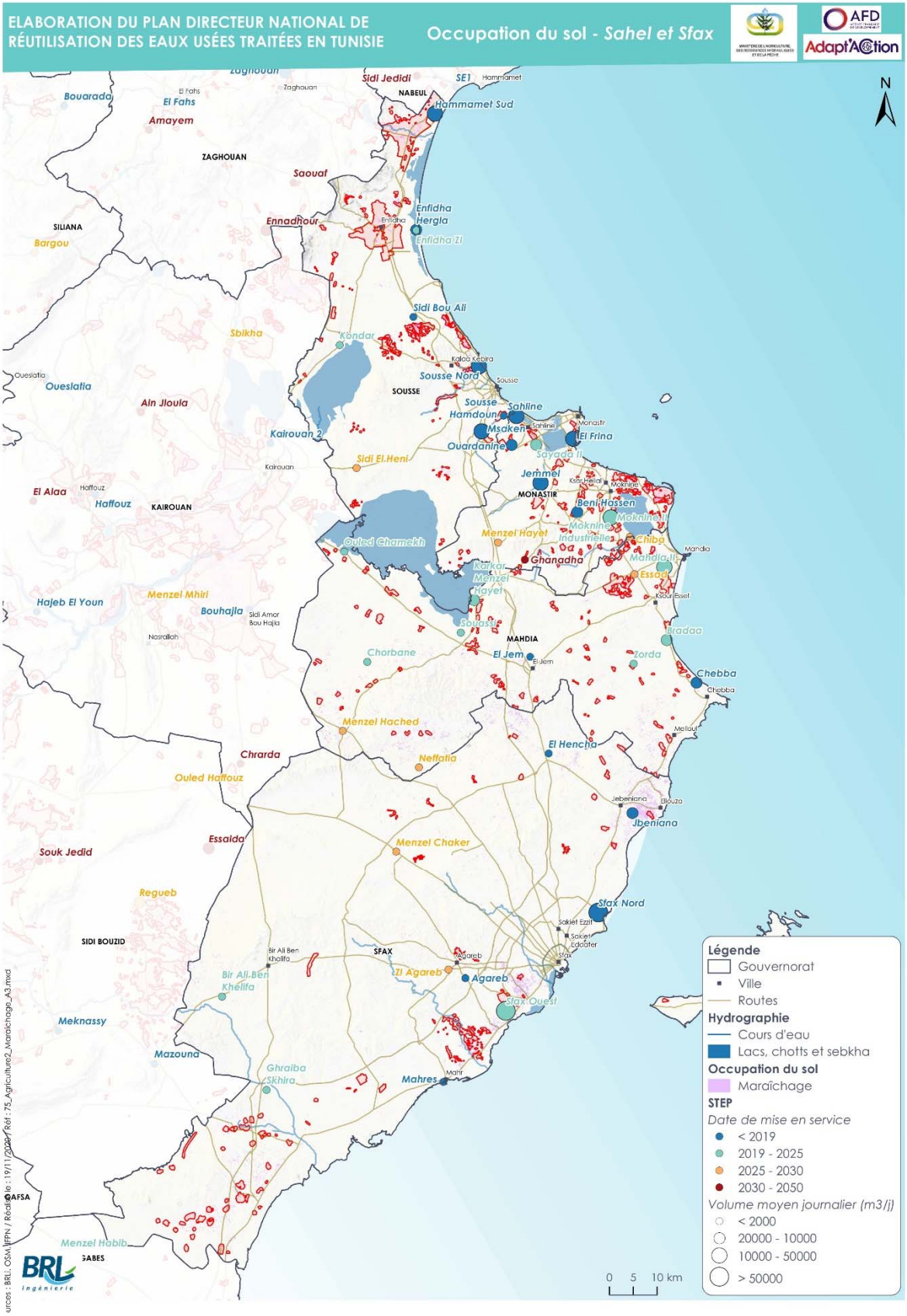


Figure 65 : Zone Sahel – Sfax : Carte agricole – Carte 3 : Maraîchage et périmètres irrigués (en rouge)



PERSPECTIVES AGRICOLES ET PROJETS DE REUT

Plusieurs projets de REUT à court terme portés par le MARHP concernent la région et le secteur agricole (DGGREE, 2018) :

- Une **extension de 100 ha a été étudiée pour le PPI de El Hajeb** en périphérie de Sfax ainsi qu'une réhabilitation des 450 ha existants. Cependant, **l'urbanisation des terres agricoles menace ce projet.**
- Une stratégie de REUT est en cours d'élaboration pour le gouvernorat de Mahdia par le CRDA. Les projets lancés sont notamment la création d'un **nouveau PI de 100 ha sur la nouvelle STEP de Mahdia et d'un PI de 60 ha sur la STEP de Chebba**. Un autre périmètre est en cours d'étude prévu en partenarait avec Vitalait (DGGREE et ONAS, 2020). L'objectif est de **réutiliser les eaux usées de la centrale laitière pour l'irrigation de plantes fourragères** afin de promouvoir la filière bovine laitière dans la région.
- A Monastir, un **nouveau de périmètre irrigué de 10 ha est en cours d'installation sur la STEP de Beni Hassen.**
- A proximité du périmètre existant de Zaouiet Sousse qui reçoit les EUT de la STEP de Sousse Sud, un nouveau périmètres va être crée de **550 ha** dans le cadre du plan de réutilisation des EUT à court terme de la DGGREE. Il sera alimenté par la nouvelle **STEP de Sousse Hamdoun**.

Outre des petits périmètres de moins d'une centaine d'hectares, **la disponibilité des ressources en eau de la région limite l'extension des superficies irriguées.**

Le secteur pour la région se tourne de plus en plus vers les **cultures biologiques** avec près de 145 000 ha introduits. Ces pratiques concernent surtout les oliviers à huile afin de mieux valoriser les produits à l'importation. Des mesures incitatives pour l'investissement dans ce type d'agriculture montre la volonté politique d'augmenter les superficies biologiques et de diversifier les cultures (CGDR, 2018).

MATURITE DE LA DEMANDE POUR LA REUT DANS LE SECTEUR AGRICOLE

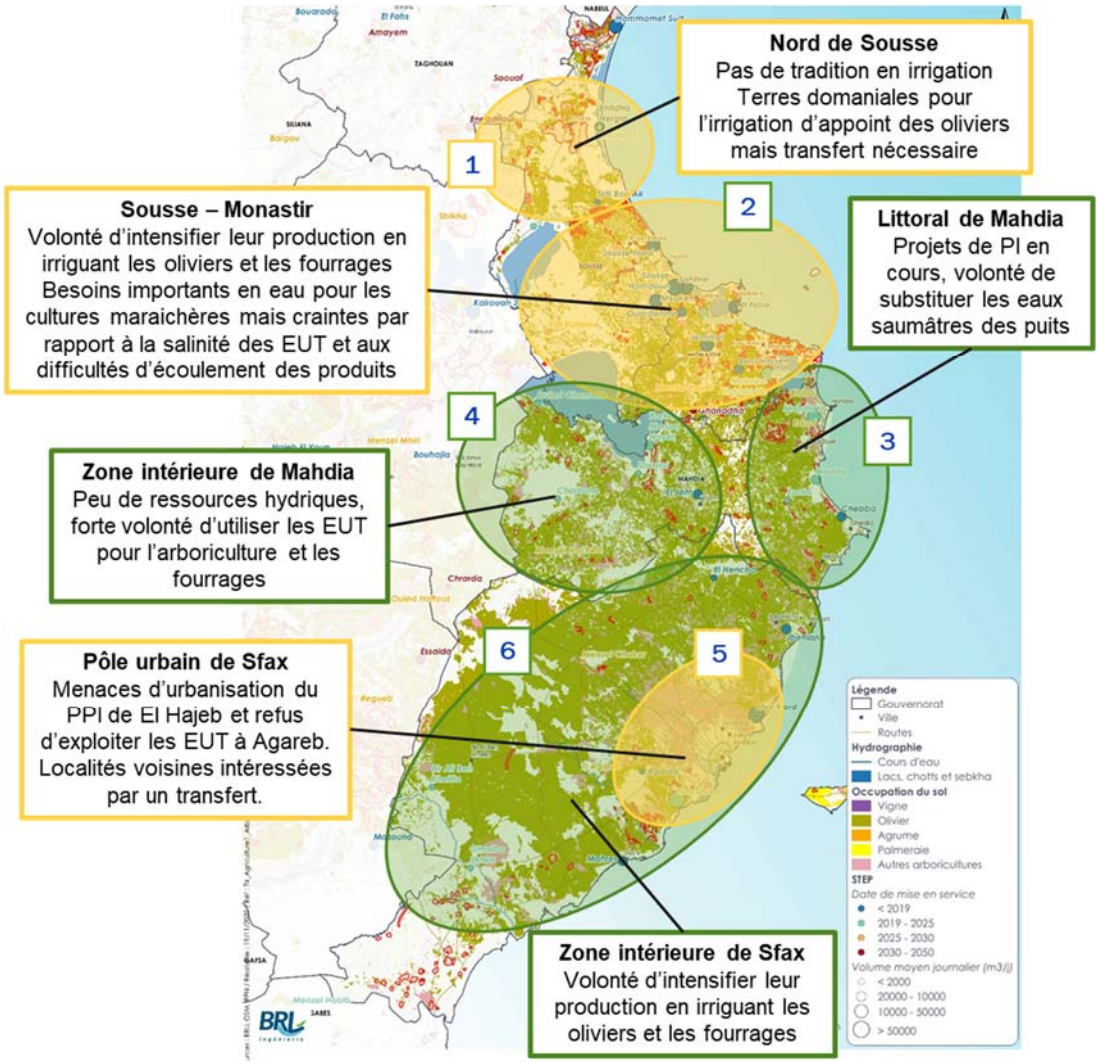
Lors des enquêtes dans la région du Sahel et Sfax, nous avons cherché à interroger des agriculteurs présents dans les différentes sous zones agricoles identifiées précédemment et avec des profils variés (cultures pratiquées, irrigation ou non, etc.). En tout, 52 agriculteurs aux profils variés ont été interrogés répartis dans 10 délégations différentes. Au vu du contexte hydrique de la région et des impacts des changements climatiques perçus, **la majorité des agriculteurs interrogés se sont déclarés favorables à la REUT**. L'expérience réussie du périmètre pilote de Ouardanine a bien rayonné dans toute la région. La majorité des usagers actuels des EUT l'ont visité. Les enquêtes ont permis d'identifier différents niveaux d'acceptabilité de la REUT en fonction des profils des agriculteurs :

- Les agriculteurs des **zones intérieures**, pratiquant une **oléiculture pluviale**, ont **une forte motivation pour exploiter les EUT**. Elles leur permettraient **d'intensifier leurs oliveraies** et de développer une **filière fourragère** afin de répondre aux besoins de la région.
- Sur les zones plus proche du **littoral**, des **exploitants des eaux conventionnelles aimeraient substituer leurs ressources par des EUT**. En effet, pour certains périmètres, les ressources des barrages deviennent insuffisantes (Sousse/Monastir) et les eaux souterraines ont des niveaux de salinité qui ne permettent plus aux agriculteurs de les exploiter (Mahdia/Sfax). Les irrigants sont donc prêts à exploiter dans un premier temps les EUT pour **intensifier la culture des oliviers avec des fourrages en intercalaire**. Puis, ils ont demandé sur un plus long terme **la levée des restrictions sur les cultures maraîchères** afin d'irriguer toutes leurs parcelles avec des EUT. Dans les régions de Liana et Dkhila à proximité de la ville de Mahdia, des irrigants exploitent déjà de façon illégale des eaux usées pour remplacer les eaux de leur puits qui titrent à plus de 6g/L.
- **D'autres maraîchers de périmètres privés à Sousse et Monastir** qui peuvent encore exploiter des eaux souterraines ont exprimé leur **refus d'exploiter les EUT**. Les craintes reposent sur la dégradation de la qualité des primeurs qui sont réputés dans la région et la potentielle perception négative du consommateur.

- Au niveau de Sfax, d'autres refus d'agriculteurs ont été recensés. Ils sont liés à des problématiques locales. Par exemple pour le PPI de El Hajeb, nous avons vu que sa durabilité était menacé avec **l'avancée de l'urbanisation**. Les agriculteurs ne souhaitent pas continuer l'exploitation des parcelles sur le long terme. A Agareb, les craintes sur les risques sanitaires et environnementaux sont fortes car les agriculteurs ont déjà subis les impacts d'une décharge anciennement implantée. Cela montre l'importance **d'identifier les mauvaises expériences passées et de conduire des campagnes de sensibilisation afin de dissiper les craintes des agriculteurs.**

La carte ci-dessous synthétise les résultats des enquêtes en fonction des sous zones du Sahel et de Sfax. Ce découpage de la région en sous zones est explicité dans la partie 11.4.

Figure 66 : Niveaux d'acceptabilité des agriculteurs à exploiter les EUT en fonction des sous zones du Sahel et Sfax



11.2.2 Des pôles industriels d'importance nationale à Sousse, Monastir et Sfax

PLACE DU SECTEUR INDUSTRIEL AU SAHEL ET SFAX

En plus d'être un pôle agricole majeur, la région présente une **économie diversifiée**. En matière d'industries manufacturières, le **secteur du textile** assure une part importante de la production nationale et des emplois régionaux créées. Il représente **43 % du tissu industriel de la région**. Les autres activités principales sont les industries mécaniques et métallurgiques (**14 % des industries**) et **les industries agro-alimentaires (13 %)** (CGDR, 2018)**.**

Les zones industrielles recourent à de l'eau potable fournie par la SONEDE et à des ressources propres (puits, forages, etc.). La consommation d'eau potable au sein de ces zones industrielles est **la plus élevée dans le gouvernorat de Sfax** et concentrée au niveau du pôle urbain. Elle est estimée à **5 Mm^3/an** par la SONEDE. Elle est aussi importante dans **le gouvernorat de Monastir avec 3 Mm^3/an consommés**, particulièrement pour les Industries du Textile et de l'Habillement (ITH) (CGDR, 2018). A noter, comme déjà mentionné plus haut, que l'unité de production d'acide phosphorique visitée à Skhira (Sud de la ville Sfax) possède une station de dessalement afin de limiter les prélèvements dans les nappes. Comme également déjà mentionné, il est même arrivé que cette industrie distribue de l'eau à la SONEDE en période de forte demande.

PERSPECTIVES INDUSTRIELLES

Les projets structurants programmés ou en cours de réalisation (port de commerce, zones industrielles, technopôles, établissements universitaires, etc.) vont contribuer au renforcement de l'attractivité de la région à l'investissement productif. D'après les projections de l'AFI, près de **650 ha de zones industrielles** devraient être aménagés avant 2030. **6 nouvelles zones sont projetées,** réparties dans les 4 gouvernorats et l'extension de 3 autres zones est en cours. **Les superficies des zones industrielles vont donc augmenter significativement, les portants de 1 250 ha à environ 1 900 ha** (APII, 2019), ce qui augmentera la concurrence avec les autres secteurs pour l'accès à l'eau potable

11.2.3 Un secteur touristique très important, avec 40% de la capacité hôtelière du pays, concentré sur le littoral de Sousse, Monastir et Mahdia

PLACE DU SECTEUR TOURISTIQUE AU SAHEL ET SFAX

Le secteur touristique est largement implanté dans la région qui regroupe près de **40 % de la capacité hôtelière du pays, soit plus de 90 000 lits.** Le tourisme balnéaire s'est le plus développé autour de port El Kantaoui à Sousse (55 % des lits) et des zones touristiques de Monastir (30 %) et de Mahdia (12 %). Le gouvernorat de Sfax, où l'activité touristique est beaucoup plus réduite, regroupe quelques unités hôtelières au niveau des îles Kerkennah et Mahres (AFT, 2020).

Le **secteur touristique consomme chaque année près de 5,5 Mm3 dans la région**. Plus de 50 % de ce volume concerne les zones touristiques de Sousse et plus de 30 % celles de Monastir (CGDR, 2018). Les unités hôtelières interrogées lors des enquêtes jugent que les ressources en eau actuelles sont suffisantes. Cependant, sur un plus long terme, elles sont à la recherche de sources alternatives car les eaux souterraines ne sont plus disponibles au regard des taux élevés de salinité. La REUT apparaît donc une comme une solution possible pour limiter l'utilisation des ressources potables de la SONEDE.

D'après une analyse sous SIG d'images satellitaires de Google Earth réalisée dans le cadre de la présente étude, la superficie des espaces verts existants (sans les golfs) pour les principales zones touristiques est de **144 ha pour Sousse**, **154 ha pour Monastir et 40 ha pour Mahdia.**

Comme vu lors de la phase de Diagnostic, il existe actuellement **trois terrains de golf** au Sahel : **Sousse El Kantaoui** (alimenté par la STEP de Sousse Nord), d'une superficie de **130 ha** et les golfs **Flamingo** (STEP El Frina) et **Palm Links** (STEP Sahline) à Monastir avec une superficie de **80 ha chacun.** Un golf très réduit de 3 ha irrigué avec les eaux de la SONEDE existe aussi dans la zone touristique de Mahdia entre 2 hôtels qui s'en partagent la gestion et l'entretien.

PROSPECTIVES TOURISTIQUES

Des **nouvelles zones touristiques sont prévues par l'AFT avant 2030** : Ghedhabna dans le gouvernorat de Mahdia, Sidi Founkhall à Kerkennah, Hergla et Selloum au nord de Sousse. Une extension de la zone touristique de Monastir est aussi projetée. Ces aménagements porteront à plus de **160 000 lits la capacité hôtelière de la région** (AFT, 2020). Cependant, le contexte touristique depuis 2012 ralentit les projets et les efforts se concentrent pour optimiser les hébergements existants. D'après les enquêtes auprès des hôteliers de la région, les extensions des superficies des espaces verts ne sont pas encore à l'ordre du jour des gestionnaires.

La stratégie du ministère du tourisme prévoit de réaliser un golf pour chaque 10 000 lits afin d'assurer aux golfeurs l'accès à 3 golfs dans un rayon ne dépassant les 45 min lors de leur séjour. Ainsi, il est prévu d'aménager **3 golfs additionnels dans la région du Sahel à long terme,** dont 2 à Ghedhabna et un à Hergla (STDG, 2018)**.**

11.2.4 Une volonté d'extension des espaces verts municipaux

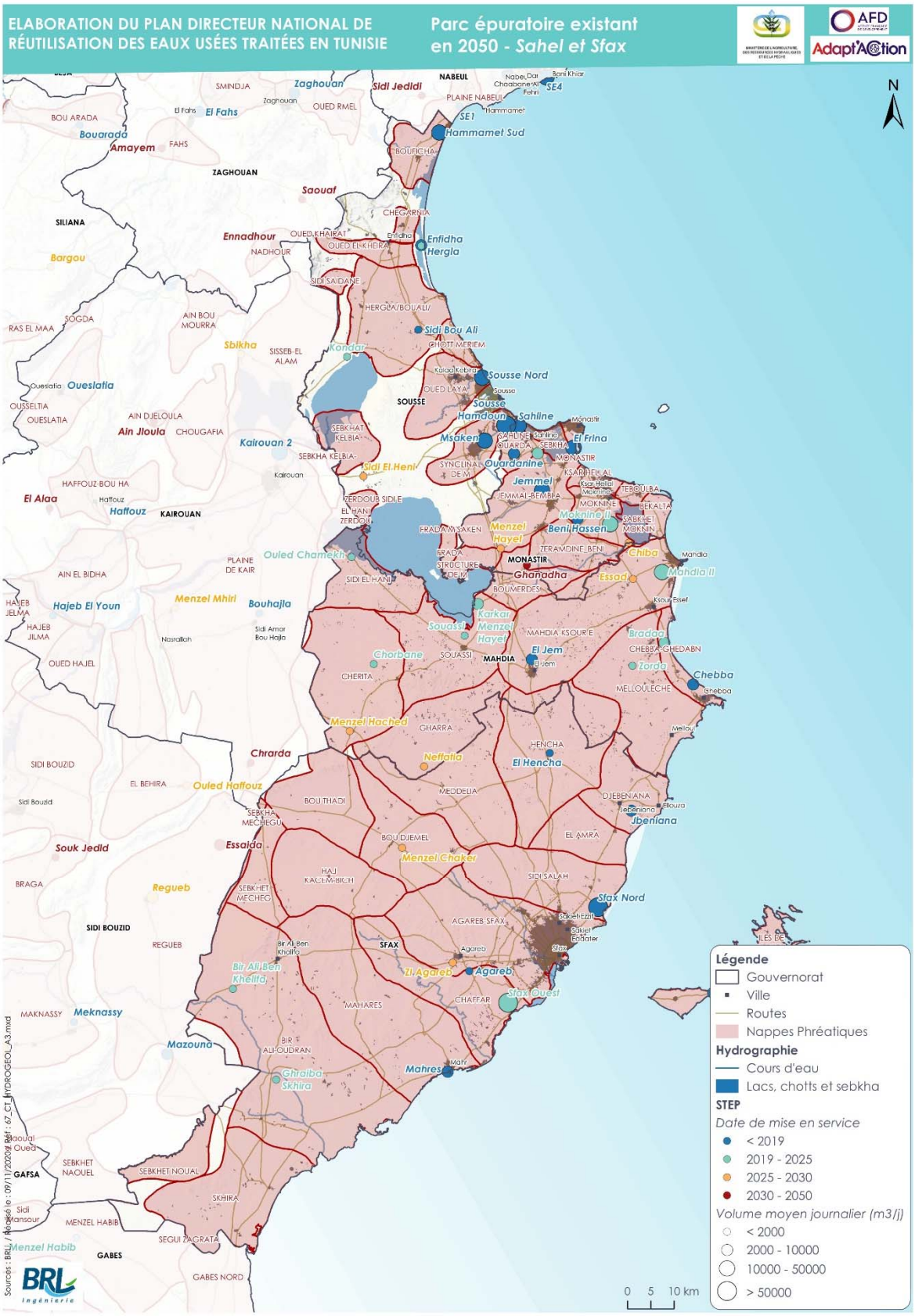
D'après le Schéma Directeur d'Aménagement (SDA) de la région économique du Centre Est (DGAT, 2011), un des objectifs est d'améliorer l'attractivité du territoire, en augmentant notamment la disponibilité des espaces verts. Avec une moyenne de 20 m^2 par habitant dans les pôles urbains, le schéma vise un total de **600 ha d'espaces verts à Sousse, 550 ha à Monastir, 120 ha à Mahdia et 500 ha Sfax d'ici 2030.**

La **municipalité de Sousse** dispose de **3 principaux espaces verts couvrant une superficie de 80 ha** irrigués à partir des **eaux potables de la SONEDE, de forages et anciennement à partir des EUT**. Cette dernière pratique est actuellement en arrêt à cause de de la difficulté de trouver un arrangement institutionnel entre la municipalité de Sousse et deux autres communes pour la gestion et l'entretien du cordon vert de la route périphérique allant de Sousse vers Sahline. Les autres causes sont la qualité des EUT qui ne respectait pas toujours les normes et les difficultés d'entretien et de financement du réseau d'irrigation. La REUT continue cependant à intéresser les responsables, moyennant quelques arrangements intermunicipaux.

Les autres municipalités interrogées (Monastir, Sfax, Mahres, Agareb) se sont aussi montrées favorables à la REUT, surtout pour l'irrigation des espaces verts. Les ressources en eau actuellement utilisées sont les eaux potables de la SONEDE et des eaux pluviales collectées. A Agareb, les responsables municipaux ont même proposé de valoriser la réserve naturelle de Gonna avec un épandage forestier des EUT.

11.2.5 Un contexte hydrogéologique peu favorable à la recharge de nappe

La carte ci-dessous met en regard les STEP et les différentes nappes phréatiques du Sahel et Sfax.


ELABORATION DU PLAN DIRECTEUR NATIONAL DE RÉUTILISATION DES EAUX USÉES TRAITÉES EN TUNISIE
Parc épuratoire existant en 2050 - Sahel et Sfax
AFD
Adapt'Action
N
Légende
Gouvernorat
Ville
Routes
Nappes Phréatiques
Hydrographie
Cours d'eau
Lacs, chotts et sebkha
STEP
Date de mise en service
< 2019
2019 - 2025
2025 - 2030
2030 - 2050
Volume moyen journalier (m3/j)
< 2000
2000 - 10000
10000 - 50000
> 50000
0 5 10 km
Sources : BRL
BRL Ingénierie

Comme indiqué plus haut, **18 nappes phréatiques sont surexploitées dans la région du Sahel et de Sfax. Le déficit cumulé s'élève à 28,4 Mm^3/an**. Les nappes de Jbeniana et Skhira accusent le déficit le plus élevé (6 Mm^3/an et 4,7 Mm3/an respectivement).

Il existe déjà une **dizaine de sites de recharge artificielle avec des eaux conventionnelles** dans la région. Ce sont surtout des **lâchers dans les oueds** effectués à partir de barrages ou de lacs collinaires. Au niveau du PPI de El Hajeb irrigué avec des EUT, il est considéré que l'infiltration des eaux d'irrigation participe de manière non négligeable à la recharge de la nappe Sidi Abid.

Note sur le cas spécifique de la nappe de Teboulba

La nappe de Teboulba présente un déficit hydrique d'environ de 0,35 Mm^3/an avec une baisse piézométrique qui continue à se manifester (1,1 à 1,3 m/an). La surexploitation de la nappe par l'agriculture via des puits de surface a entrainé une salinisation de plus en plus élevée tout près des exutoires. On relève de fortes valeurs de salinité variant de 4 à plus de 6 g/L (DGRE, 2017). Le déficit hydrique de cette nappe fut une des raisons principales du transfert des eaux du barrage de Nebhana situé au gouvernorat de Kairouan vers les gouvernorats de Sousse et Monastir pour desservir des périmètres publics irrigués spécialisés dans la culture sous serres des primeurs. Depuis 1972, l'existence d'un périmètre public irrigué dans la plaine de Téboulba a facilité la mise en œuvre de la recharge artificielle à travers d'une quarantaine de puits de surface placés au centre de ladite nappe. Théoriquement, un volume d'eau de 1 Mm^3/an fut alloué à la recharge jusqu'en 2009. Il est à noter qu'en rapport avec la lithologie du réservoir aquifère (sables fins et parfois argileux) la perméabilité est modeste ce qui explique les faibles débits d'injection appliqués dans la recharge dans les puits. Certes, l'impact de la recharge a été positif tant sur le plan quantitatif que qualitatif ce qui explique la durabilité de cette opération sur une trentaine d'années. Cependant, les eaux du barrage Nebhana sont aujourd'hui privilégiées pour l'AEP et l'alimentation des périmètres irrigués, au détriment de la recharge. Concernant la substitution de cette ressource par des EUT, il faut savoir que la technique d'injection directe dans la nappe aquifère via des puits de surface n'est pas autorisée avec les EUT car elle est risquée. Seule l'infiltration à travers la Zone Non Saturée est permise. Or la nappe aquifère de Téboulba présente une épaisse série de croûte et encroutement calcaire qui rend le procédé d'infiltration par bassins non compatible. Tous ces facteurs réunis plaident pour ne pas recourir à la recharge de ladite nappe par des EUT quel que soit leur niveau de traitement.

Les renseignements sur ces sites de recharges, les données actuelles sur l'état quantitatif et qualitatif des nappes phréatiques, les études antérieures sur la recharge de nappe avec les EUT et la localisation des STEP existantes et projetées ont permis de dresser le tableau ci-dessous. Il synthétise les recharges potentielles par des EUT (liste de STEP avec les flux d'EUT produites aux différents horizons) pour les différentes nappes pour lesquelles une recharge est jugée potentiellement utile.

Globalement, le recours au stockage souterrain dans cette région n'est pas envisageable de façon élargie car le contexte hydrogéologique n'y est pas favorable.

Tableau 65 : Liste des STEP associées à chaque nappe et potentiel de recharge par les EUT

Nappe	Enjeux auxquels pourrait répondre la recharge					STEP pouvant être utilisées pour la recharge de la nappe	Contexte pour la recharge		Production EUT 2020 (Mm^3)	Production EUT 2050 (Mm^3)	Ratio recharge potentielle / déficit quantitatif		Technique de recharge proposée	Usages indirects possibles
	Lutte contre l'intrusion du biseau salé (barrière hydraulique)	*Amélioration de la qualité des eaux de la nappe (dilution)*	*Fin d'un rejet en mer ou dans une zone sensible*	*Augmentation de la quantité d'eau disponible pour un usage indirect*	*Amélioration de la gestion de l'eau avec un stockage intersaisonnier hors période d'irrigation*		*Hydrogélogique*	*Foncier*			2020	2050		
Synclinal M'saken (déficit de –1 Mm^3)		X		X	X	Sousse Sud	Pas favorable	Pas favorable	6,7	0	-	-		
						Msaken	Peu favorable	Favorable	3,9	7,6	386%	757%	Infilltration de l'eau di'irrigation	Irrigation agricole
						Sousse Hamdoun	Pas favorable	Favorable	9,5	31,3	-	-		
						Sahline	Pas favorable	Pas favorable	2,5	3,4	-	-		
Konder - Sidi Bou Ali(déficit de –0.7 Mm^3)		X	X	X	X	Sidi Bou Ali	Favorable	Favorable	0,4	0,7	51%	100%	Infiltration dans l'oued	Irrigation agricole
Chegarnia (déficit de –0.3 Mm^3)	X	X	X	X	X	Enfidha Hergla	Peu favorable	Pas favorable	0,9	2,5	-	-		
						Enfidha ZI	Pas favorable	Favorable	0	0,6	-	-		
						Kondar	Favorable	Favorable	0	0,6	-	189%	Epandage	Irrigation agricole
Chott Mariem (déficit de –0.2 Mm^3)						Sousse Nord	Pas favorable	Pas favorable	6,2	9,7	-	-		
Zeramdine - B. Hassène (déficit de –0.22 Mm^3)		X		X	X	Beni Hassen	Peu favorable	Favorable	0,5	1	224%	455%	Infilltration de l'eau d'irrigation	Irrigation agricole
						Ghanadha	Pas favorable	Favorable	0	0,3				
Mzaougha (déficit de –0.1 Mm^3)		X		X	X	Menzel Hayet	Peu favorable	Favorable	0	0,8	0%	763%	Infiltration dans l'oued	Irrigation agricole
Mahdia Ksour Essef (déficit de –2.49 Mm^3)	X	X	X	X	X	Mahdia II	Peu favorable	Favorable	0	7,8	0%	313%-	Infiltration dans l'oued ou infilltration de l'eau di'irrigation	Irrigation agricole
						Chiba	Pas favorable	Favorable	0	0,4	-	-		
						Essad	Pas favorable	Favorable	0	0,7	-	-		
						El Jem	Peu favorable	Favorable	1,4	2,3	56%	92%	Infiltration dans l'oued	Irrigation agricole
Souassi (déficit de –0.73 Mm^3)		X	X	X	X	Karkar Menzel Hayet	Peu favorable	Favorable	0	1,1	0%	151%	Infiltration dans l'oued	Irrigation agricole
						Souassi	Peu favorable	Favorable	0	0,8	0%	114%	Infiltration dans l'oued	Irrigation agricole

Nappe	Enjeux auxquels pourrait répondre la recharge					STEP pouvant être utilisées pour la recharge de la nappe	Contexte pour la recharge		Production EUT 2020 (Mm^3)	Production EUT 2050 (Mm^3)	Ratio recharge potentielle / déficit quantitatif		Technique de recharge proposée	Usages indirects possibles
	Lutte contre l'intrusion du biseau salé (barrière hydraulique)	*Amélioration de la qualité des eaux de la nappe (dilution)*	*Fin d'un rejet en mer ou dans une zone sensible*	*Augmentation de la quantité d'eau disponible pour un usage indirect*	*Amélioration de la gestion de l'eau avec un stockage intersaisonnier hors période d'irrigation*		*Hydrogélogique*	*Foncier*			2020	2050		
Chebba- Ghedabna (déficit de –0.47 Mm^3)		X	X	X	X	Chebba	Pas favorable	Favorable	0,5	2,2	100%	476%		
						Bradaa	Favorable	Favorable	0	2,7	0%	566%	Infilltration de l'eau d'irrigation	Irrigation agricole
Jbeniana (déficit de –5.95 Mm^3)		X	X	X	X	Jbeniana	Favorable	Favorable	0,4	1,2	8%	21%	Infiltration dans l'oued ou épandage	Irrigation agricole
Hencha (déficit de –3.08Mm^3)		X		X	X	El Hencha	Favorable	Favorable	0,2	0,5	7%	16%	Infiltration dans l'oued ou épandage	Irrigation agricole
Chaffar (déficit de –3 Mm^3)		X	X	X	X	Sfax Ouest	Favorable	Favorable	0	26,8	0%	894%	Infilltration de l'eau d'irrigation ou épandage	Irrigation agricole
Agareb (déficit de –2.72 Mm^3)		X	X	X	X	Agareb	Favorable	Favorable	0,4	0,7	15%	27%	Epandage forestier	
Mdellia (déficit de –0.33 Mm^3)		X		X	X	Neffatia	Favorable	Favorable	0	0,1	0%	13%	Infiltration dans l'oued ou épandage	

11.3 IMPACTS ACTUELS DES REJETS D'EAUX USEES SUR L'ENVIRONNEMENT ET LES ACTIVITES SOCIO-ECONOMIQUES DANS LA ZONE SAHEL-SFAX

L'objectif de cette partie est de dresser un inventaire global des principaux rejets d'eaux usées qui impactent actuellement l'environnement et/ou des activités socio-économiques. Cet inventaire a été enrichi par les acteurs locaux lors des entretiens régionaux et de l'atelier de concertation de la zone Sahel – Sfax qui a eu lieu le 24 mars 2021.

11.3.1 Des rejets de STEP qui impactent les activités touristiques du littoral

Les STEP du Sahel et de Sfax sont surtout regroupées au niveau des grands centres urbains sur le littoral. **14 STEP rejettent dans la mer, soit 70 % des EUT produites dans la région** (ONAS, 2017). De plus, ces rejets se font à proximité des **zones balnéaires** de Sousse, Monastir et Mahdia et **de zones de pêche**.



Figure 67 : Emissaire en mer rejettant les EUT de la STEP EL Frina dans la baie de Monastir et zone de pêche à proximité

Source : BRLi, mars 2019

Des nuisances importantes ont été mentionnées par les responsables des municipalités lors des entretiens régionaux, par exemple au niveau de **la corniche de la commune de Réjiche** qui reçoit les rejets de la STEP de Mahdia. A noter que cette STEP sera bientôt délocalisée et réhabilitée. La **STEP de Sayada Lamta**, datant de 1993 quant à elle rejette des EUT de qualité non conformes à la norme dans la baie de Monastir car elle n'a jamais été réhabilitée et étendue (FTDES, 2013). Elle reçoit actuellement plus de 6 000 m^3/j pour une capacité de seulement 2 600 m^3/j d'après la direction régionale de l'ONAS de Monastir. Celle-ci devrait être arrêtée et délocalisée au niveau du pôle technologique de Monastir comme vu dans la partie 11.1.1.




Figure 68 : Rejet de la STEP de Sayada Lamta et dégradation du littoral de la baie de Monastir

Source : BRLi, octobre 2020

D'autres STEP rejettent dans des **sebkhas sensibles** comme la STEP Sidi Bou Ali dans la **sebkha de Halk El Menzel** et celle de El Hencha dans la **sebkha de El Jem**. La STEP de Moknine, dont les lagunes sont surchargées, rejette elle-même dans la **sebkha de Moknine**. La STEP de Kairouan a aussi été mentionnée, bien qu'elle ne fasse pas partie de cette région, mais ses rejets s'étendent jusqu'à la **sebkha Kelbia** présente dans le Gouvernorat de Sousse, provoquant des stagnations d'eau.

Des **effluents industriels peu prétraités** perturbent le fonctionnement de plusieurs STEP de la région :

- Les **STEP Moknine et Sayada**, qui sont, comme on l'a vu précédemment, surchargées et anciennes, reçoivent des rejets d'industries textiles difficiles à traiter (entre autres problèmes de filasses). A noter cependant qu'une STEP industrielle est projetée à Moknine.pour collecter les eaux de la zone industrielle et les eaux des industries textiles de Ksar Hellal (FTDES, 2013).
- Les **problèmes liés aux margines** touchent l'ensemble de la région au vu de la production importante d'huile d'olive de la région. Ces rejets perturbent notamment le fonctionnement des STEP de la ville de Sfax, de Sousse et de Msaken en étant rejetés dans les réseaux sans prétraitement. Pour cette dernière, l'ONAS estime qu'elle reçoit des effluents industriels à hauteur 120 000 m^3/an dont des **effluents non prétraités de tanneries.**
- Les **rejets illicites d'abattoirs** dans les réseaux d'assainissement compliquent aussi le fonctionnement des STEP de Sfax, Sousse et El Frina.

11.3.2 Des volumes conséquents d'effluents industriels rejetés dans des sebkhas

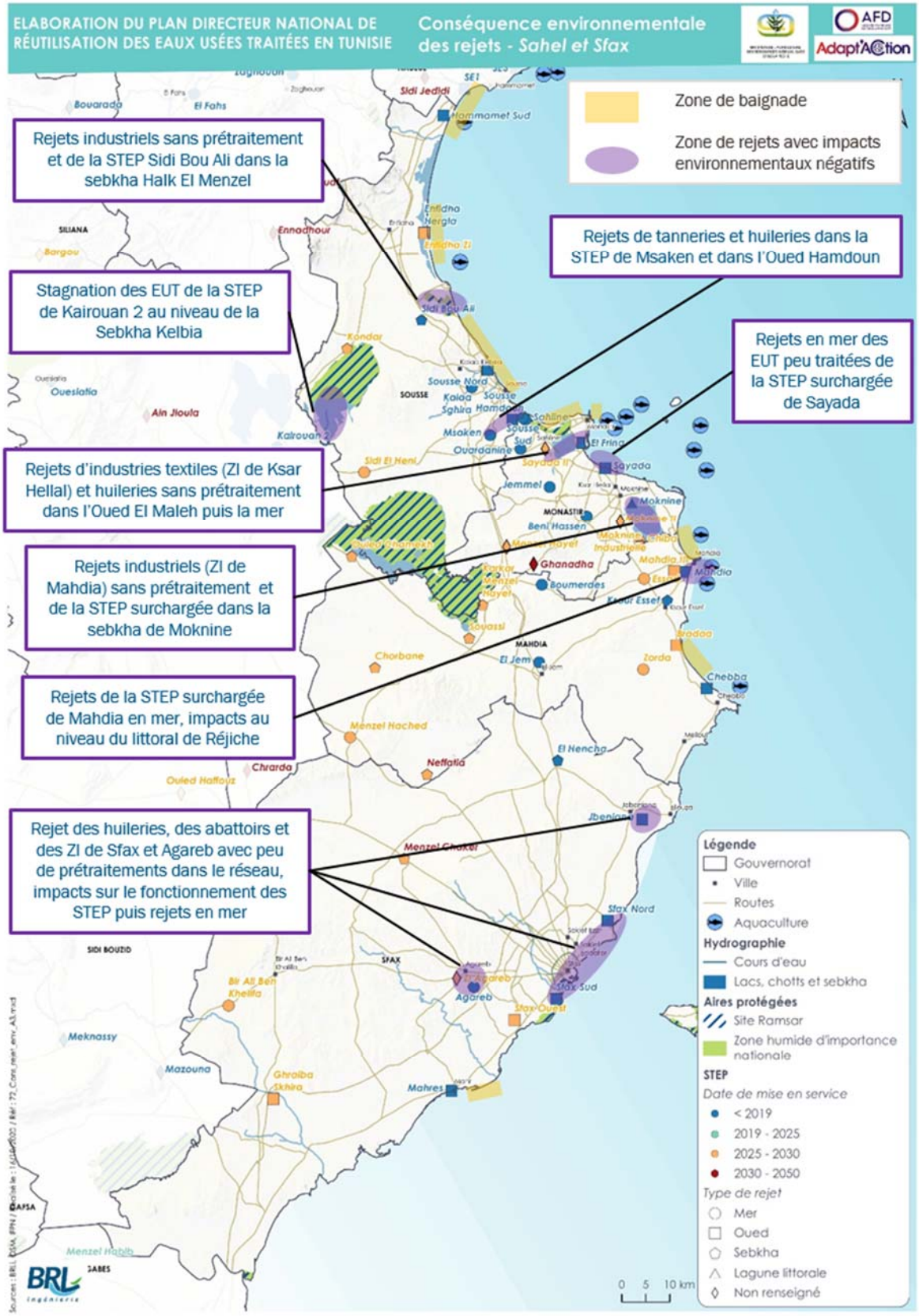
Outre les rejets des STEP, les sebkhas reçoivent aussi des effluents industriels directement. La **sebkha de Moknine** reçoit des **rejets d'industries textiles des zones industrielles de Monastir** et **d'industries agro-alimentaires de la zone industrielle de Mahdia.**

Nous avons vu que les unités **de production d'huile olive** étaient nombreuses sur l'ensemble de la région et que le traitement des margines était problématique. Pour les huileries pour lesquelles l'ONAS a pu estimer les rejets, il est estimé que près de **1,4 Mm^3/an** provenant de ces industries sont rejetés dans des puits perdus ou rejetés dans les oueds (ONAS, 2019).

La **centrale électrique de Sousse** rejette ses eaux de mer de refroidissement dans l'oued Hamdoun avant qu'elles rejoignent la mer à hauteur de **2,6 Mm^3/an** d'après l'étude d'impact (STEG, 2010). Ces eaux vont être réutilisées à travers la nouvelle station de dessalement des eaux de mer prévue à Sousse.

La **centrale laitière Vitalait** à Mahdia rejette dans le milieu naturel et consomme près de **400 000 m^3/an** à partir de forages (ONAS, 2019). Un projet est en cours pour réutiliser les eaux usées produites dans un périmètre irrigué comme cité plus haut (DGGREE et ONAS, 2020).

La carte ci-après synthétise les problématiques environnementales liées aux rejets d'EUT au Sahel et à Sfax.


ELABORATION DU PLAN DIRECTEUR NATIONAL DE RÉUTILISATION DES EAUX USÉES TRAITÉES EN TUNISIE
Conséquence environnementale des rejets - Sahel et Sfax
AFD
AdaptAction
Zone de baignade
Zone de rejets avec impacts environnementaux négatifs
Rejets industriels sans prétraitement et de la STEP Sidi Bou Ali dans la sebkha Halk El Menzel
Rejets de tanneries et huileries dans la STEP de Msaken et dans l'Oued Hamdoun
Stagnation des EUT de la STEP de Kairouan 2 au niveau de la Sebkha Kelbia
Rejets en mer des EUT peu traitées de la STEP surchargée de Sayada
Rejets d'industries textiles (ZI de Ksar Hellal) et huileries sans prétraitement dans l'Oued El Maleh puis la mer
Rejets industriels (ZI de Mahdia) sans prétraitement et de la STEP surchargée dans la sebkha de Moknine
Rejets de la STEP surchargée de Mahdia en mer, impacts au niveau du littoral de Réjiche
Rejet des huileries, des abattoirs et des ZI de Sfax et Agareb avec peu de prétraitements dans le réseau, impacts sur le fonctionnement des STEP puis rejets en mer
Légende
Gouvernorat
Ville
Routes
Aquaculture
Hydrographie
Cours d'eau
Lacs, chotts et sebkha
Aires protégées
Site Ramsar
Zone humide d'importance nationale
STEP
Date de mise en service
< 2019
2019 - 2025
2025 - 2030
2030 - 2050
Type de rejet
Mer
Oued
Sebkha
Lagune littorale
Non renseigné
0 5 10 km
BRL ingénierie

11.4 VALORISATIONS POSSIBLES DES EUT EN FONCTION DES DIFFERENTS CONTEXTES TERRITORIAUX DE LA ZONE SAHEL - SFAX

La région du Sahel et de Sfax a été découpée en sous zones avec une cohérence agricole, économique, et environnementale. L'objectif est de proposer des valorisations des EUT adaptées aux contextes de ces territoires. Le découpage de ces sous-zones est indiqué sur la carte suivante :

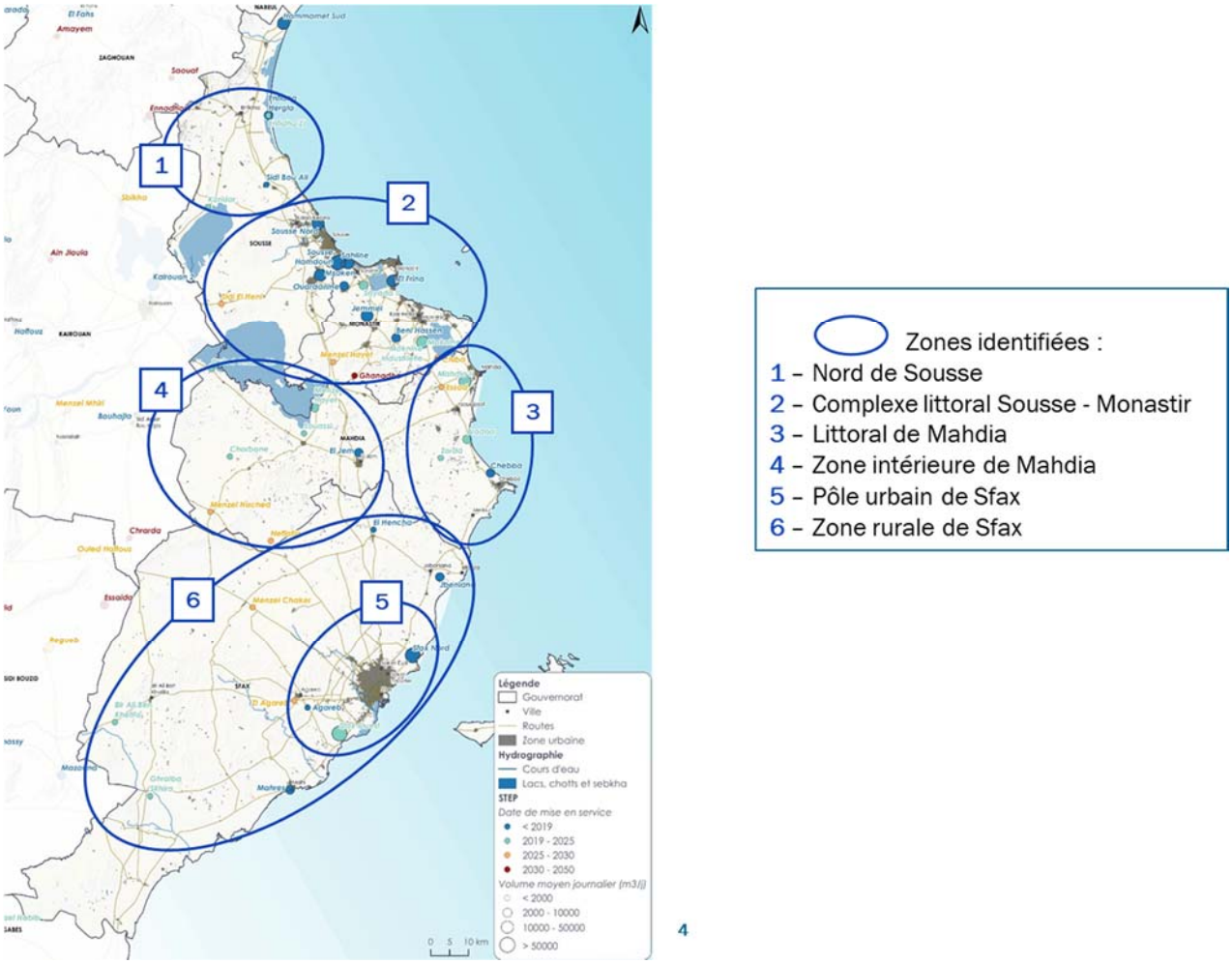


Figure 69 : Découpage de la région du Sahel et Sfax en sous zones d'étude

L'inventaire des valorisations possibles des EUT présentées dans cette partie par sous zones a été enrichi par l'atelier de concertation régional qui a eu lieu le 24/ mars 2021. Cet atelier a été l'occasion d'échanger avec les acteurs du territoire sur les valorisations des EUT à privilégier dans les principales zones de production d'EUT du Sahel et Sfax, à savoir le complexe littoral Sousse Monastir et le pôle urbain de Sfax.

11.4.1 Sous-zone 1 : Nord de Sousse

Ressources en eau

Le Nord de Sousse est **une zone peu dotée en ressources en eau**. Les nappes de Chegarnia et Kondar Sidi Bou Ali constituent la principale ressource en eau renouvelable, en plus de quelques retenues collinaires. Ces nappes sont exploitées à hauteur de 1.8 Mm^3 et 2.9 Mm^3, représentant 120% de leur potentiel renouvelable. Elles subissent l'intrusion du biseau salé pouvant générer des pics de salinité de 5 à 7 g/L, les rendant localement et temporairement inutilisables pour l'agriculture. Comme évoqué plus haut, **les possibilités de recharge dans ces nappes sont réduites**. Le contexte hydrogéologique n'est pas favorable pour une recharge de la nappe de Chegarnia. Elle est par contre envisageable pour la nappe de Kondar Sidi Bou Ali, sous la forme de lâchers dans les oueds ou d'épandage.

Par ailleurs, **les EUT produites localement représentent à ce jour un gisement potentiel modeste de 1.2 Mm^3, et un potentiel de 3.8 Mm^3 à l'horizon 2050**.

Agriculture

Au niveau agricole, **la culture des oliviers, en sec, domine**. Une partie de l'oliveraie se situe sur des **terres domaniales**, sur près de 5 000 ha, en particulier autour d'Enfidha.

Autres secteur économiques

On note la **zone industrielle d'Enfidha**, dont les rejets dans la sebkha Sidi Bou Ali sont problématiques, et le potentiel touristique en cours de développement sur la zone littorale avec **la création de la zone touristique de Hergla**.

Le tableau ci-dessous liste les idées de valorisations des EUT possibles pour le Nord de Sousse, idées établies à l'issue des entretiens et enquêtes régionaux ainsi qu'au regard du contexte qui vient d'être exposé.

Tableau 66 : Possibilités de valorisation des EUT pour la sous-zone 1 : Nord de Sousse

Idées de valorisation des EUT	Traduction des flux d'EUT en valorisations potentielles
Idée 1.a : Création de nouvelles zones irriguées avec les EUT *Nouveaux périmètres irrigués avec oliveraies (déjà existantes mais non irriguées) et fourrages*	Nouveaux périmètres irrigués d'oliviers potentiels en utilisant 100% des EUT : 2020 : 420 ha (*) ; 2050 : 1100 ha
Idée 1.b : Recharge de la nappe de Kondar - Sidi Bou Ali *EUT de la STEP de Sidi Bou Ali et Kondar. Lâchers dans les oueds ou épandage ?*	Réduction de 52% en 2020 à plus de 100% (182%) en 2050 du déficit actuel de la nappe, en utilisant 100% des EUT
Idée 1.c : Recyclage des EUT dans le secteur industriel ou réutilisation à partir des STEP *Zone industrielle d'Enfidha,*	Besoins en eau de la zone industrielle d'Enfidha (hors IAA) de 400 000 m3/an, pouvant être satisfaits potentiellement à 100 % par la future STEP de la ZI
Idée 1.d : Irrigation des espaces verts *Aéroport de Enfidha et future zone touristique de Hergla*	Potentiel irrigable en espaces verts de 400 ha à l'horizon 2050

Idée 1.e : Irrigation d'un golf *1 golf projeté*	Superficie irrigable de golfs en utilisant 100% des EUT de la STEP d'Enfidha Hergla : 250 ha en 2050, soit 5 fois les surfaces projetées.

Aide à la lecture du tableau :

(*) : ce chiffre signifie que, en utilisant 100% des EUT disponibles en 2020, on pourrait irriguer une surface additionnelle de 420 ha d'oliviers.

On discute ci-après de l'opportunité de ces différentes idées de valorisations des EUT au regard du contexte territorial. En pratique, deux orientations sont envisagées :

Une première option consisterait à dédier les volumes d'EUT au **développement de nouveaux périmètres irrigués au niveau des terres domaniales,** l'OTD souhaitant développer le recours à cette ressource. Au total sur la zone, **le potentiel de développement est à hauteur de 1 100 ha pour les oliviers et 400 ha pour du fourrage,** qui pourrait être implanté en culture intercalaire. A noter que la grande distance séparant les terres domaniales de la STEP d'Enfidha Hergla (plus de 20 km) pourrait rendre cette option coûteuse.

Une seconde possibilité serait de dédier les EUT de la STEP de Sidi Bou Ali à **la recharge indirecte de la nappe de Kondar via des lâchers dans les oueds**. La recharge pourrait couvrir de 50% à 100% en 2050 du déficit actuel de la nappe. De plus, cela permettrait de lutter contre les pics de salinité par effet de dilution. Cette recharge **réduirait d'autant les rejets directs des eaux usées dans les sebkhas** (Kelbia et Halk Elmanzel). Cependant, si avec le changement climatique la demande en eau douce pour réalimenter artificiellement ces sebkhas devient importante, il sera possible de déterminer un **débit journalier de rejet dans les sebkhas**, comme ce qui est fait actuellement pour la lagune de Korba. Les EUT des STEP d'Enfidha ne pouvant être dédiées à la recharge de nappe au regard du contexte hydrogéologique de la zone, elles pourraient être orientées **pour l'irrigation des espaces verts de l'aéroport voisin (station de pompage déjà existante) ou de la zone touristique d'Hergla.**

11.4.2 Sous-zone 2 : Complexe littoral Sousse Monastir

Ressources en eau

Le littoral entre Sousse et Monastir bénéficie des ressources de nombreuses petites nappes de surface, dont les apports renouvelables oscillent autour de 1 Mm^3/an. Certaines d'entre elles, dont les nappes du Synclinal M'saken, Chott Meriem, Téboulba ou Békalta, sont **surexploitées à une hauteur comprise entre 120 et 150%** (0.2 à 1 Mm^3). **Elles ne permettent déjà plus de satisfaire les besoins agricoles croissants**, notamment des périmètres irrigués maraîchers sous serres. **L'apport du barrage de Nebhana permet de soutenir le pic de demande en eau potable et pour l'irrigation en période estivale**. S'agissant de la recharge, pour la quasi-totalité des nappes locales, **le contexte hydrogéologique est défavorable à une recharge efficiente.**

Par ailleurs, **les EUT produites localement représentent un gisement très significatif, qui pourrait soulager le bilan hydrologique déficitaire de la zone**. A ce jour, les volumes d'EUT sont estimés à 57 Mm^3 et leur potentiel serait de 96 Mm^3 à l'horizon 2050. Ceci est dû à la présence des centres urbains de Sousse et Monastir et des zones touristiques. Les EUT sont actuellement exploitées dans les périmètres de Zaouiet Sousse, Msaken et Ouardanine et au niveau de 2 golfs.

Agriculture

L'agriculture est également très présente dans la zone. La **production maraichère sous serres se développe** mais génère une **demande en eau croissante**, venant en concurrence de la demande domestique pour l'utilisation des eaux souterraines et des eaux de barrages. **La production d'huile d'olive, à partir d'oliveraies non irriguées, reste très dominante.** La production d'olives en **agriculture biologique**, à plus forte valeur ajoutée, se développe dans la zone. La gestion des résidus de production d'huile, principalement les margines, constituent une source de pollution du littoral importante.

Autres secteur économiques

Les secteurs industriels et touristiques représentent un enjeu économique majeur. **L'industrie textile s'est fortement développée** et les effluents associés sont une **source de dégradation de la qualité des eaux littorales**, prisées pour la baignade et déjà impactées par l'urbanisation et l'agriculture. Le littoral est également un pôle touristique d'importance, organisé autour des plages de Sousse et Monastir.

Le tableau ci-dessous liste les idées de valorisations des EUT idées établies pour le complexe littoral Sousse Monastir à l'issue des entretiens et enquêtes régionaux ainsi qu'au regard du contexte qui vient d'être exposé.

Tableau 67 : Possibilités de valorisation des EUT pour la sous-zone 2 : complexe littoral Sousse Monastir

Idées de valorisation des EUT	Traduction des flux d'EUT en valorisations potentielles
Idée 2.a : Substitution des eaux conventionnelles pour l'irrigation *Substitution par des EUT (ou mélange avec ces EUT) des eaux de nappe trop salées ou les eaux du barrage Nebhana pour l'irrigation des périmètres existants*	Part de la superficie irriguée actuellement, substituable, en utilisant 100% du potentiel EUT 2020 et 2050 : Arboricoles : en 2020, 10 fois la superficie irriguée existante (9 000 ha) *(*1)* ; en 2050, 15 fois (14 000 ha) Oliviers : en 2020, 8 fois la superficie irriguée existante (17 000 ha) ; en 2050, 11 fois (26 000 ha)
Idée 2.b : Création de nouvelles zones irriguées avec les EUT en périphérie des villes, en particulier au niveau des terres domaniales au sud-ouest *Nouveaux périmètres irrigués d'oliveraie et arboricoles, extension des périmètres irrigués exploitant des EUT et déjà existants*	Nouveaux périmètres irrigués potentiels, en utilisant 100 % des EUT : Arboricoles : en 2020, 7 800 ha *(*2)* ; en 2050, 12 000 ha Oliviers : en 2020, 17 000 ha ; en 2050, 26 500 ha Oliviers + fourrages : en 2020, 7 500 ha, en 2050, 12 800 ha
Idée 2.c : Irrigation des espaces verts	Superficie irrigable d'espaces verts, en utilisant 100 % des EUT : 3 900 ha à 6 900 ha en 2050, soit 10 et 22 fois les surfaces existantes.
Idée 2.d : Amélioration du traitement pour des usages à plus haute valeur ajoutée *Périmètres irrigués maraîchers existants*	Part de la superficie irrigable substituable, en utilisant 100% des EUT : Maraîchage : de 244 à 374 %
Idée 2.e : Irrigation des golfs *3 golfs existants + 2 golfs projetés*	Superficie irrigable de golf, en utilisant 100% des EUT : 1 600 ha à 2 500 ha en 2050, soit 3 à 5 fois les surfaces existantes et projetées.
Idée 2.f : Recyclage des EUT dans le secteur industriel ou réutilisation à partir des STEP *Zones industrielles de Sousse et Monastir*	Besoins en eau des zones industrielles de Sousse et Monastir (hors IAA) de 2,2 Mm^3/an, pouvant être potentiellement satisfaits à 100 %

Aide à la lecture du tableau :

*(*1) : ce chiffre signifie que, en utilisant 100% des EUT disponibles en 2020, on pourrait irriguer avec ces eaux toutes les surfaces arboricoles cultivées aujourd'hui dans la zone (il y a donc plus d'EUT produites que de besoins pour ces cultures)*

*(*2) : ce chiffre signifie que, en utilisant 100% des EUT disponibles en 2020, on pourrait irriguer une surface additionnelle de 7 800 ha d'arboriculture.*

Pour les volumes d'eaux usées arrivant aux STEP, on discute ci-après leurs potentielles valorisations au regard du contexte territorial. En pratique, quatre orientations sont envisagées :

Une première possibilité serait de remplacer les eaux du barrage de Nebhana qui irriguent actuellement des superficies arboricoles par des EUT, voir de mélanger les 2 ressources en eau. Cela permettrait de conserver plus d'eau de ce barrage pour les besoins en eau potable. A noter que cette option semble inenvisageable du point de vue du CRDA de Monastir. Les périmètres actuellement irrigués avec des EUT comme celui de Zaouiet Sousse ou de Msaken seraient conservés et étendus afin de conserver des terres agricoles péri urbaines.

Une seconde orientation consisterait à **transférer les EUT vers la plaine de Sahli**, située entre les sebkhas de Sidi El Hani et de Kelbia, pour **l'irrigation semi-intensive d'oliviers**. Avec des **fourrages en intercalaire**, cela représente actuellement un potentiel de développement de 7 500 ha, et jusqu'à 12 800 ha d'ici 2050. Le transfert vers cette zone, qui ne possède pas de ressources en eau propres, est incontournable pour le CRDA de Sousse, au regard de l'importance des volumes produits d'EUT par le pôle urbain Sousse – Monastir. Cet avis avait été émis lors de l'atelier de concertation régional. D'ailleurs, les membres du CRDA présents à l'atelier ont estimé qu'il était possible d'irriguer 5 000 ha dans la délégation de Msaken (2 000 ha d'oliviers et 3 000 ha de fourrages) en semi-intensif, avec un transfert de plus de 30 km. La faisabilité et la rentabilité de ce projet n'a cependant pas été étudiée. Cette orientation permettrait aussi de réduire le déficit fourrager des élevages hors sol au niveau de Monastir.

Une troisième option pourrait mettre l'accent sur l'amélioration des traitements d'assainissement pour autoriser l'irrigation avec des EUT des cultures maraîchères sous serres, particulièrement au niveau de Monastir afin de sécuriser l'approvisionnement du pays. Le potentiel de superficie maraîchère irrigable, si l'on prend en compte la totalité des EUT produit sur la zone représente 7 800 ha en 2020 et 12 000 ha en 2050. La priorité est mise sur la substitution ou le mélange avec les eaux de barrage. Cette levée des restrictions sur les cultures maraîchères pour la REUT a été souvent mentionnée par les agriculteurs de la zone lors des enquêtes. En effet, ils rencontrent déjà des difficultés les années sèches pour combler leurs besoins en eau.

La **satisfaction des besoins touristiques** (golfs, espaces verts dans la mesure de la faisabilité technique qui sera à préciser) **constitue une dernière possibilité pour la REUT dans cette zone. La satisfaction des besoins identifiés à l'horizon 2050, soit 157 ha d'espaces verts et 440 ha de golfs, correspondent à l'exploitation de 20% du potentiel REUT du secteur (19 Mm^3)**.

11.4.3 Sous-zone 3 : Littoral de Mahdia

Ressources en eau

La bordure littorale de Mahdia à Chebba présente un **déficit hydrique chronique**. Les principales nappes du secteur (Chebba-Ghedabna, Mahdia, Ksour Essef, etc.), dont le potentiel renouvelable varie de 1 à 3 Mm^3, sont largement surexploitées (140% à 190%) et font face à l'intrusion du biseau salé et à des baisses localisées du niveau piézométrique.

L'agrandissement du parc épuratoire à venir pour accompagner le développement touristique de la zone va conduire à une **augmentation significative des flux d'EUT, passant de 4,8 Mm^3 aujourd'hui à 13,8 Mm^3 à l'horizon 2050**.

Agriculture et autres activité économiques

Ce territoire est à la fois **un pôle touristique** important et **une zone agricole associant culture des oliviers, arboriculture, principalement en sec, et élevage**. Le développement de l'élevage est freiné par un **déficit d'approvisionnement local en fourrage**. Par ailleurs, les activités industrielles sont relativement réduites dans la zone.

Le tableau ci-dessous liste les idées de valorisations des EUT possibles pour le littoral de Mahdia, liste établie à l'issue des entretiens et enquêtes régionaux ainsi qu'au regard du contexte qui vient d'être exposé.

Tableau 68 : Possibilités de valorisation des EUT pour la sous-zone 3 : littoral de Mahdia

Idées de valorisation des EUT	Traduction des flux d'EUT en valorisations potentielles
Idée 3.a : Substitution des eaux conventionnelles pour l'irrigation (dont reprise des périmètres irrigués abandonnés) *Substitution par des EUT (ou mélange avec ces EUT) des eaux de nappe trop salées pour l'irrigation des périmètres existants*	Part de la superficie irriguée actuellement, substituable, en utilisant 100 % des EUT : Arboriculture : en 2020, 9 %; en 2050, 21 % Fourrage : 2 à 5 fois la surface de fourrage actuelle dans la zone.
Idée 3.b : Création de nouvelles zones irriguées avec les EUT *Nouveaux* périmètres irrigués *d'oliviers, arboricoles et fourragers* *Fourrages et oliviers en intercalaires*	Nouveaux périmètres irrigués d'oliveraie potentiels, en utilisant 100 % des EUT : en 2020, 1 600 ha ; en 2050, 4 000 ha Nouveaux périmètres irrigués arboricoles potentiels, en utilisant 100 % des EUT : en 2020, 732 ha ; en 2050, 1 800 ha Nouveaux périmètres irrigués fourragers potentiels, en utilisant 100 % des EUT : en 2020, 600 ha ; en 2050, 1 500 ha.
Idée 3.c : Recharge de la nappe Chebba Ghedabna *STEP de Bradaa*	Effacement du déficit actuel de la nappe, en utilisant 100% des EUT
Idée 3.d : Irrigation des espaces verts	Superficie irrigable d'espaces verts irrigable, en utilisant 100 % des EUT : 450 ha à 1 300 ha en 2050, soit 8 et 23 fois les surfaces existantes.
Idée 3.e : Irrigation des golfs	Superficie des golfs irrigable substituable, en utilisant 100 % des EUT : 1 000 ha en 2050, soit 5 fois les surfaces projetées.

On discute ci-après de l'opportunité de ces différentes idées de valorisations des EUT au regard du contexte territorial.

Il est proposé **en première option que les EUT soient orientées vers un usage agricole**. **Développer l'irrigation des oliviers et du fourrage, en culture intercalaire**, permettrait de **réduire le déficit fourrager** dont souffre le secteur de l'élevage dans le gouvernorat de Mahdia. Cela représente un potentiel de 1 500 ha de fourrages en 2050.

Une **seconde possibilité serait d'aider à la réduction du stress hydrique de la zone en substituant les eaux conventionnelles pour l'irrigation des espaces verts par des EUT et en rechargeant les nappes**. La satisfaction des besoins identifiés à l'horizon 2050, soit 28 ha d'espaces verts et 110 ha de golfs, correspondent à l'exploitation de 12% du potentiel de REUT du secteur. Les flux issus des STEP de Chebba et Bradaa pourraient être orientés vers la recharge de la nappe de Chebba-Ghedabna, déficitaire (-0.5 Mm^3), dont le contexte hydrogéologique est favorable à une recharge efficiente.

11.4.4 Sous-zone 4 : intérieure de Mahdia

La zone intérieure de Mahdia, au sud de la Sebkha Sidi El Heni, est avant tout un **territoire agricole où on trouve la culture de l'olivier, une arboriculture diversifiée et de l'élevage**. **Les ressources en eau souterraine y sont en partie surexploitées** (nappes de Mdellia, Souassi, Mahdia Ksour Essef). **Le contexte hydrogéologique ne se prête à la recharge que pour la nappe de Mdellia**. La zone étant peu peuplée, **le potentiel de REUT est modeste**, avec 1,5 Mm^3 d'EUT produites aujourd'hui et jusqu'à 5,5 Mm^3 d'ici 2050.

Le tableau ci-dessous liste les idées de valorisations des EUT possibles pour la zone intérieure de Mahdia, idées établies à l'issue des entretiens et enquêtes régionaux ainsi qu'au regard du contexte qui vient d'être exposé.

Tableau 69 : Possibilités de valorisation des EUT pour la sous-zone 4 : zone intérieure de Mahdia

Idées de valorisation des EUT	Traduction des flux d'EUT en valorisations potentielles
Idée 4.a : Substitution des eaux conventionnelles pour l'irrigation *Substitution par des EUT (ou mélange avec ces EUT) des eaux de nappe pour l'irrigation des périmètres existants*	Part de la superficie irriguée actuellement, substituable, en utilisant 100% du potentiel EUT 2020 et 2050 : Arboricoles : en 2020, 2% ; en 2050, 5% Oliviers : en 2020, 1% ; en 2050, 2%
Idée 4.b : Création de nouvelles zones irriguées avec les EUT *Nouveaux périmètres irrigués arboricoles et fourragers*	Nouveaux *périmètres irrigués* potentiels, en utilisant 100% des EUT : Oliviers : en 2020, 500 ha ; en 2050, 1 600 ha Fourrages : en 2020, 190 ha ; en 2050, 600 ha. Oliviers + fourrages en intercalaires : en 2020, 250 ha, en 2050, 920 ha

Au regard du caractère rural de la zone, il est proposé que les flux d'EUT soient orientés pour de **l'irrigation agricole à proximité des STEP**. Ces volumes permettraient d'irriguer 1 600 ha d'oliviers ou encore 600 ha de fourrages. Le potentiel de développement de l'irrigation des oliviers avec cultures intercalaires est d'environ 920

Sous-zone 5 : Pôle urbain de Sfax

Ressources en eau

La zone urbaine de Sfax s'approvisionne en eau à partir du **transfert des eaux du Nord et du Centre** (forages de Sbeitla et Jelma), de nappes de surface et de prélèvements dans les nappes profondes. Les nappes de surfaces de Chaffar et Agareb sont très largement surexploitées, présentant chacune un déficit hydrique de -3 Mm^3, soit 100% et 50% de leur potentiel renouvelable. **Le déficit global de la zone est récurrent** et la SONEDE rencontre des difficultés à produire de l'eau potable n'ayant pas une salinité trop élevée. Les forages pour l'irrigation titrent parfois à 6 g/L. Il est ainsi envisagé d'installer une **station de dessalement pour les besoins en eau potable** qui produira 200 000 m^3/j à terme, ce qui couvrira de justesse les besoins du Gouvernorat, d'où l'importance du développement de la REUT.

Eu égard à la densité de population, **les flux d'EUT constituent un gisement très significatif, avec un potentiel de 23 Mm^3 en 2020 et près de 50 Mm^3 à l'horizon de 2050**, s'expliquant notamment par l'installation de la STEP de Sfax Ouest

Activités économiques.

La **demande en eau est en effet très forte localement**. Ceci est dû à la présence de nombreux périmètres maraichers et d'élevages avicoles et à une demande domestique importante, en particulier en période estivale. Le secteur industriel est également un préleveur important, représenté notamment par le secteur du phosphate. A noter cependant que les usines de production de phosphates à Skhira utilisent à présent les eaux d'une station de dessalement. Le secteur touristique y est très peu développé.

Le tableau ci-dessous liste les idées de valorisations des EUT possibles pour le pôle urbain de Sfax, idées élaborées à l'issue des entretiens et enquêtes régionaux ainsi qu'au regard du contexte qui vient d'être exposé.

Tableau 70 : Possibilités de valorisation des EUT pour la sous-zone 5 : pôle urbain de Sfax

Idées de valorisation des EUT	Traduction des flux d'EUT en valorisations potentielles
Idée 5.a : Substitution des eaux conventionnelles pour l'irrigation *Substitution par des EUT (ou mélange avec ces EUT) des eaux de nappe trop salées pour l'irrigation des périmètres existants*	Part de la superficie irriguée actuellement, substituable, en utilisant 100% du potentiel EUT 2020 et 2050 : Arboricoles : en 2020, 9% ; en 2050, 18% Oliviers : en 2020, 15% ; en 2050, 29%
Idée 5.b : Création de nouvelles zones irriguées avec les EUT et extension de l'existant (PPI de El Hajeb) *Nouveaux périmètres irrigués arboricoles, céréaliers et fourragers* *EUT de Agareb et Sfax Ouest vers les terres domaniales de Chaal*	Nouveaux périmètres irrigués d'oliveraie potentiels, en utilisant 100% des EUT : en 2020, 7 400 ha ; en 2050, 13 800 ha, dont 450 ha dans un rayon d'1km des STEP existantes et en projet. Nouveaux PI arboricoles potentiels, en utilisant 100% des EUT : en 2020, 3 300 ha ; en 2050, 6 200 ha Nouveaux PI fourrages potentiels, en utilisant 100% des EUT : en 2020, 2 700 ha ; en 2050, 5 100 ha.
Idée 5.c : Recyclage des EUT dans le secteur industriel ou réutilisation à partir des STEP *Zones industrielles de Sfax et Agareb*	Besoins en eau des zones industrielles (hors IAA) de 1,5 Mm^3/an, pouvant être potentiellement satisfaits à 100 %
Idée 5.d : Recharge des nappes d'Agareb et Chaffar *Epandage forestier ou lâchers dans les oueds* *Réserve naturelle de Gonna (Agareb)*	Réduction de 15% en 2020 à 27% en 2050 du déficit actuel de la nappe d'Agareb. Le potentiel en EUT de Sfax Ouest représente 9 fois le déficit actuel de la nappe de Chaffar.
Idée 5.e : Amélioration du traitement pour des usages à plus haute valeur ajoutée *Maraîchage des PI existants*	Part de la superficie irrigable substituable, en utilisant 100% des EUT : Maraîchage : superficie irriguée actuelle x2 en 2020 (total de 4 000 ha) et x 3,5 en 2050 (total de 7 300 ha)

On discute ci-après de l'opportunité de ces différentes idées de valorisations des EUT au regard du contexte territorial.

Un avis partagé par l'ensemble des acteurs présents à l'atelier de concertation régional a été que **l'irrigation agricole directe doit être priorisée pour valoriser les EUT** sur cette zone. La recharge des nappes d'Agareb et de Chaffar et le développement du maraichage doivent être envisagés que dans un second temps si les besoins pour l'arboriculture et les fourrages ne sont pas suffisants pour absorber les flux.

Au niveau de l'irrigation agricole directe, **une première possibilité serait de substituer, par les EUT, les eaux des puits de surface présentant une salinité trop élevée dans les périmètres irrigués existants**. Un mix entre les EUT et les eaux souterraines peut aussi être envisagé si la dilution de la salinité par les EUT est suffisante.

Une **autre possibilité** pour l'irrigation agricole directe pourrait être de **créer des nouveaux périmètres irrigués avec les EUT**. Les **terres domaniales de Chaal** au sud de la ville de Sfax ont été citées lors des entretiens et de l'atelier de concertation pour exploiter les flux issus de la future STEP de Sfax Ouest. Il y a des possibilités de **stockage dans des lacs collinaires existants** dont le remplissage avec les eaux de surface se fait aujourd'hui difficilement. Un choix devra aussi être pris concernant **le futur du PPI de El Hajeb : est ce qu'il doit être étendu afin de préserver ces terres agricoles périurbaines ou bien est-il voué à être urbanisé ?**

En parallèle d'une de ces deux orientations, **le recyclage des eaux usées, voire la réutilisation des EUT produites par les STEP dans les zones industrielles de Sfax et Agareb** doit être incitée d'après les acteurs régionaux. Cela permettrait de limiter les prélèvements en eau potable pour le secteur industriel.

11.4.6 Sous-zone 6 : Zone rurale de Sfax

Ressources en eau

La zone rurale de Sfax comprend tout le territoire du gouvernorat qui n'est pas situé dans le pôle urbain de la ville de Sfax. Son bilan hydrologique est spatialement hétérogène. **Si certaines nappes ne sont pas déficitaires, d'autres au contraire y sont très largement surexploitées (>200%) à des fins d'irrigation**. Il s'agit notamment des nappes d'Hencha, de Jbeniana et Skhira. A elles trois, elles représentent un déficit de 13 Mm^3, soit la moitié du déficit de toute la zone Sahel-Sfax. Elles souffrent également de l'intrusion du biseau salé, avec des salinités pouvant atteindre localement 7 à 8 g/L. Une baisse piézométrique a été observée pour la nappe de Jbeniana. **Le contexte hydrogéologique est favorable à une recharge efficiente de ces nappes.**

La zone étant peu peuplée, **le potentiel de REUT est très modeste, avec 1,7 m^3 d'EUT produites aujourd'hui et jusqu'à 5,7 Mm^3 d'ici 2050**. Ces flux d'EUT sont ou seront produits par une série de petites STEP disséminées dans des parties du territoire dont les enjeux et les besoins sont très spécifiques.

Activités économiques

La sous-zone constitue avant tout **un territoire agricole où se développent la culture de l'olivier, une arboriculture diversifiée et l'élevage, qui souffre d'un déficit en fourrage. Quelques zones touristiques** se sont établies autour de Mahres et à Kerkenah.

Le tableau ci-dessous liste les idées de valorisations des EUT possibles pour la zone rurale de Sfax, idées établies à l'issue des entretiens et enquêtes régionaux ainsi qu'au regard du contexte qui vient d'être exposé.

Tableau 71 : Possibilités de valorisation des EUT pour la sous-zone 6 : zone rurale de Sfax

Idées de valorisation des EUT	Traduction des flux d'EUT en valorisations potentielles
Idée 6.a : Substitution des eaux conventionnelles pour l'irrigation *Substitution par des EUT (ou mélange avec ces EUT) des eaux de nappe pour l'irrigation des périmètres existants*	Part de la superficie irriguée actuellement, substituable, en utilisant 100% du potentiel EUT 2020 et 2050 : Arboricoles : en 2020, 1% ; en 2050, 2% Oliviers : en 2020, 0.2% ; en 2050, 1%
Idée 6.b : Création de nouvelles zones irriguées avec les EUT *Nouveaux périmètres irrigués en oliveraie irriguée, arboricoles et fourragers autour des STEP* *EUT de Mahres vers les terres domaniales de Chaffar*	Nouveaux périmètres irrigués d'oliveraie potentiels, en utilisant 100% des EUT : en 2020, 600 ha ; en 2050, 1600 ha, dont 530 ha dans un rayon d'1km des STEP existantes et en projet. Nouveaux périmètres irrigués arboricoles potentiels, en utilisant 100% des EUT : en 2020, 270 ha ; en 2050, 740 ha Nouveaux périmètres irrigués fourragers potentiels, en utilisant 100% des EUT : en 2020, 220 ha ; en 2050, 610 ha.

Idées de valorisation des EUT	Traduction des flux d'EUT en valorisations potentielles
Idée 6.c : Recharge des nappes de El Hencha et Jbeniana *Epandage forestier ou lâchers dans les oueds*	Réduction du déficit actuel de la nappe d'Hencha de -7% en 2020 à -16% en 2050, et de -8% à -21% pour la nappe de Jbeniana
Idée 6.d : Irrigation des espaces verts *Zones touristiques, autour de Mahres et à Kerkenah*	Part de la superficie irrigable, en utilisant 100% des EUT : Mahres : 100 ha en 2020 à 170 ha en 2050 Kerkenah : 40 ha en 2020 à 160 ha en 2050

On discute ci-après de l'opportunité de ces différentes idées de valorisations des EUT au regard du contexte territorial. En pratique, deux orientations potentielles sont envisagées :

Une première possibilité serait de dédier les volumes d'EUT issus des STEP de Jbeniana, d'El Hencha **à la recharge des nappes d'Hencha et de Jbeniana,** via des aménagements pour favoriser l'infiltration dans les oueds. Cela permettrait de **combler 15% à 20% du déficit actuel de ces nappes**.

Dans une seconde option, comme pour le périmètre avec des EUT existant actuellement à El Hencha, **les EUT pourraient être exploitées dans des nouveaux périmètres irrigués** à proximité des STEP pour **des oliviers et des fourrages en intercalaire. Cette orientation aiderait à réduire le déficit fourrager actuel de la zone**. La demande des agriculteurs est forte, comme cela a été vu autour de Jbeniana, car ils n'ont pas d'autres ressources en eau disponibles que les ressources pluviales qui sont de plus en plus rares. Pour la STEP de Mahres, les périmètres peuvent être construits au niveau des terres domaniales de Chaal.

Une petite partie des flux issus des STEP de Mahres et de Kerkenah suffiraient à **satisfaire les besoins touristiques (espaces verts).**

11.4.7 Synthèse des valorisations possibles des EUT par sous zones

La carte ci-dessous rappelle de manière illustrée les idées de valorisations possibles des EUT qui ont été proposées pour chaque sous-zones et montre la variété des possibilités en fonction des contextes territoriaux

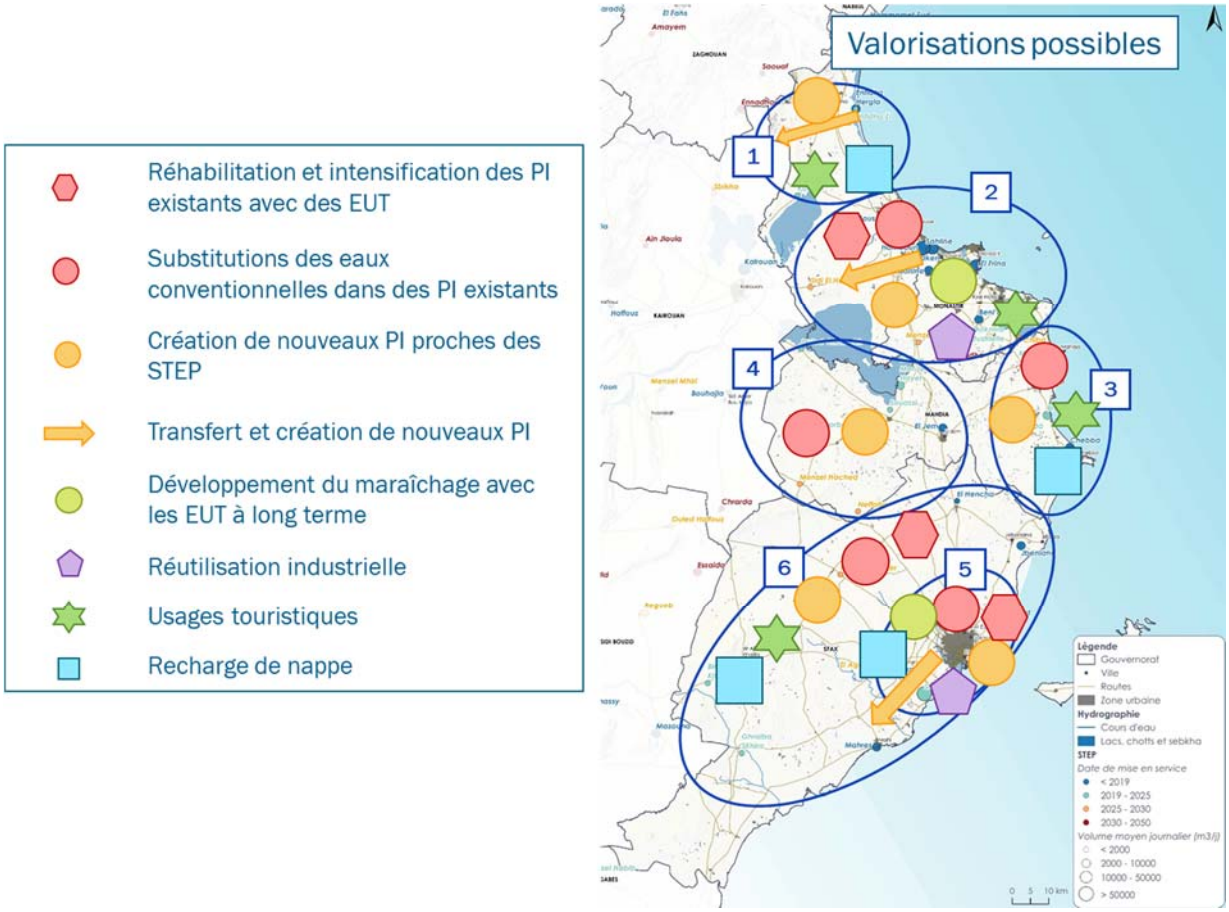


Figure 70 : Synthèse des valorisations des EUT possibles par sous zones du Sahel et Sfax

11.5 QUELS SONT LES SCENARIOS POSSIBLES ET COHERENTS POUR VALORISER LES EUT DE LA ZONE SAHEL-SFAX ?

11.5.1 Formulation des scénarios prospectifs proposés

VALORISATIONS DES EUT COMMUNES AUX SCENARIOS PROPOSES

Il est proposé que certaines valorisations des EUT soient appliquées dans l'ensemble des scénarios. Ces propositions concernent **la réhabilitation et l'extension des petits périmètres existants avec des EUT hors des grandes zones urbaines** (Ouardanine, El Hencha, Beni Hassen) ainsi que **l'irrigation des 3 golfs existants**.

Par ailleurs, dans tous les scénarios, les **effluents industriels**, après des prétraitements efficaces, sont de plus en plus considérés comme des ressources et sont **recyclés au sein des unités industrielles**, ce qui réduit le volume arrivant aux STEP. Il est estimé que ce recyclage pourrait concerner20 % des effluents industriels produits en 2025, 50 % d'ici 2030 et 80 % en 2040.

11.5.1.1 Scénario 1 : les EUT, une opportunité pour préserver les terres agricoles périurbaines et réduire le déficit hydrique

La dégradation des eaux souterraines en termes quantitatifs et qualitatifs, la concurrence entre les usages pour les eaux de surface (exemple du barrage de Nebhana) ainsi que le développement des centres urbains mettent en péril la durabilité des périmètres irrigués existants. La **préservation des terres agricoles périurbaines**, **dont celles qui permettent d'alimenter les centres urbains en primeurs**, **est perçue comme prioritaire**. Ainsi, **les politiques régionales d'aménagement du territoire sont mises en cohérence avec la REUT**. Pour cela, des concertations régionales sont organisées régulièrement avec les collectivités locales et les différents usagers de l'eau. Les EUT, qui sont produites au niveau des villes, sont considérées comme une ressource en eau locale pour **maintenir les périmètres irrigués menacés d'urbanisation**. Les périmètres irrigués existants avec des EUT, notamment celui de Zaouiet Sousse proche de la ville de Sousse et celui de El Hajeb proche de Sfax, sont préservés et étendus. **La réutilisation locale est donc privilégiée**, les transferts sont peu conséquents et les créations de périmètres irrigués concernent seulement des STEP modestes dans les zones intérieures où il n'y a pas d'irrigation existante à proximité. Pour des STEP où la substitution directe dans des périmètres existants n'est pas envisageable à proximité, l**a recharge de nappe est une autre option choisie si le contexte hydrogéologique est favorable** afin d'alimenter indirectement des périmètres sur puits de surface. Cette réutilisation nécessite cependant **des investissements importants pour améliorer le niveau de traitement des STEP**. Cela permet la levée des restrictions pour l'irrigation des cultures maraîchères avec les EUT grâce la mise en place de filtrations membranaires et de procédés de désinfection adaptés. Pour réussir cette irrigation des cultures maraîchères et valoriser un maximum les EUT, la salinité des EUT produites par les STEP du littoral fait l'objet d'un point d'attention particulier pour ce scénario. Des suivis sont mis en place pour surveiller la dégradation potentielle des sols agricoles, les eaux usées rejetées dans le réseau en amont des STEP et les intrusions potentielles d'eaux salées dans les réseaux de collecte des eaux usées.

11.5.1.2 Scénario 2 : Les EUT, une ressource pour aider au développement des zones agricoles intérieures

Dans ce scénario, les politiques d'aménagement du territoire conduisent à une extension urbaine peu ou pas contrôlée et à un accaparement des terres agricoles périurbaines. Les demandes potentielles en EUT pour l'agriculture près des villes littorales se réduisent d'autant. Les périmètres existants avec des EUT disparaissent, grignotés par l'urbanisation (El Hajeb, Zaouiet Sousse, Sayada). **Les EUT produites sur le littoral sont transférées vers l'intérieur des 4 gouvernorats**. Elles apportent une nouvelle ressource en eau à des régions agricoles qui en sont dépourvues. **Les réserves de terres agricoles de l'OTD sont valorisées** en exploitant des volumes importants des EUT produites. Des transferts conséquents sont effectués, ce qui représente le gros de l'investissement pour la REUT de la région. Les distances peuvent atteindre 20 à 30 km, comme pour les EUT de Sousse transférées vers les délégations de Sidi El Heni et de Msaken.

Cependant, les usages agricoles ciblés ne nécessitent pas une augmentation importante du niveau de traitement des EUT. **L'irrigation de complément est en effet développée principalement pour alimenter de manière semi-intensive les superficies étendues d'oliviers**. Cela permet d'améliorer les rendements et de garantir un meilleur revenu aux agriculteurs de ces zones rurales dont l'agriculture pluviale est fragilisée par le changement climatique. La production de fourrages est également développée grâce à l'irrigation, afin de **réduire le déficit fourrager** des élevages, particulièrement importants à Monastir, Mahdia et Sfax. Pour les STEP modestes éloignées du littoral, des nouveaux périmètres irrigués sont créés à proximité en fonction des opportunités. La REUT reste donc une compétence du ministère de l'agriculture, en coopération avec l'ONAS. Concernant les grands projets de transferts, des sociétés ad hoc peuvent voir le jour afin d'assurer la gestion des infrastructures, telles la SECADENORD qui a été créée pour les transferts des eaux du Nord.

11.5.1.3 Scénario 3 : Les EUT, une ressource exploitée localement pour réduire la consommation en eau potable des usages urbains

La situation de stress hydrique, qui s'est accentué avec la croissance démographique et le changement du climat, amène à **limiter les usages consommateurs d'eau potable dans les centres urbains, autres que les usages domestiques**. La mise en place de nouveaux usages avec l'extension de zones industrielles et le développement de nouvelles zones touristiques est conditionnée par l'utilisation de ressources non conventionnelles comme les EUT, dans la mesure de la faisabilité technique. **Les EUT sont considérées comme une ressource à utiliser au maximum localement, c'est à dire pour des usages urbains dans les centres urbains et pour des usages agricoles en zones rurales**. De nouveaux golfs et espaces verts hôteliers et urbains, irrigués avec les EUT, sont développés pour répondre à la demande touristique et pour améliorer le cadre de vie. Une part des EUT produites se substitue aux eaux de la SONEDE utilisées jusque-là pour irriguer des espaces verts existants. L'éventail des acteurs impliqués dans la REUT est donc élargi, ce qui exige de nouveaux cadres institutionnels, réglementaires et de nouveaux systèmes tarifaires adaptés aux différents usages. Pour les STEP modestes éloignées du littoral, des nouveaux périmètres irrigués sont créés à proximité en fonction des opportunités.

11.5.1.4 Vue d'ensemble des composantes considérées pour la construction des scénarios

Le schéma ci-dessous synthétise les principales composantes qui ont permis de construire des scénarios, à savoir l'éloignement des usages par rapport à la STEP, le niveau d'ambition technologique pour le traitement des EUT, l'impact sur le bilan en eau (substitution d'usages existants ou création de nouveaux usages) et les types d'usages en fonction de leur localisation en milieu rural ou urbain.

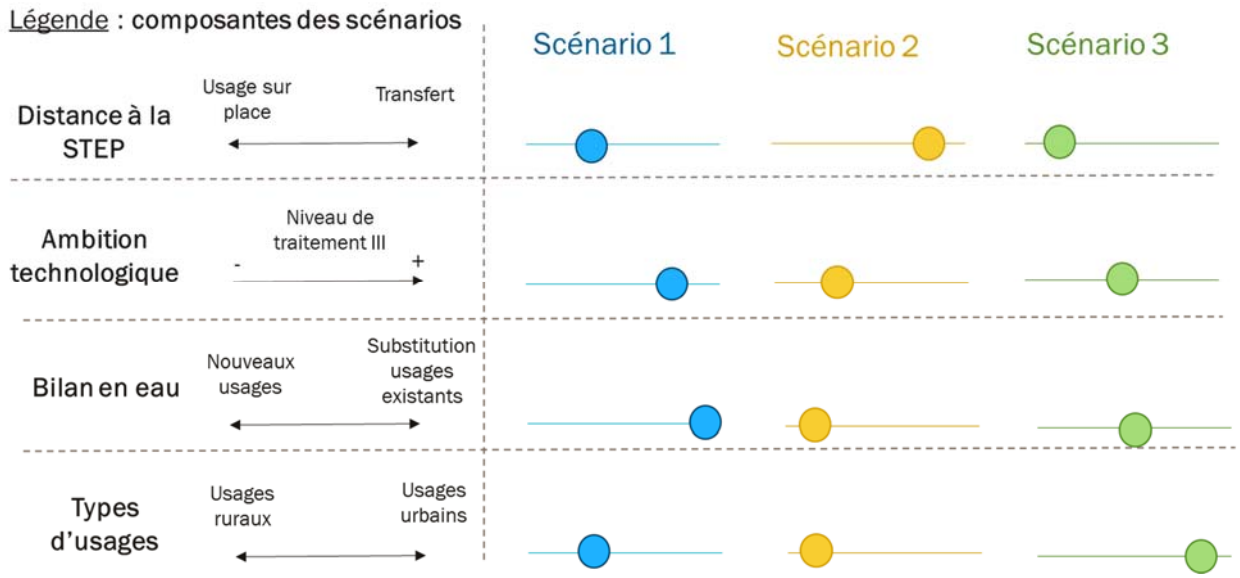


Figure 71 : Principales composantes considérées pour la construction des scénarios

11.5.2 Traduction locale à l'échelle des sous zones des scénarios

Afin d'illustrer plus en détails le contenu des scénarios décrits ci-avant, le tableau et les cartes ci-dessous reprennent, pour chacun d'eux, les idées de valorisations des EUT associées à chacune des sous zones de la région du Sahel et Sfax.

Tableau 72 : Valorisations des EUT proposées pour chacun des 3 scénarios

Valorisations des EUT à favoriser		Sous zones de la région					
		Nord de Sousse	Complexe littoral Sousse Monastir	Littoral de Mahdia	Zone intérieure de Mahdia	Pôle urbain de Sfax	Zone rurale de Sfax
Scénario 1 : Les EUT, un moyen de préservation des terres agricoles périurbaines tout en réduisant le déficit hydrique							
Extension et/ou intensification des PI existants avec des EUT			X *(dont extension PPI Sousse et réhabilitation PPI Sayada et El Hencha)*			X *(extension PPI El Hajeb)*	X *(PPI El Hencha)*
Substitutions / mélanges dans des PI	**Maraîchage**		X *(Idée 2.d)*				
	Arbo/fourrages		X *(Idée 2.a)*	X *(Idée 3.a)*	X *(Idée 4.a)*	X *(Idée 5.a)*	X *(Idée 6.a)*
Golfs			X *(Idée 2.e, irrigation des 3 golfs existants)*				
Recharge de nappe		X *(Idée 1.b)*		X *(Idée 3.c)*		X *(Idée 5.d)*	X *(Idée 6.c)*
Scénario 2 : les EUT, une ressource pour aider au développement des zones agricoles intérieures							
Extension et/ou intensification des PI existants avec des EUT			X *(seulement préservation PPI Ouardanine)*				X *(PPI El Hencha)*
Création de nouveaux PI		X *(Idée 1.a)*	X *(Idée 2.b)*	X *(Idée 3.b)*	X *(Idée 4.b)*	X *(Idée 5.b)*	X *(Idée 6.b)*
Golfs			X *(Idée 2.e, irrigation des 3 golfs existants)*				
Scénario 3 : Les EUT, une ressource exploitée localement pour réduire la consommation en eau potable des usages urbains							
Extension et/ou intensification des PI existants avec des EUT			X *(dont extension PPI Sousse et réhabilitation PPI Sayada et El Hencha)*			X *(extension PPI El Hajeb)*	X *(PPI El Hencha)*
Création de nouveaux PI			X *(Idée 2.b, PPI déjà projetés)*	X *(Idée 3.b, PPI déjà projetés)*	X *(Idée 4.b)*		X *(Idée 6.b)*
Golfs		X *(Idée 1.e, golf projeté)*	X *(Idée 2.e, golfs existants et projetés)*	X *(Idée 3.e, golfs projetés)*			
Espaces verts		X *(Idée 1.d)*	X *(Idée 2.c)*	X *(Idée 3.d)*			X *(Idée 6.d)*
Réutilisation industrielle (hors IAA)		X *(Idée 1.c)*	X *(Idée 2.f)*			X *(Idée 5.c)*	

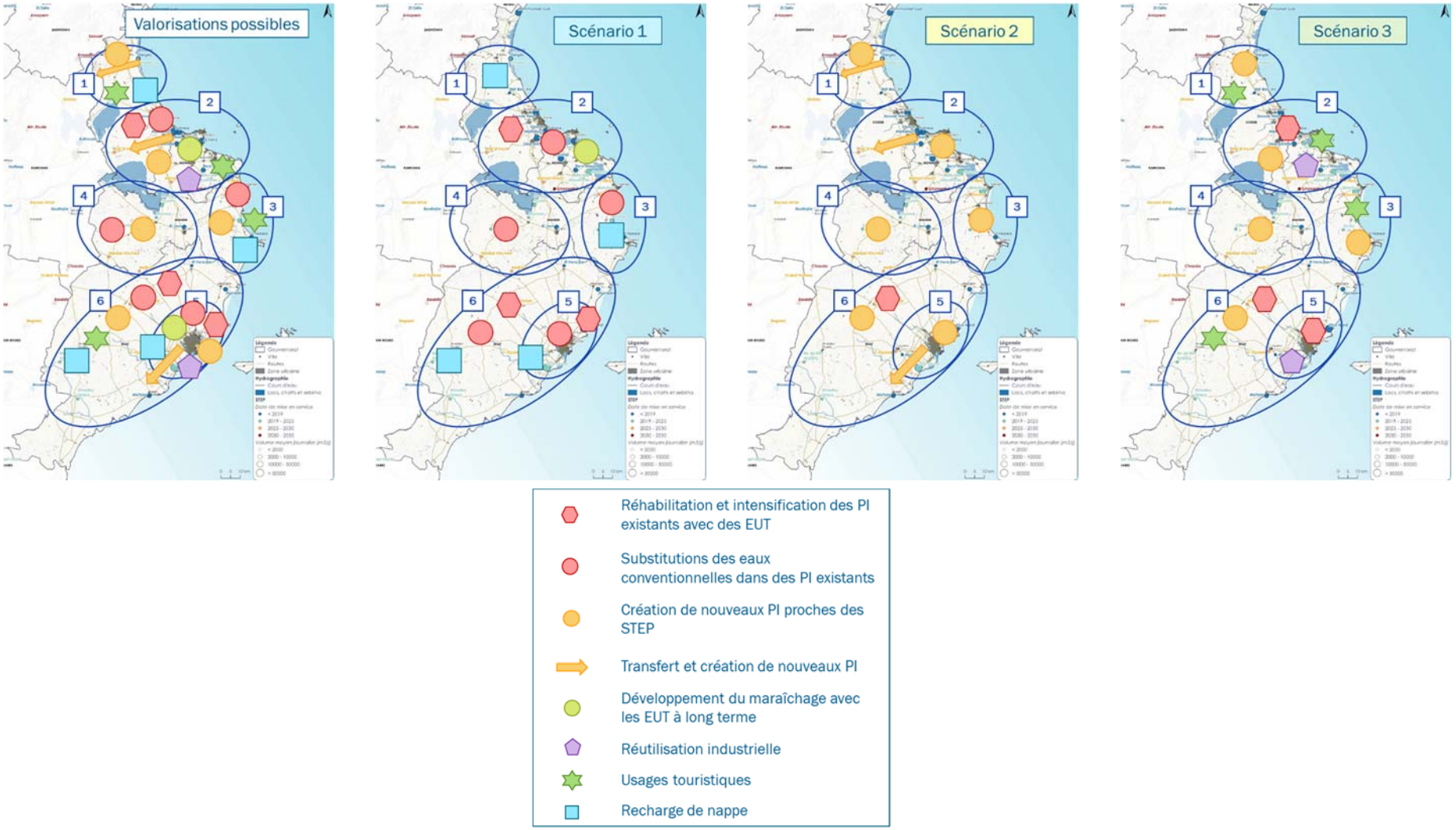


Figure 72 : Valorisations des EUT proposées pour chacun des 3 scénarios du Sahel et de Sfax (cartographie)

11.5.3 Description technique des scénarios et part de réutilisation des EUT produites en fonction des usages et des horizons temporels

Le tableau ci-dessous indique l'évolution possible dans le temps des valorisations des EUT par scénario, avec la quantification des volumes réutilisés et des superficies irriguées aux horizons 2025, 2030, 2040 et 2050. Comme expliqué dans le chapitre méthodologique (voir chapitre 0), il indique quels sont les **besoins technologiques** par scénarios pour différents sujets :

- *Les niveaux de qualité (A/B/C/D/E) à atteindre*. Ces niveaux font référence à l'échelle de qualité des EUT définie plus haut dans le rapport, dans les chapitres consacrés à la réglementation et aux traitements possibles.

  Le niveau de qualité est fonction de la nature des valorisations et correspondra à une ou plusieurs options technologiques, tel qu'exposé dans le chapitre consacré au options technologiques possibles.

  On peut par exemple lire dans le tableau, pour le scénario 1 que, en 2025, 100 % du volume des EUT réutilisé (8 Mm^3) est traité au niveau B. En 2050, dans ce même scénario, 32 % du volume réutilisé (98.4 Mm^3) devra être traité au niveau A, 62% au niveau B et 6% au niveau C+.
- *Le besoin en transfert*. Le tableau mentionne la part du volume d'EUT devant être transféré à plus de 5 km, pour trois classes de distances.
- *Le besoin en stockage intersaisonnier*. Le tableau mentionne le volume d'EUT qui devra faire l'objet d'un stockage intersaisonnier.

Certaines hypothèses utilisées pour la formulation des scénarios sont exposées en annexe 4.

Dans **le scénario 1**, près de **60 % des EUT produites sont réutilisées en 2050**, dont **84 % de ces eaux réutilisées pour la substitution des eaux conventionnelles dans des périmètres existants**. Cela représente plus de **11 000 ha irrigués avec des EUT** et **un taux de substitution d'ici 2050 de 38 % de l'ensemble de la superficie irriguée de la région** (estimée à environ **30 000 ha**). Il est estimé que cette substitution se fait au fur et à mesure à partir de 2030 pour les périmètres oléicoles et arboricoles de zone. Pour le maraichage, au regard du niveau de traitement nécessaire et des précautions à mettre en place, les périmètres reçoivent des EUT à partir de l'horizon 2040. Afin de pouvoir irriguer le maraîchage, **près de 32 % des EUT réutilisées sont traitées à un niveau de qualité A**. Les périmètres existants n'étant pas toujours à proximité des STEP, **60 % du volume d'EUT réutilisé doit être transféré sur une dizaine de kilomètres**. En termes de stockage, des infrastructures sont nécessaires afin de **stocker 30 % des EUT réutilisées** et les valoriser au maximum.

Le taux de réutilisation dans **le scénario 2** est supérieur à celui du scénario 1, avec 93 % des EUT produites valorisées, dont **97 % de ces eaux réutilisées en irrigation agricole directe pour des cultures actuellement autorisées** (arboriculture et fourrages). Cependant, parmi ces 93 % réutilisés, 0 % des périmètres existants avec des eaux conventionnelles sont substitués par des EUT. La réutilisation agricole dans ce scénario ne concerne que des **nouveaux périmètres irrigués**. Les STEP produisent **toutes des EUT de niveau de qualité B** pour éviter les risques sanitaires lors de l'irrigation des fourrages. La création de nouveaux périmètres se fait au fur et à mesure à partir de 2025 avec la création à court terme de près de 1 600 ha répartis sur des petites STEP dans les zones agricoles (Beni Hassen, Chebba, Jemmel, etc). Cette superficie comprend aussi les 100 ha projetés sur la nouvelle STEP de Mahdia. Puis, d'autres périmètres sont créés avec **un total irrigué de près de 21 500 ha en 2050**. La disponibilité des terres agricoles étant limitées près des pôles urbains, des **transferts importants sont réalisés** : les EUT de la STEP de Sfax Ouest vers les terres domaniales de Chaal à partir de 2030, celles de Sfax Nord et des STEP de Monastir vers l'intérieur des terres à partir de 2040 et les EUT des STEP du pôle urbain de Sousse vers Sidi El Heni avant 2050. Ce **dernier transfert de près de 30 km représente 24 % des EUT réutilisées en 2050**.

Enfin, dans **le scénario 3**, seulement **30 % des EUT sont réutilisées.** En cherchant au maximum à valoriser les EUT dans des **usages urbains** (création de nouveaux golfs et espaces verts, réutilisation industrielle, etc), on arrive à **réutiliser un volume d'EUT de 22 Mm³, soit 14 % du volume total produit par la région à l'horizon 2050**. **L'usage agricole représente 55 % des EUT réutilisées** dans ce scénario grâce à des créations de périmètres irrigués sur les STEP où des terres agricoles sont disponibles à proximité immédiate et à la préservation des périmètres existants avec des EUT. Au total, près de **6 700 ha sont irrigués avec des EUT avec un niveau de qualité B**. Des infrastructures importantes de transfert ne sont pas nécessaires car les usages locaux sont privilégiés. Cependant, **16 % des EUT réutilisées doivent faire l'objet d'un stockage intersaisonnier**

Tableau 73 : Valorisations des EUT à favoriser et besoins technologiques par scénarios aux différents horizons temporels

Scénarios				Horizons temporels																	
				2020				2025				2030				2040				2050			
		Volume EUT produit (Mm3)		90				111				136				159				174			
		Volume EUT produit si recyclage industriel (Mm3) (a)		90				109				129				148				163			
				Volume réutilisé (Mm3) (b)	Superficies irriguées (ha)	Pourcentage (%) (b)/(c)	Pourcentage (%) (b)/(a)	Volume réutilisé (Mm3) (b)	Superficies irriguées (ha)	Pourcentage (%) (b)/(c)	Pourcentage (%) (b)/(a)	Volume réutilisé (Mm3) (b)	Superficies irriguées (ha)	Pourcentage (%) (b)/(c)	Pourcentage (%) (b)/(a)	Volume réutilisé (Mm3) (b)	Superficies irriguées (ha)	Pourcentage (%) (b)/(c)	Pourcentage (%) (b)/(a)	Volume réutilisé (Mm3) (b)	Superficies irriguées (ha)	Pourcentage (%) (b)/(c)	Pourcentage (%) (b)/(a)
1	Valorisations des EUT	Extension et intensification des PPI existants avec des EUT (arbo/fourrages)		1,6	745	29%	2%	4,1	1 712	52%	4%	4,3	1 712	15%	3%	4,5	1 712	6%	3%	4,7	1 712	5%	3%
		Substitution ou mélange avec des eaux conv. dans des PI existants	Oliviers + fourrages									15,2	3 096	52%	12%	46,3	7 012	60%	31%	51,6	7 478	52%	32%
			Maraîchage													17,0	2 448	22%	11%	31,5	3 914	32%	19%
		Golfs	Existants	3,9	220	71%	4%	3,9	220	48%	4%	4,0	220	14%	3%	4,2	220	5%	3%	4,4	220	4%	3%
		Recharge de nappe	Chebba, Kondar, Chaffar, Agareb, Jbeniana									5,5	-	19%	4%	5,7	-	7%	4%	6,1	-	6%	4%
		TOTAL (c)		**5,4**	**965**	**100%**	**6%**	**8,0**	**1 932**	**100%**	**7%**	**29,1**	**5 028**	**100%**	**23%**	**77,7**	**11 392**	**100%**	**53%**	**98,4**	**13 324**	**100%**	**60%**
	Options technologiques	Besoins traitements	E	0,0	0	0%	0%	0,0	0	0%	0%	0,0	0	0%	0%	0,0	0	0%	0%	0,0	0	0%	0%
			C+	0,0	0	0%	0%	0,0	0	0%	0%	5,5	-	19%	4%	5,7	-	7%	4%	6,1	-	6%	4%
			B	5,4	965	100%	6%	8,0	1 932	100%	7%	23,5	5 028	81%	18%	55,1	8 944	71%	37%	60,8	9 410	62%	37%
			A	0,0	0	0%	0%	0,0	0	0%	0%	0,0	0	0%	0%	17,0	2 448	22%	11%	31,5	3 914	32%	19%
			A+	0,0	0	0%	0%	0,0	0	0%	0%	0,0	0	0%	0%	0,0	0	0%	0%	0,0	0	0%	0%
		Besoins transferts	5 - 10 km									**8,8**	**1 399**	**30%**	**7%**	**43,0**	**6 519**	**55%**	**29%**	**59,2**	**8 835**	**60%**	**36%**
		Besoins stockage	Oliviers + fourrages									5,3	3 096	18%	4%	16,2	7 012	21%	11%	18,1	7 478	18%	11%
			Maraîchage													6,3	2 448	8%	4%	11,8	3 914	12%	7%
			TOTAL									**5,3**	**3 096**	**18%**	**4%**	**22,5**	**9 460**	**29%**	**15%**	**29,8**	**11 392**	**30%**	**18%**
2	Valorisations des EUT	Extension et intensification des PPI existants avec des EUT (arbo/fourrages)		1,6	745	29%	2%	1,9	795	12%	2%	1,9	795	6%	1%	0,5	120	0%	0%	0,5	120	0%	0%
		Création de nouveaux PI	Oliviers + fourrages					9,5	1 582	62%	9%	27,3	4 329	82%	21%	101,1	15 316	96%	68%	147,4	21 355	97%	90%
		Golfs	Existants	3,9	220	71%	4%	3,9	220	25%	4%	4,0	220	12%	3%	4,2	220	4%	3%	4,4	220	3%	3%
		TOTAL (c)		**5,4**	**965**	**100%**	**6%**	**15,2**	**2 597**	**100%**	**14%**	**33,2**	**5 344**	**100%**	**26%**	**105,8**	**15 656**	**100%**	**72%**	**152,3**	**21 695**	**100%**	**93%**
	Options technologiques	Besoins traitements	E	0,0	0	0%	0%	0,0	0	0%	0%	0,0	0	0%	0%	0,0	0	0%	0%	0,0	0	0%	0%
			C+	0,0	0	0%	0%	0,0	0	0%	0%	0,0	0	0%	0%	0,0	0	0%	0%	0,0	0	0%	0%
			B	5,4	965	100%	6%	15,2	2 597	100%	14%	33,2	5 344	100%	26%	105,8	15 656	100%	72%	152,3	21 695	100%	93%
			A	0	0	0%	0%	0	0	0%	0%	0	0	0%	0%	0	0	0%	0%	0	0	0%	0%
			A+	0	0	0%	0%	0	0	0%	0%	0	0	0%	0%	0	0	0%	0%	0	0	0%	0%
		Besoins transferts	5 - 10 km									**10,7**	**1 694**	**32%**	**8%**	**49,1**	**7 436**	**46%**	**33%**	**52,0**	**7 531**	**34%**	**32%**
			10 - 20 km													**2,0**	**306**	**2%**	**1%**	**2,2**	**322**	**1%**	**1%**
			20 - 30 km																	**36,9**	**5 344**	**24%**	**23%**
		Besoins stockage	Oliviers + fourrages					3,3	1 582	22%	3%	9,5	4 329	29%	7%	35,4	15 316	33%	24%	51,6	21 355	34%	32%
			TOTAL					**3,3**	**1 582**	**22%**	**3%**	**9,5**	**4 329**	**29%**	**7%**	**35,4**	**15 316**	**33%**	**24%**	**51,6**	**21 355**	**34%**	**32%**
3	Valorisations des EUT	Extension et intensification des PPI existants avec des EUT (arbo/fourrages)		1,6	745	29%	2%	4,1	1 712	24%	3%	4,3	1 712	12%	3%	4,5	1 712	10%	3%	4,7	1 712	10%	3%
		Création de nouveaux PI	Oliviers + fourrages					8,9	1 482	53%	8%	15,7	2 498	44%	12%	19,4	2 938	44%	13%	22,3	3 226	45%	14%
		Golfs	Existants et projetés	3,9	220	71%	4%	3,9	220	23%	4%	5,8	385	16%	4%	6,1	385	14%	4%	6,3	385	13%	4%
		Espaces verts touristiques	Existants et projetés									1,6	370	4%	1%	4,3	481	10%	3%	4,5	481	9%	3%
		Espaces verts urbains	Existants et projetés									7,4	885	21%	6%	7,8	885	18%	5%	8,1	885	16%	5%
		Réutilisation industrielle	sans IAA									1,2	-	3%	1%	2,4	-	5%	2%	3,6	-	7%	2%
		TOTAL (c)		**5,4**	**965**	**100%**	**6%**	**16,9**	**3 414**	**100%**	**15%**	**36,1**	**5 850**	**100%**	**28%**	**44,4**	**6 401**	**100%**	**30%**	**49,5**	**6 689**	**100%**	**30%**
	Options technologiques	Besoins traitements	E	0,0	0	0%	0%	0,0	0	0%	0%	0,0	0	0%	0%	0,0	0	0%	0%	0,0	0	0%	0%
			C+	0,0	0	0%	0%	0,0	0	0%	0%	0,0	0	0%	0%	0,0	0	0%	0%	0,0	0	0%	0%
			B	5,4	965	100%	6%	16,9	3 414	100%	16%	36,1	5 850	100%	28%	44,4	6 401	100%	30%	49,5	6 689	100%	30%
			A	0	0	0%	0%	0	0	0%	0%	0	0	0%	0%	0	0	0%	0%	0	0	0%	0%
			A+	0	0	0%	0%	0	0	0%	0%	0	0	0%	0%	0	0	0%	0%	0	0	0%	0%
		Besoins transferts	/																				
		Besoins stockage	Oliviers + fourrages					3,1	1 482	18%	3%	5,5	2 498	15%	4%	6,8	2 938	15%	5%	7,8	3 226	16%	5%
			TOTAL					**3,1**	**1 482**	**18%**	**3%**	**5,5**	**2 498**	**15%**	**4%**	**6,8**	**2 938**	**15%**	**5%**	**7,8**	**3 226**	**16%**	**5%**

11.5.4 Comparaison des scénarios proposés

COUTS GLOBAUX

Le tableau ci-dessous indique les coûts des différents scénarios pour leurs différentes composantes (traitement complémentaire, transfert éventuel, stockage éventuel, distribution des EUT par exemple dans le cas de la création d'un nouveau périmètre irrigué).

Le contenu des différentes colonnes a été explicité plus haut (pour le cas de la zone Cap Bon, au chapitre 10.5.4).

Tableau 74 : Coûts globaux (investissement et exploitation) des principaux maillons des filières de REUT à mettre en place dans chaque scénario

		Scénario 1								
		Volume réutilisé	Coût total annuel	%	Coût unitaire global	Inv initial	Inv (avec renouvellement)	Fonc	Energie	
		Mm3	DT		DT/m3	DT	DT/m3	DT/m3	kWh/m3	kWh
TOTAL		**98,4**	**34 561 800**	**100%**	**0,35**	**323 062 141**	**0,23**	**0,12**	**0,48**	**47 226 000**
Traitement complémentaires	C+	6,1	1 708 000	5%	0,28	8 141 250	0,22	0,06	0,21	1 281 000
	B	60,8	8 512 000	25%	0,14	47 376 875	0,11	0,03	0,08	4 864 000
	A	31,5	10 395 000	30%	0,33	49 083 125	0,25	0,07	0,27	8 505 000
Transferts	5 - 10 km (Sousse)	44,2	2 740 400	8%	0,06	39 349 779	0,03	0,04	0,19	8 398 000
	5 - 10 km (Sfax)	15,0	915 000	3%	0,06	20 411 112	0,04	0,02	0,09	1 350 000
	10 - 20 km									
	20 - 30 km									
Stockage	Bassins de surface	29,8	5 453 400	16%	0,18	149 000 000	0,15	0,03		
Distribution des EUT	Périmètres irrigués	87,8	4 838 000	14%	0,06	9 700 000	0,14	0,05	0,26	22 828 000

		Scénario 2								
		Volume réutilisé	Coût total annuel	%	Coût unitaire global	Inv initial	Inv (avec renouvellement)	Fonc	Energie	
		Mm3	DT		DT/m3	DT	DT/m3	DT/m3	kWh/m3	kWh
TOTAL		**152,3**	**57 963 000**	**100%**	**0,38**	**765 607 952**	**0,26**	**0,12**	**0,47**	**71 821 000**
Traitement complémentaires	C+									
	B	152,3	21 322 000	37%	0,14	118 669 688	0,11	0,03	0,08	12 184 000
	A									
Transferts	5 - 10 km (Monastir)	9,0	936 000	2%	0,10	16 587 852	0,05	0,05	0,25	2 250 000
	5 - 10 km (Sfax)	50,2	1 807 200	3%	0,04	36 112 671	0,02	0,02	0,07	3 514 000
	10 - 20 km	2,2	717 200	1%	0,33	19 655 735	0,25	0,08	0,12	264 000
	20 - 30 km	36,9	5 977 800	10%	0,16	103 082 006	0,08	0,08	0,41	15 129 000
Stockage	Bassins de surface	51,6	9 442 800	16%	0,18	258 000 000	0,15	0,03		
Distribution des EUT	Périmètres irrigués	148,0	17 760 000	31%	0,12	213 500 000	0,07	0,05	0,26	38 480 000

		Scénario 3								
		Volume réutilisé	Coût total annuel	%	Coût unitaire global	Inv initial	Inv (avec renouvellement)	Fonc	Energie	
		Mm3	DT		DT/m3	DT	DT/m3	DT	kWh/m3	kWh
TOTAL		**49,5**	**11 707 400**	**100%**	**0,24**	**119 561 250**	**0,17**	**0,06**	**0,22**	**10 980 000**
Traitement complémentaires	C+									
	B	49,5	6 930 000	59%	0,14	38 561 250	0,11	0,03	0,08	3 960 000
	A									
Transferts	5 - 10 km									
	10 - 20 km									
	20 - 30 km									
Stockage	Bassins de surface	7,8	1 427 400	12%	0,18	39 000 000	0,15	0,03		
Distribution des EUT	Périmètres irrigués	27,0	3 350 000	29%	0,12	42 000 000	0,08	0,05	0,26	7 020 000

NB : pour les scénarios 1 et 3, les coûts d'investissement pour les périmètres irrigués ne concernent pas les périmètres irrigués avec substitution des eaux conventionnelles car les infrastructures sont déjà existantes. Ils sont cependant comptés dans les coûts de fonctionnement.

Le coût unitaire global en DT par m³ d'EUT réutilisé du scénario 1 est proche de celui du scénario 2, bien que l'investissement initial total soit bien inférieur au scénario 2. Ceci s'explique par le fait que seulement 60 % des EUT sont réutilisées dans le scénario 1 alors que le scénario 2 réutilise 93 % des EUT produites à l'horizon 2050. Cependant, les coûts ne sont pas répartis sur les mêmes maillons techniques de la filière. **Pour le scénario 1, 71 % du coût total annuel est dédié au traitement complémentaire. Pour le scénario 2, les coûts sont répartis entre les différents maillons de la filière** : 37 % pour le traitement complémentaire, 31 % pour la création et le fonctionnement de nouveaux périmètres irrigués, 16 % pour le stockage et 16 % pour les transferts.

Le scénario 3 quant à lui, nécessite moins d'investissements et de frais de fonctionnement. Cependant, les coûts totaux pour le transfert et la distribution des EUT de la STEP aux unités industrielles et jusqu'aux espaces verts ne sont pas pris en compte.

L'énergie dépensée pour réutiliser un m³ d'EUT est la même pour le scénario 1 et 2 (proche de 0,48 kWh/m³).

BENEFICES TERRITORIAUX

Chaque scénario répond à différents enjeux territoriaux, notamment les enjeux de stress hydrique et d'adaptation au changement climatique. Les 3 tableaux ci-dessous reprennent le bilan hydrique du Sahel et de Sfax et son évolution potentielle en 2050 (RCP 4.5). Pour chaque scénario, il est indiqué le volume réutilisé projeté. Il est précisé la part de ce volume qui se substitue à des usages existants. Enfin, le volume qui se substitue à des usages existants est comparé avec le déficit hydrique projeté en 2050 de la zone.

Tableau 75 : Impact des scénarios sur le déficit hydrique du Sahel et de Sfax à l'horizon 2050

Sahel Sfax *CC - RCP 4.5 2050*		Apports annuels renouvelables (Mm3)	Prélèvements effectifs (Mm3)	Projections REUT		Déficit avec volume substitué par EUT (Mm3)	Part substitution / déficit
				Volume réutilisé (Mm3)	*dont substitution*		
Bilan en eau 2050	**sans REUT**	**336**	**468**	0	0	***133***	**0%**
	Scénario 1			98	90	***43***	**67%**
	Scénario 2			152	0	***133***	**0%**
	Scénario 3			50	16	***116***	**12%**

Le scénario 1 privilégie la substitution qui représente **90 Mm³**, soit plus de **90% du volume réutilisé en 2050.** Ce volume permettrait de **réduire le déficit hydrique de 67%** pour la région. Les eaux conventionnelles peuvent être conservées pour des usages plus sensibles comme l'AEP. En apportant une nouvelle ressource en eau dans des périmètres déjà impactés par **le stress hydrique**, ces substitutions sont aussi une mesure **d'adaptation au changement climatique**. De plus, ce scénario aide à **préserver des périmètres irrigués périurbains** menacés d'urbanisation en leur apportant une ressource en eau durable.

Dans **le scénario 2**, bien que le volume réutilisé total soit supérieur au scénario 1, la REUT contribue peu à la réduction du déficit hydrique. En effet, cette réutilisation concerne en majorité de nouveaux prélèvements pour des usages agricoles. D'autres bénéfices territoriaux sont cependant apportés comme **le développement de certaines zones agricoles** qui n'ont pas accès à d'autres ressources en eau.

Quant au **scénario 3,** il permet de **réduire le déficit hydrique de 12 %** en apportant une ressource en eau alternative pour certains usages urbains existants (irrigation des espaces verts, réutilisation industrielle). Comme pour le scénario 1, mais dans une moindre mesure, les eaux conventionnelles substituées par des EUT peuvent être conservées pour des usages plus sensibles comme l'AEP. Dans ce scénario, la REUT permet aussi de créer de nouveaux usages urbains et donc d'aider au **développement des secteurs touristiques et industriels** tout en **améliorant le cadre de vie urbain**.

Le détail des volumes substitués par usages et par scénario est exposé en annexe 5.

Le tableau ci-dessous résume pour chacun des scénarios les bénéfices territoriaux auxquels les EUT contribuent.

Tableau 76 : Bénéfices territoriaux apportés dans les différents scénarios proposés

Bénéfices territoriaux / Scénarios	Lutte contre le stress hydrique	Adaptation au CC	Préservation des eaux conventionnelles pour l'AEP	Préservation des eaux souterraines (qualité)	Préservation de l'environnement proche des STEP	Protection des zones littorales sensibles	Dynamisation du secteur agricole	Préservation des terres agricoles périurbaines	Aide au développement des zones rurales intérieures	Aide au développement du secteur touristique	Aide au développement du secteur industriel	Amélioration du cadre de vie	Sécurité alimentaire nationale
Scénario 1 : les EUT, un moyen de préservation des terres agricole périurbaines tout en réduisant le déficit hydrique	■	■	■	▒		■	■	■					▒
Scénario 2 : les EUT, une ressource pour aider au développement des zones agricoles intérieures						■	■		■				▒
Scénario 3 : les EUT, une ressource exploitée localement pour réduire la consommation en eau potable des usages urbains	▒	▒	■			■		▒	■	■	■	■	

■ Le scénario contribue fortement au bénéfice territoral

▒ Le scénario contribue modéremment au bénéfice territorial

Le scénario ne contribue pas ou peu au bénéfice territorial

NIVEAUX D'AMBITION POUR LEVER LES CONTRAINTES REGLEMENTAIRES, INSTITUTIONNELLES, SANITAIRES, ENVIRONNEMENTALES ET SOCIALES

Le **scénario 1 apparaît comme plus ambitieux** car les risques sanitaires sont importants si les niveaux de qualité ne sont pas respectés pour l'irrigation du maraichage. De plus, pour la substitution dans des périmètres existants, les enquêtes ont montré que les agriculteurs ayant déjà accès à des ressources conventionnelles exploiteront plus difficilement les EUT que pour des créations de périmètres dans des zones dépourvues de ressources en eau comme dans le scénario 2 et 3, sauf si l'accès à ces ressources est déjà menacé.

Les scénarios 1 et 3 conduisent à développer des nouveaux usages des EUT (maraichage, usages urbains), des modifications profondes du cadre réglementaire et institutionnel sont donc nécessaires ainsi qu'une implication importante de nouveaux usagers. Le scénario 2, même s'il demande des transferts importants des EUT, restent moins ambitieux technologiquement que le scénario 1 qui exige des niveaux de traitements élevés. **Le scénario 2 est donc plus simple à mettre en place à court terme tandis que les scénarios 1 et 3 demandent plus de moyens en termes d'investissements, de mobilisation des acteurs et de contrôles de la filière sur le long terme**.

Tableau 77 : Comparaison des scénarios proposées pour la zone Sahel - Sfax en fonction des niveaux d'ambitions par contraintes

Scénarios	Ambition technologique		Contraintes				
	2030	2050	Besoins réglementaires	Besoins institutionnels	Risques sanitaires	Risques environnemen - taux	Acceptabilité sociale
1 : Les EUT, un moyen de préservation des terres agricoles périurbaines tout en réduisant le déficit hydrique							
2 : Les EUT, une ressource pour aider au développement des zones agricoles intérieures							
3 : Les EUT, une ressource exploitée localement pour réduire la consommation en eau potable des usages urbains							



11.5.5 Conclusion sur la situation de la zone Sahel - Sfax et les opportunités de développement de la REUT

11.5.5.1 Une région partagée entre dynamisme économique et bilan hydrique déficitaire

Le bilan ressources/besoins en eau du Sahel et de Sfax oblige cette région à être dépendante des ressources du Nord et du Centre. Elle subit déjà de plein fouet les conséquences du stress hydrique. Celles-ci contraignent les usagers de l'eau à valoriser au mieux les ressources disponibles. Certains maraîchers sont même prêts à utiliser les eaux potables de la SONEDE pour irriguer leurs cultures à haute valeur ajoutée. C'est particulièrement le cas lors des années sèches, de plus en plus fréquentes. Outre la quantité, c'est aussi la qualité des ressources locales qui se dégradent avec l'augmentation de la salinité des nappes souterraines. Pour Sfax, c'est déjà l'alimentation en eau potable qui est menacée, d'où le choix du dessalement de l'eau de mer. **La nécessité d'économiser les ressources en eau locales et de mieux les gérer s'est donc déjà imposée à l'esprit des acteurs du territoire.**

La région se partage entre des zones aux problématiques territoriales différentes mais toutes liées au manque de ressources hydriques : d'une part, **les zones littorales où la concurrence pour l'accès à l'eau entre les usages est de plus en plus forte de par la variété des activités économiques** (cultures sous serres, arboriculture irriguée, industries diverses, tourisme balnéaire etc.). D'autre part, **les zones intérieures où l'agriculture pluviale, qui est l'activité économique principale, va être de plus en plus fragilisée par le changement climatique.**

11.5.5.2 Les EUT : une nouvelle ressource en eau à exploiter

Les phases de concertation au niveau de cette région ont été l'occasion d'échanges nourris, que ce soit au niveau des décideurs locaux ou des usagers de l'eau. Le périmètre irrigué de Ouardanine, en tant que modèle de réussite, a aidé à populariser les valorisations possibles des EUT dans le secteur agricole. Les idées échangées ont été nombreuses, preuve de l'intérêt des acteurs pour le sujet. Des études régionales ont commencé à être lancées pour déterminer comment valoriser au mieux les EUT sur des zones spécifiques. C'est le cas des études sur le devenir des EUT en cours d'élaboration à pour les pôles urbains de Sousse, Monastir et Mahdia portées l'ONAS et la DGGREE. , **Ces projets démontrent la volonté des acteurs de développer des projets de REUT.**

Les impacts négatifs actuels sur l'environnement des rejets des eaux usées s'ajoutent aux problématiques de stress hydrique. La pollution du littoral perturbe les activités touristiques et de pêches, les rejets des industries textiles contaminent les oueds et les lagunes tandis que la forte croissance démographique amène à la réalisation de pôles épuratoires toujours plus étendus. **Si la REUT permet de limiter les rejets dans les milieux sensibles tout en dynamisant un secteur économique, le niveau d'acceptabilité sociale ne sera que plus haut, pour peu que la qualité des EUT soient garanties pour les différents usagers et que l'information devienne totalement transparente sur ce sujet.**

11.5.5.3 La REUT pour répondre à quels objectifs ?

Jusqu'à présent, la création de nouveaux périmètres irrigués de faible superficie à proximité des STEP pour l'irrigation d'arbres fruitiers ou de fourrages a été favorisée. Pour améliorer le taux de réutilisation des EUT dans la région, des **choix stratégiques territoriaux** seront nécessaires :

- Améliorer les **niveaux de traitement des EUT et irriguer les cultures maraichères du littoral** ou les transférer **zones intérieures pour développer de nouveaux périmètres** ?
- **Préserver des périmètres irrigués périurbains existants** ou **développer des zones agricoles dépourvues de ressources en eau pour l'irrigation** ?

La recommandation du Consultant, au regard des enjeux liés au stress hydrique et à la concurrence entre les usages de l'eau dans cette région, est de privilégier le scénario 1 dans un premier temps. Les périmètres existants périurbains doivent être conservés (Zaouiet Sousse, El Hajeb) pour préserver de l'extension urbaine ces terres agricoles qui peuvent être valorisées avec des EUT. Les traitements des STEP doivent être améliorés sur le moyen terme jusqu'à un niveau de qualité A afin de lever les restrictions culturales et irriguer le maraîchage. Les périmètres existants avec les eaux de barrages (comme Nebhana) pourraient être au maximum alimentés par des EUT afin de réduire le déficit hydrique et conserver les eaux conventionnelles pour l'AEP. Cependant, cette dernière possibilité reste inenvisageable pour le gouvernorat de Monastir du point de vue de la qualité des EUT (dont leur salinité) et des réticences sociales. En effet, des contraintes fortes seront à lever pour développer ces usages, comme la problématique de la salinité des pôles épuratoires du littoral et la sensibilisation des maraîchers et des consommateurs. Le développement de nouveaux périmètres irrigués avec stockage et transfert vers les terres intérieures, quant à lui, ne doit être envisagé qu'après une étude fine de l'impact de tels projets sur le bilan hydrique de la région et l'épuisement des possibilités d'utilisation plus locale des EUT.

12. ETUDE PROSPECTIVE DE LA REUT POUR LA ZONE GRAND TUNIS - ZAGHOUAN

12.1 OFFRE POTENTIELLE EN EUT DANS LA ZONE GRAND TUNIS -ZAGHOUAN D'ICI 2050. COMMENT CETTE OFFRE S'INSCRIT DANS LE MIX DE RESSOURCES EN EAU GLOBAL DE LA REGION ?

12.1.1 Une production d'EUT abondante à hauteur de près de 120 Mm^3 et en forte augmentation, jusqu'à plus de 240 Mm^3 d'ici 2050

FLUX LIES AU PARC EPURATOIRE MUNICIPAL EN MILIEU URBAIN

La région du Grand Tunis est la plus peuplée du pays avec actuellement près de 3 millions d'habitants, raccordés à 11 STEP (stations d'épuration) fonctionnelles. Ce chiffre pourrait passer à 5 millions d'habitants d'ici 2050 avec un développement important dans les gouvernorats de Manouba, Ariana et Ben Arous. Cette croissance démographique oblige l'ONAS à prévoir des investissements importants pour le parc épuratoire. Un plan directeur d'assainissement a été élaboré en 2014 jusqu'à l'horizon 2030 pour les 4 gouvernorats du Grand Tunis. Les grandes lignes de ce plan directeur sont décrites ci-après.

Au niveau du **pôle urbain de Tunis**, les anciennes STEP de Côtière Nord et Charguia seront abandonnées (respectivement aux horizons 2025 et 2030). Les flux qui étaient raccordées à ces STEP seront transférés vers le pôle épuratoire de Choutrana existant dont la capacité atteindra 57 Mm^3/an d'ici 2030. Ce pôle épuratoire est séparé en 2 STEP (Choutrana 1 et 2). Un émissaire en mer de 6 km a été réalisé depuis 2018 pour rejeter les EUT de ce pôle épuratoire à Raoued (nord du Golfe de Tunis). Le coût d'investissement estimé est de 125 millions de DT (ONAS, 2014).

Une partie des flux provenant du **gouvernorat de l'Ariana**, **au nord de Tunis**, n'iront pas à Choutrana mais à la nouvelle STEP d'El Heissiane, qui sera en fonctionnement en 2025. La petite STEP de Kalaat Andalous sera abandonnée au profit de celle d'El Heissiane.

Au niveau du **Gouvernorat de Ben Arous**, **au sud de Tunis,** il est prévu de rénover et d'étendre le pôle épuratoire de Sud Meliane qui recevra aussi à terme les flux raccordés à la STEP de Mornag une fois que celle-ci sera abandonnée (2025). Le pôle épuratoire regroupe 2 STEP pour les eaux domestiques principalement (Sud Meliane 1 et 2) et la STEP industrielle Grappée de Ben Arous qui permet de réduire les flux industriels arrivant à Sud Méliane et ainsi d'améliorer la qualité des EUT produites. L'ensemble aura en 2030 une capacité de 35 Mm^3/an. Un émissaire en mer de 7 km est prévu pour rejeter les EUT de ce pôle épuratoire à Rades (sud du Golfe de Tunis). Le coût estimé est de 176 millions de DT (ONAS, 2020).

De plus, une nouvelle STEP est prévue à l'horizon 2025 pour assainir les eaux usées provenant du sud du bassin d'apport de Sud Méliane : la STEP El Allef.

La STEP El Attar, mise en service en 2016 et qui assainie la **partie Ouest de Tunis**, verra sa capacité augmentée jusqu'à 62 Mm^3/an d'ici 2030.

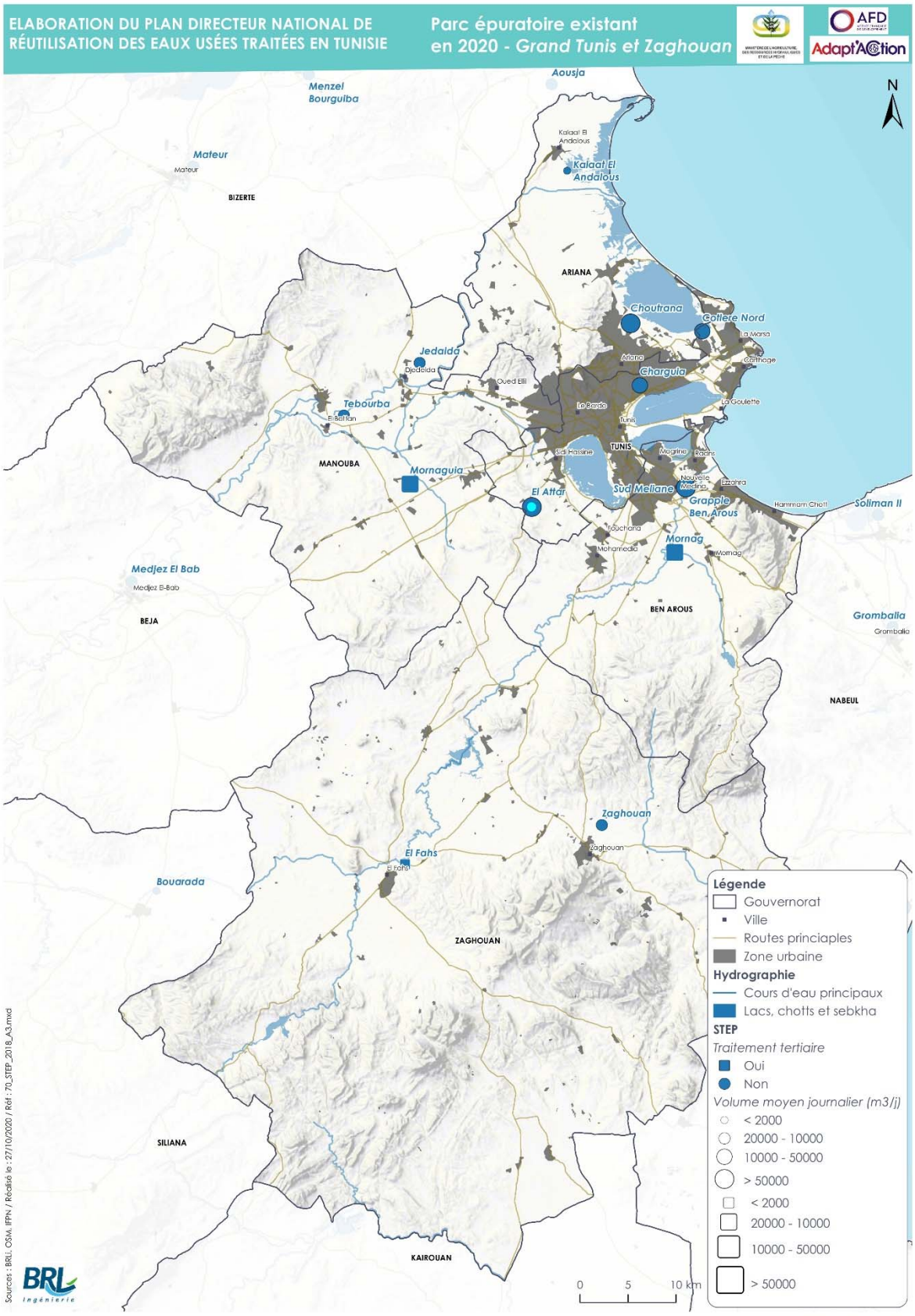
Outre ces grands pôles épuratoires pour assainir la zone urbaine du Grand Tunis, d'autres petites STEP permettent d'assainir les **zones périphériques** : celles de Mornaguia, Tebourba et Jedaida. Il est prévu d'étendre ces 3 STEP mais il n'est pas prévu d'en construire de nouvelles.

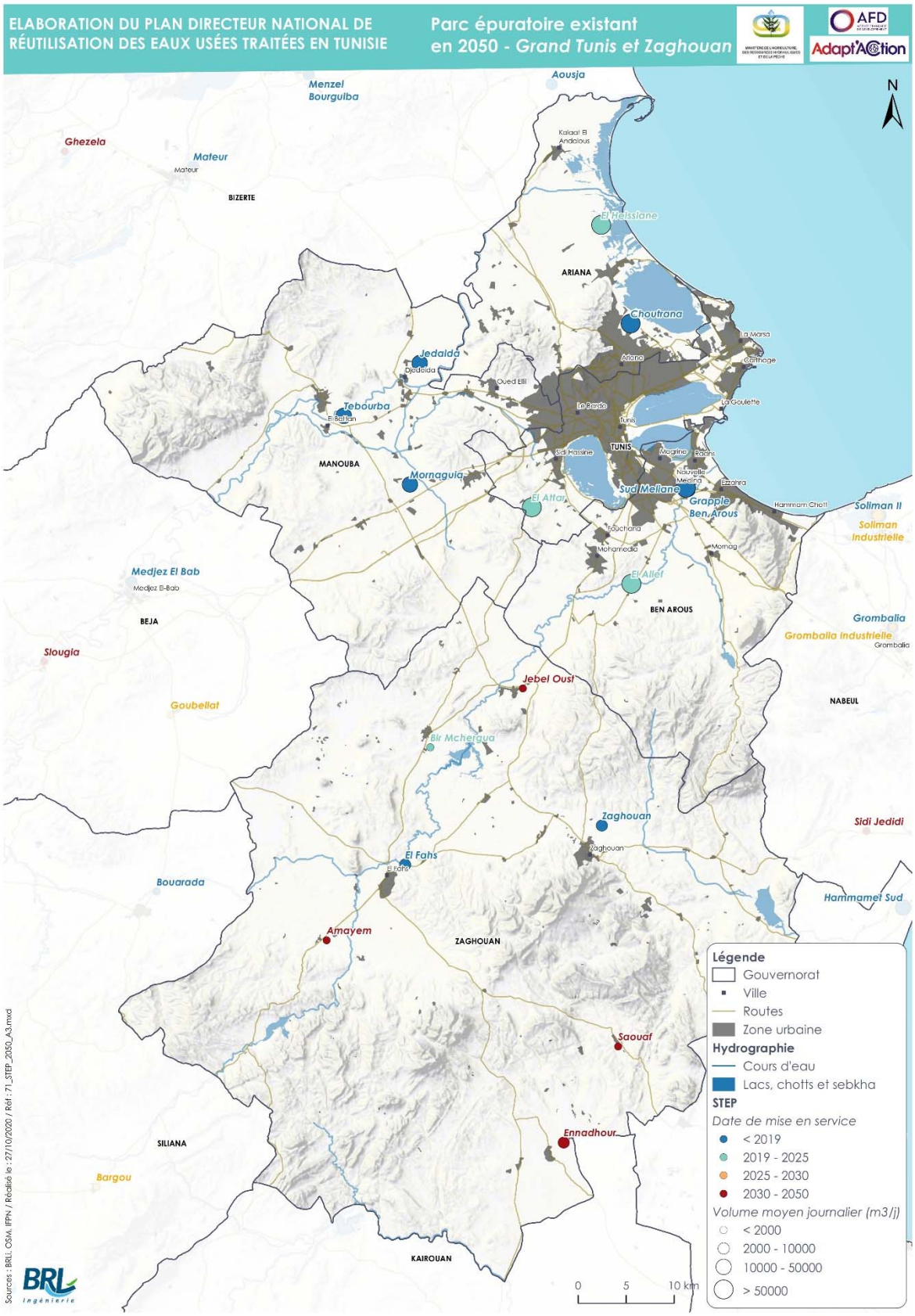
Concernant le **gouvernorat de Zaghouan**, le parc épuratoire est très peu développé avec seulement 2 STEP actuellement : Zaghouan et El Fahs. D'autres STEP modestes seront créées comme celle de Bir Mchergua mais les volumes produits par ce gouvernorat resteront très faibles au vu de la population.

Le tableau suivant indique les flux d'EUT calculés aux différents horizons temporels, ainsi que l'évolution potentielle des traitements tertiaires. **Le flux actuel total d'EUT est de l'ordre de 118 Mm^3/an. Il pourrait atteindre 244 Mm^3/an en 2050.**Les cartes associées présentent les STEP existantes et programmées dans la zone concernée.

Tableau 78 : Liste des STEP existantes et futures au Grand Tunis et Zaghouan et flux d'EUT aux différents horizons temporels

					Traitement III						Flux total (Mm3/an)					
Région	**Gouvernorat**	**STEP**	**Année de mise en service**	**Année de fin de fonct.**	**2018**	**2020**	**2025**	**2030**	**2040**	**2050**	**2018**	**2020**	**2025**	**2030**	**2040**	**2050**
Grand Tunis	Ariana	Kalaat El Andalous	1994	2025							0,5	1,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Grand Tunis	Ben Arous	Sud Meliane	1982					?	?	?	19,4	31,9	37,8	34,2	41,4	47,8
Grand Tunis	Ben Arous	Mornag	2004	2025	x	x					0,8	1,5	0,0	0,0	0,0	0,0
Grand Tunis	Ben Arous	Grappée Ben Arous	2001								0,5	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9
Grand Tunis	Manouba	Mornaguia	2015		x	x	x	x	x	x	1,9	1,6	1,8	2,4	3,5	4,2
Grand Tunis	Manouba	Jedaida	2003								1,0	2,9	4,0	4,7	6,4	7,6
Grand Tunis	Manouba	Tebourba	2004								0,7	3,0	3,7	4,4	5,6	6,6
Grand Tunis	Tunis	Choutrana	1986					?	?	?	49,2	41,5	51,1	58,2	67,1	75,6
Grand Tunis	Tunis	Charguia	1958	2030							11,0	6,3	15,9	0,0	0,0	0,0
Grand Tunis	Tunis	Cotiere Nord	1981	2025							8,6	9,6	0,0	0,0	0,0	0,0
Grand Tunis	Tunis	El Attar	2016				x	x	x	x	18,9	16,0	16,3	28,7	43,9	51,3
Grand Tunis	Zaghouan	Zaghouan	2005								0,8	0,7	0,9	1,0	1,2	1,4
Grand Tunis	Zaghouan	El Fahs	2006		x	x	x	x	x	x	0,4	0,6	0,7	1,0	1,1	1,2
Grand Tunis	Zaghouan	Bir Mchergua	2025				?	?	?	?	-	-	0,2	0,3	0,3	0,4
Grand Tunis	Ben Arous	El Allef	2025				x	x	x	x	-	-	2,1	12,3	16,4	19,3
Grand Tunis	Ariana	El Heissiane	2025				x	x	x	x	-	-	7,5	17,0	22,1	26,4
Grand Tunis	Zaghouan	Jebel Oust	2040						?	?	0,0	0,0	0,0	0,0	0,2	0,4
Grand Tunis	Zaghouan	Ennadhour	2040						?	?	0,0	0,0	0,0	0,0	0,5	0,6
Grand Tunis	Zaghouan	Saouaf	2040						?	?	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Grand Tunis	Zaghouan	Amayem	2040						?	?	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
										TOTAL FLUX	**114**	**118**	**143**	**165**	**211**	**244**
									dont traitement III		3,1	3,8	28,4	61,3	86,9	102,5
									Part traitement III		3%	3%	20%	37%	41%	42%


ELABORATION DU PLAN DIRECTEUR NATIONAL DE RÉUTILISATION DES EAUX USÉES TRAITÉES EN TUNISIE
Parc épuratoire existant en 2020 - Grand Tunis et Zaghouan
AFD
Adapt'Action
N
Aousja
Menzel Bourguiba
Kalaat El Andalous
Mateur
BIZERTE
ARIANA
Choutrana
Goliere Nord
La Marsa
Carthage
Ariana
Chargula
Jedaida
Djedeida
Oued Ellil
Tebourba
El Battan
La Goulette
Le Bardo
Tunis
TUNIS
Sidi Hassine
Megrine
Radès
MANOUBA
Mornaguia
El Attar
Nouvelle Medina
Ezzahra
Sud Meliane
Grapple Ben Arous
Hammam Chott
Soliman II
Mornag
Mohamedia
Fouchana
Medjez El Bab
Medjez El-Bab
BEJA
BEN AROUS
Gromballia
NABEUL
Zaghouan
El Fahs
Bouarada
ZAGHOUAN
SILIANA
KAIROUAN
Légende
Gouvernorat
Ville
Routes principales
Zone urbaine
Hydrographie
Cours d'eau principaux
Lacs, chotts et sebkha
STEP
Traitement tertiaire
Oui
Non
Volume moyen journalier (m3/j)
< 2000
20000 - 10000
10000 - 50000
> 50000
< 2000
20000 - 10000
10000 - 50000
> 50000
0
5
10 km
BRL ingénierie
Sources : BRLi, OSM, IFPN / Réalisé le : 27/10/2020 / Réf : 70_STEP_2018_A3.mxd


ELABORATION DU PLAN DIRECTEUR NATIONAL DE RÉUTILISATION DES EAUX USÉES TRAITÉES EN TUNISIE
Parc épuratoire existant en 2050 - Grand Tunis et Zaghouan
AFD
Adapt'Action
N
Menzel Bourguiba
Aousja
Ghezela
Mateur
BIZERTE
Kalaat El Andalous
El Heissiane
ARIANA
Choutrana
La Marsa
Carthage
Ariana
Jedaida
Djedaida
Oued Elil
Tebourba
El Battan
La Bardo
La Goulette
Tunis
TUNIS
Sidi Hassine
Mogrine
Raans
MANOUBA
Mornaguia
Nouvelle Medina
Ezzahra
Sud Meliane
Grapple Ben Arous
Hammam Chott
Soliman II
Soliman Industrielle
El Attar
Fouchana
Mohamedia
Mornag
Medjez El Bab
Medjez El-Bab
El Allef
BEJA
BEN AROUS
Grombalia
Grombalia Industrielle
Grombalia
Slougia
Jebel Oust
Goubellat
NABEUL
Bir Mchergua
Zaghouan
Sidi Jedidi
El Fahs
Bouarada
Hammamet Sud
Amayem
ZAGHOUAN
Légende
Gouvernorat
Ville
Routes
Zone urbaine
Hydrographie
Cours d'eau
Lacs, chotts et sebkha
STEP
Date de mise en service
< 2019
2019 - 2025
2025 - 2030
2030 - 2050
Volume moyen journalier (m3/j)
< 2000
2000 - 10000
10000 - 50000
> 50000
Saouaf
Ennadhour
SILIANA
Bargou
KAIROUAN
0 5 10 km
Sources : BRLi, OSM, IFPN / Réalisé le : 27/10/2020 / Réf : 71_STEP_2050_A3.mxd
BRL Ingénierie

Il faut cependant noter qu'en l'état actuel, **près de 1/4 du flux d'EUT produit dans la zone Grand Tunis - Zaghouan présente des salinités supérieures à 3 g/L**, peu compatibles avec l'irrigation (agricole ou espaces verts). Cela concerne surtout la STEP Côtière Nord, avec un procédé de traitement de type lagunage. Cette STEP sera cependant mise en arrêt avant 2025 au profit de la STEP de Choutrana. Les 2 unités de la STEP Sud Méliane présentent aussi une salinité élevée, probablement causée par des intrusions d'eaux salines dans le réseau et aux effluents industriels reçus par la STEP.

Tableau 79 : Salinité des eaux en sortie des STEP de la zone Grand Tunis - Zaghouan pour l'année 2017 (ONAS, 2017)

STEP	Volume d'EUT produit (m3/an)	Taux de salinité en sortie de STEP (g/L)	Part du flux d'EUT en fonction des classes de salinité	Part du flux d'EUT en fonction du seuil de salinité 3 g/L
Mornaguia	1 558 000	0,9	2%	77%
Tebourba	823 000	1,0		
Jedaida	934 000	1,2	18%	
Zaghouan	936 000	1,2		
Attar	21 208 000	1,3		
Charguia	12 849 000	2,1	56%	
Choutrana 2	14 922 000	2,3		
Mornag	825 000	2,4		
Choutrana 1	41 789 000	2,6		
Sud Meliane 2	12 202 000	3,3	10%	23%
Cotiere Nord	7 622 000	4,4	13%	
Sud Meliane 1	8 971 000	5,3		
Kalaa El Andalous	617 000	-	0%	0%

FLUX INDUSTRIELS NON RACCORDES

Le CADRIN de l'ONAS inventorie 190 industries non raccordées au réseau d'assainissement collectif. Parmi ces industries, la majorité sont des industries agro-alimentaires (32 %, surtout conserveries de tomates, laiteries, huileries, abattoirs). Seulement 20 d'entre elles réalisent des prétraitements. Les milieux de rejets des effluents sont majoritairement des oueds (Oued Meliane, Oued Medjerdah et affluents…). D'autre possèdent des infrastructures d'assainissement individuelles (puits perdus, bassins de réserve). Le tableau ci-dessous est un extrait du CADRIN de l'ONAS concernant la région Grand Tunis et de Zaghouan. Il indique les principales industries où le volume rejeté a été pu être estimé

Tableau 80 : Industries non raccordées au réseau d'assainissement collectif où le volume de rejet est évalué (ONAS, 2019)

Secteur d'activité	Prétraitement réalisé	Milieu de rejet	Volume rejeté (m^3/an)
Transformation et conservation de tomates	Non	Oued	210 000
Transformation et conservation de tomates	Oui	Oued	90 000
Apprêt et tannage des cuirs	Oui	Oued	60 000
Fabrication de produits pharmaceutiques	Oui	Oued Meliane	45 000
Fabrication de carreaux en céramique	Non	Oued	25 000
Travail de la pierre	Oui	Oued	20 000
Fabrication d'autres huiles et graisses raffinées	Non	Oued	10 000
Production de vin	Non	Bassin de réserve	9 000
Transformation et conservation de tomates	Oui	Oued	8 000
Transformation et conservation d'autres légumes, sauf tomates	Non	Oued	6 000

Secteur d'activité	Prétraitement réalisé	Milieu de rejet	Volume rejeté (m^3/an)
Fabrication de carreaux en ciment	Oui	Oued	5 000
Préparation de produits à base de viandes de boucherie et de volailles	Non	Bassin de réserve	4 000
Production de viandes de volailles et de lapins	Non	Oued Meliane	4 000
Fabrication d'huiles d'olives	Non	Bassin de réserve	3 000
Métallurgie du cuivre	Non	Oued	3 000
Commerce d'équipements automobiles	Non	Oued	3 000
Construction de bâtiments	Non	Puit perdu	3 000
Construction de chaussées routières et de sols sportifs	Non	Puit perdu	3 000
Production et distribution d'électricité	Non	Oued	2 000
Transformation et conservation de fruits	Non	Oued	2 000
Culture et élevage associés	Non	Puit perdu	2 000
Fabrication d'autres articles en caoutchouc	Non	Milieu Naturel	2 000
Biscotterie, biscuiterie, pâtisserie de conservation	Oui	Puit perdu	2 000
Travail de la pierre	Oui	Oued	2 000
Transformation et conservation de fruits	Oui	Bassin de réserve	2 000
Fabrication de savons, détergents et produits d'entretien	Non	Oued	1 000

12.1.2 Une offre en EUT qui permettrait de réduire la dépendance de la région aux transferts des Eaux du Nord

CLIMAT

La zone du Grand Tunis - Zaghouan est caractérisée par une pluviométrie supérieure à la moyenne nationale. Elle est située dans la partie Nord du pays et subit l'influence maritime du littoral. Elle dispose d'un **climat subhumide** (DGRE, 2019). En moyenne sur la période 1980-2009, **le cumul annuel de précipitation est de 460 mm/an** (±50 mm/an) (CHPclim, 2020).

D'après les projections climatiques du CMIP4 et du CMIP5, la zone du Grand Tunis et Zaghouan subirait **une diminution des précipitations comprise entre -10% et -20% à l'horizon 2050** (BPEH, 2019). Comme toutes les autres zones du pays, la zone subira un réchauffement déjà en cours qui induira en particulier une évapotranspiration plus importante et conséquemment une hausse de la sécheresse pédologique, une réduction de la recharge des nappes et des besoins en eau plus élevées pour les cultures. L'élévation de température pourrait aller jusqu'à +2°C (avec une marge d'incertitude importante) à l'horizon 2050 dans le cadre du scénario d'émission le plus pessimiste, à savoir le RCP 8.5.

EAUX DE SURFACE

Hydrologie

Située dans la zone Nord-Est de la Tunisie, la zone du Grand Tunis et Zaghouan est principalement située dans le **bassin versant de l'oued Meliane** ainsi qu'une portion de la **basse vallée de la Medjerdah**. Cette zone couvre une superficie totale de 5400 km^2. D'après les analyses et les modélisations hydrologiques de la troisième phase de l'étude CRET, **les écoulements sur la zone du Grand Tunis représentent de 10 à 40 mm/an**. Le **gouvernorat de Zaghouan dispose d'écoulements plus importants compris entre 40 et 80 mm/an** du fait du relief de la dorsale tunisienne.

Les projections climatiques indiquent que les écoulements superficiels dans la zone du Grand Tunis et Zaghouan pourraient diminuer de **-10% à -15% à l'horizon 2050** (BPEH, 2019) dans le scénario le plus pessimiste (RCP 8.5). La **basse vallée de la Medjerdah** (Gouvernorats de la Manouba et de l'Ariana) serait soumise à une diminution moins importante des écoulements, plutôt de l'ordre de **-5% à -10% à l'horizon 2050.**

NB : Ces résultats sont à prendre avec précaution car ils ne s'appuient pas sur des études d'incertitudes exhaustives. En effet seuls deux modèles de changement climatiques ont été utilisés pour la modélisation. De plus, les études utilisées pour ces estimations englobent des bassins versants et non des gouvernorats.

Ouvrages de stockage

La zone du Grand Tunis et Zaghouan compte **183 barrages collinaires** pour une capacité totale de stockage de **16 Mm³**. En ce qui concerne les **grands barrages**, la zone du Grand Tunis et Zaghouan est équipée de **six ouvrages** totalisant une capacité de stockage de plus de **93 Mm³**. Le barrage le plus important est celui de Bir Mcherga situé dans le Gouvernorat de Zaghouan sur l'Oued Meliane. Ce dernier disposait initialement d'une capacité de stockage de 53 Mm^3, mais l'envasement de la retenue a réduit cette capacité à 41,6 Mm^3. Les barrages de Mornaguia et Ghedir El Goulla jouent un rôle majeur dans l'alimentation en eau potable du Grand Tunis. Par ailleurs**, deux autres barrages sont projetés** : le barrage de Chafrou (7 Mm^3) qui est au stade d'étude et celui de Saida (4 Mm^3) qui est au stade de projet.

Transfert

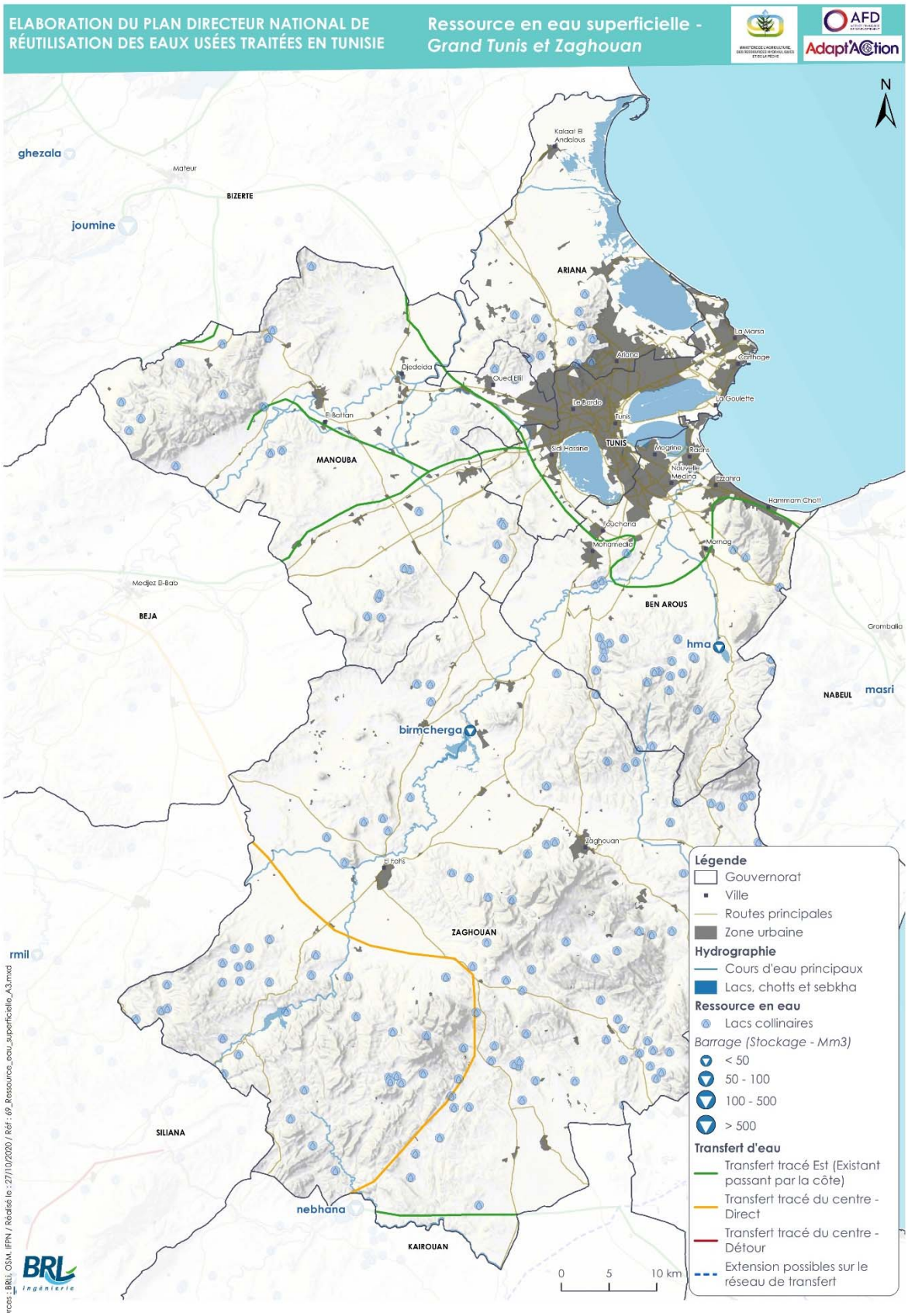
La région du Grand Tunis et Zaghouan est déficitaire, c'est-à-dire que ses besoins en eau sont plus importants que les ressources en eau disponibles naturellement sur son territoire. La région bénéficie d'apports supplémentaires en eau de surface via les **grands axes de transfert hydrique depuis la vallée de la Medjerdah et des eaux du Nord-Ouest.**

L'alimentation en eau potable et l'irrigation de la zone du Grand Tunis et Zaghouan sont fortement dépendantes de ces ressources de transfert. Ainsi, sur la base des données de la SONEDE et du Ministère de l'Agriculture (BPEH, 2019), on estime qu'actuellement **un volume total de 225 Mm^3/an est transféré** par des conduites et des canaux pour alimenter la zone du Grand Tunis et Zaghouan.

De façon globale, **les ressources en eau à l'origine des transferts** de l'extrême Nord et des transferts de la Medjerdah auront **tendance à diminuer à l'horizon 2050** avec les effets du changement climatique, de l'ordre de **-5%** (scénario RCP4.5) à **-10%** (scénario RCP8.5).

Vue d'ensemble des ressources de surface

La carte ci-dessous reprend les grands transferts d'eau existants pour la région du Grand Tunis et Zaghouan ainsi que la localisation des barrages et des lacs collinaires.


ELABORATION DU PLAN DIRECTEUR NATIONAL DE RÉUTILISATION DES EAUX USÉES TRAITÉES EN TUNISIE
Ressource en eau superficielle - Grand Tunis et Zaghouan
AFD
Adapt'Action
N
ghezala
Mateur
BIZERTE
joumine
Kalaat El Andalous
ARIANA
La Marsa
Ariana
Carthage
Djedeida
Oued Ellil
La Goulette
Le Bardo
Tunis
El Battan
TUNIS
Sidi Hassine
Megrine
Radès
MANOUBA
Nouvelle Medina
Ezzahra
Hammam Chott
Touchana
Mohamedia
Mornag
Medjez El-Bab
BEJA
BEN AROUS
Grombalia
hma
NABEUL
masri
birmcherga
Zaghouan
El Fahs
ZAGHOUAN
rmil
SILIANA
nebhana
KAIROUAN
0
5
10 km
Légende
Gouvernorat
Ville
Routes principales
Zone urbaine
Hydrographie
Cours d'eau principaux
Lacs, chotts et sebkha
Ressource en eau
Lacs collinaires
Barrage (Stockage - Mm3)
< 50
50 - 100
100 - 500
> 500
Transfert d'eau
Transfert tracé Est (Existant passant par la côte)
Transfert tracé du centre - Direct
Transfert tracé du centre - Détour
Extension possibles sur le réseau de transfert
BRL ingénierie
rces : BRLi, OSM, IFPN / Réalisé le : 27/10/2020 / Réf : 69_Ressource_eau_superficielle_A3.mxd

EAUX SOUTERRAINES

Sur la zone du Grand Tunis et Zaghouan, on dénombre **12 nappes phréatiques**. Les principales nappes phréatiques en termes d'exploitation et de ressources sont liées aux cours d'eau de surface, à savoir les nappes de **la Basse vallée de la Medjerdah**, de **l'Oued Chafrou** et de **l'Oued Rmel**. De plus, on peut également citer la **nappe de Mornag** pour son taux d'exploitation très élevé. Le volume de ressources en eau pouvant être exploité de façon durable est de **57 Mm³/an**. Or, en 2015 le volume total exploité sur ces 12 nappes est de **42 Mm³**, il n'y a donc pas de surexploitation globale des ressources souterraines. Seule la **nappe de Mornag** fait face à un **taux élevé de surexploitation (194% en 2015).**

Par ailleurs, en termes de **qualité des eaux souterraines**, l'ensemble des nappes connait des épisodes de **forte salinité au-dessus de 5 g/L**. C'est d'ailleurs la forte salinité de la nappe de Manouba-Sejoumi qui explique son faible taux d'exploitation (DGRE, 2016).

Le **bilan ressources/prélèvements des nappes profondes est équilibré** à l'échelle de la région (88 Mm³ de ressources contre 87 Mm3 prélevés) mais certaines nappes sont surexploitées dans les gouvernorats de Ben Arous et Zaghouan.

EXPLOITATION DES EAUX DE SURFACE

Dans la situation actuelle **les prélèvements en eau tous usages confondus** dans la zone du Grand Tunis et Zaghouan représentent un volume total de **près de 400 Mm³/an**.

Les prélèvements pour l'alimentation en eau potable s'élève à 208 Mm³/an en 2018 (SONEDE, 2018). Ces prélèvements permettent l'alimentation en eau potable de près **3,14 millions d'habitants** en 2020. A **l'horizon 2050**, la population de la zone est projetée à **3,7 millions d'habitants**. Si la consommation unitaire devait rester identique, la consommation en eau potable représenterait alors environ **245 Mm³/an**. Actuellement, les besoins en eau potable du Grand Tunis sont en quasi-totalité satisfaits par les eaux de transfert de l'extrême Nord et de la Mejderdah (**190 Mm³/an**). L'alimentation en potable du gouvernorat de Zaghouan s'appuie sur des forages d'eau souterraine situés dans le gouvernorat en question.

Dans la zone du Grand Tunis et Zaghouan, 47% (±10%) des prélèvements en eau sont destinés à **l'irrigation des cultures**, soit environ **186 millions de m³**. Près de **75%** de l'eau d'irrigation du Grand Tunis et Zaghouan sont issus des **eaux souterraines**. Le reste de l'irrigation est alimentée à partir de **grands barrages**, des **barrages collinaires** ainsi que des **EUT**. La basse vallée de la Medjerdah est alimentée par le Grand Canal Laroussia ainsi que par des pompages directs dans la basse Medjerdah.

Concernant l'usage pour la **recharge des nappes** du Grand Tunis et Zaghouan, celui-ci est majoritairement alimenté par les **eaux de transfert du Nord**. Le **volume annuel de recharge en 2015** est d'environ **2,1 Mm³**.

VUE D'ENSEMBLE DES RESSOURCES EN EAU DU GRAND TUNIS ET DE ZAGHOUAN ET DE LEURS USAGES ACTUELS

Le tableau ci-dessous établit à grands traits le bilan hydrique actuel de la zone Grand Tunis - Zaghouan en synthétisant les apports annuels renouvelables et les prélèvements. Il ajoute aussi à ce bilan la réduction potentielle du déficit actuel si 100 % des EUT étaient réutilisées. L'exercice est effectué pour les horizons 2020 et 2050.

Grand Tunis - Zaghouan ***Situation actuelle***	Apports annuels renouvelables (Mm3)	Prélèvements effectifs (Mm3)	Usages (Mm3)				*Déficit* ***sans REUT*** *(Mm3)*	REUT		
			AEP	IRR	Recharge	Autre / Indéfini		REUT - Dispo Pot 2020	REUT - Dispo Pot 2050	
Ecoulement	*190*									
dont stock. barrages coll.	**16**	**1,9**		1	0,7		***0***			
dont stock. grds barrages	**56**	**9,2**		9,2			***0***			
Transfert CMCB & stockages	**225**	**225**	190	34	1,4		***0***			
Nappes phréatiques et profondes (total)	**152**	**157**	18	139			***5***			Part REUT / Déficit
Bilan Ress. Ren. - Usages 2020	**449**	**393**	208	183	2	0	***5***	118		***2360%***
Bilan Ress. Ren. - Usages 2050	**449**	**532**	347	183	2	0	***83***		244	***295%***
				Part EUT / Usages				**30%**	**46%**	

La production actuelle d'EUT (**118 Mm³**) est bien supérieure au déficit hydrique actuel de la zone qui s'élève à **5 Mm³.** A l'horizon 2050, l'augmentation des besoins en eau potable conduira à dégrader fortement le bilan de la zone **(il pourrait atteindre plus de 80 Mm³**). **La REUT permettrait, potentiellement, de combler 100 % du déficit.** De plus, la REUT permettrait de réduire l'apport de ressources en eau provenant des transferts du Nord.

Les 2 tableaux ci-dessous reprennent le bilan en situation actuelle en y **intégrant des projections climatiques selon 2 scénarios de changement climatique différents** : le scénario 4.5 qui induirait une réduction modérée des ressources en eau et le scénario 8.5 qui induirait une plus forte réduction de ces ressources.

Projections climatiques – RCP 4.5 2050

Grand Tunis - Zaghouan ***CC - RCP 4.5 2050***	Apports annuels renouvelables (Mm3)	**Prélèvements effectifs (Mm3)**	Usages (Mm3)				*Déficit* ***sans REUT*** *(Mm3)*	REUT		*Déficits* ***avec REUT*** *(Mm3)*	
			AEP	IRR	Recharge	Autre / Indéfini		REUT - Dispo Pot 2020	REUT - Dispo Pot 2050		
Ecoulement (-10%)											
dont stock. barrages coll.	**14**	**2,0**	0	1	0,7	0	***0***				
dont stock. grds barrages	**50**	**9,66**	0	9,7	0	0	***0***				
Transfert CMCB (-5%)	**214**	**227**	190	35	1,4	0	***13***				
Nappes phréatiques et profondes (total) (-10%)	**137**	**164**	18	146	0	0	***27***				Part REUT / Déficit
Bilan Ress. Ren. - Usages 2050	**415**	**541**	347	192	2	0	***125***	118	244	***0***	***195%***
				Part EUT / Usages				**22%**	**45%**		

Dans le scénario 4.5, à l'horizon 2050, les apports annuels renouvelables du Grand Tunis et de Zaghouan tendent à baisser **(-10% pour les ressources locales et -5% pour les eaux transférées du Nord**). Les besoins pour l'irrigation (à surfaces constantes) tendent à augmenter **(+5%)** – du fait de la hausse de l'évapotranspiration. La combinaison de ces tendances dégrade fortement **le déficit hydrique de la zone (-125 Mm³), déficit qui pourrait toutefois être, potentiellement, comblé à 100 % par la REUT..**

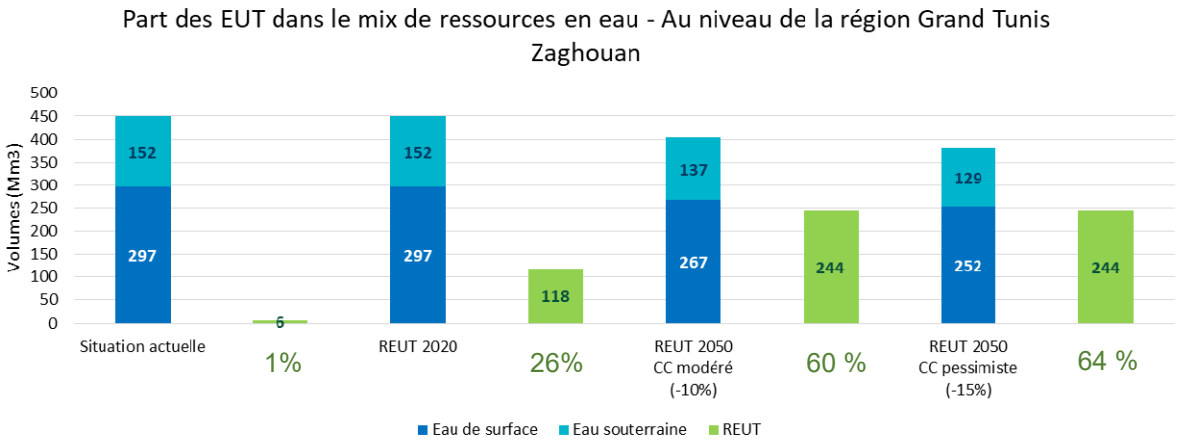
Projections climatiques – RCP 8.5 2050

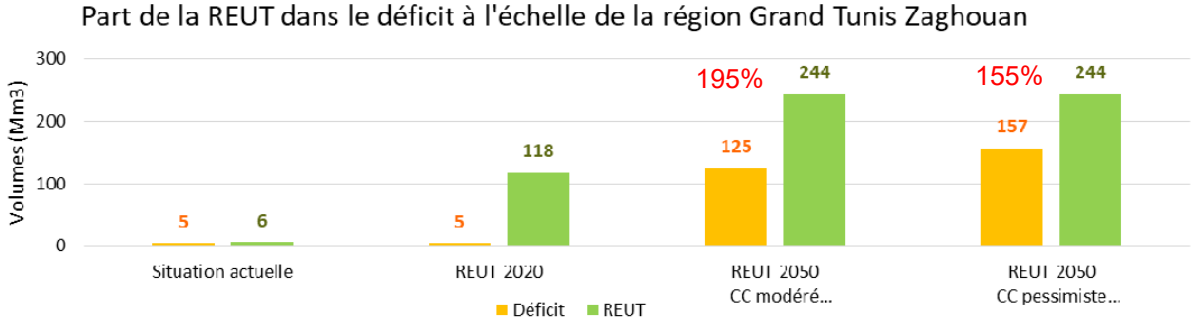
Grand Tunis - Zaghouan ***CC - RCP 8.5 2050***	Apports annuels renouvelables (Mm3)	**Prélèvements effectifs (Mm3)**	Usages (Mm3)				*Déficit* ***sans REUT*** *(Mm3)*	REUT		*Déficits* ***avec REUT*** *(Mm3)*	
			AEP	IRR (+10%)	Recharge	Autre / Indéfini (+10%)		REUT - Dispo Pot 2020	REUT - Dispo Pot 2050		
Ecoulement (-20%)	*250*										
dont stock. barrages coll.	**14**	**2,0**	0	1	0,7	0	***0***				
dont stock. grds barrages	**48**	**10,12**	0	10	0	0	***0***				
Transfert CMCB (-10%)	**203**	**228**	190	37	1,4	0	***26***				
Nappes phréatiques et profondes (total) (-20%)	**129**	**171**	18	153	0	0	***41***				Part REUT / Déficit
Bilan Ress. Ren. - Usages 2050	**393**	**550**	347	201	2	0	***157***	118	244	***0***	***155%***
				Part EUT / Usages				**21%**	**44%**		

Dans le scénario 8.5, à l'horizon 2050, les tendances s'amplifient, à la baisse **(-20% pour les ressources locales et -10% pour les eaux du Nord**) comme à la hausse (**+10% pour les besoins pour l'irrigation**, à surfaces constantes). La combinaison de ces tendances dégrade fortement le déficit de la zone **(-157 Mm³**), **mais qui peut toujours être potentiellement comblé à 100 % par la REUT.**

Les 2 graphiques ci-dessous résument à l'échelle du Grand Tunis et de Zaghouan **la part potentielle des EUT dans le bilan global des ressources en eau de la région et dans le déficit** selon différentes situation : la situation actuelle (2,3 Mm³ réutilisés), la situation si 100 % des EUT produites aujourd'hui étaient réutilisées et la situation en 2050 selon les 2 scenarios de projections climatiques évoqués ci-avant.

Figure 73 : Part des EUT dans le mix de ressources en eau (haut) et das le déficit (bas) à l'échelle du Grand Tunis et de Zaghouan





12.2 CONTEXTE SOCIO-ECONOMIQUE DE LA ZONE GRAND TUNIS-ZAGHOUAN ET SES PERSPECTIVES D'EVOLUTION D'ICI 2050 EN LIEN AVEC LA REUT. QUELLE ACCEPTABILITE SOCIALE POUR LA REUT AUPRES DES USAGERS POTENTIELS ?

12.2.1 Des agriculteurs intéressés pour exploiter les EUT afin de préserver une agriculture périurbaine menacée

PLACE DU SECTEUR AGRICOLE AU GRAND TUNIS ET ZAGHOUAN

Le Grand Tunis est doté de **154 000 ha de terres labourables**. Elles sont concentrées dans les cuvettes de **Jedaida** et de **Tebourba**, la **plaine de la basse vallée de la Medjerda** et les **plaines de Mornag**. Ces terres agricoles ont une fonction économique importante, tant au niveau régional que national. Elles contribuent activement à l'approvisionnement du pays en produits frais et transformés. La **céréaliculture** est dominante avec près de **55 000 ha cultivés et 9 % de la production nationale**. L'assolement est cependant varié avec **l'arboriculture fruitières (34 % de la SAU** dont la moitié en plantations d'oliviers), **les fourrages (20%**) et les **cultures maraîchères (3%**). 2 types d'exploitations se distinguent : les **grandes exploitations** (plus de 10 ha) **hors zones urbaines** avec un système cultural **intensif**. Des **petites exploitations** (moins de 3 ha) à la **périphérie immédiate des villes** qui pratiquent les cultures maraichères et fruitières de manière **extensive**.

La superficie totale des **périmètres irrigués** de la région est de l'ordre de **64 000 ha**, soit près de **15 % de la superficie totale du pays** avec **32 100 ha irrigués en 2018**.

Désormais, l'extension du Grand Tunis pose le problème fondamental de **la concurrence entre les divers modes d'occupation du sol** entraînant une **réduction du territoire de production agricole** au profit de **l'extension urbaine**. Les tendances de cette extension perdurent avec un **déficit grandissant des espaces verts et ouverts, en particulier agricoles**.

Les 3 cartes ci-dessous sont issues de la carte agricole de la Tunisie. Elles présentent différentes familles de cultures : arboriculture – céréales et fourrages – maraîchage. Pour chacune d'elles, les périmètres irrigués sont indiqués par un zonage rouge. Elles permettent ainsi d'illustrer l'occupation des terres agricoles pour la zone du Grand Tunis et de Zaghouan et de croiser ces éléments avec la localisation des STEP existantes et projetées.

Figure 74 : Zone Tunis – Zaghouan : Carte agricole – Carte 1 : Vigne et arboriculture, périmètres irrigués (en rouge)

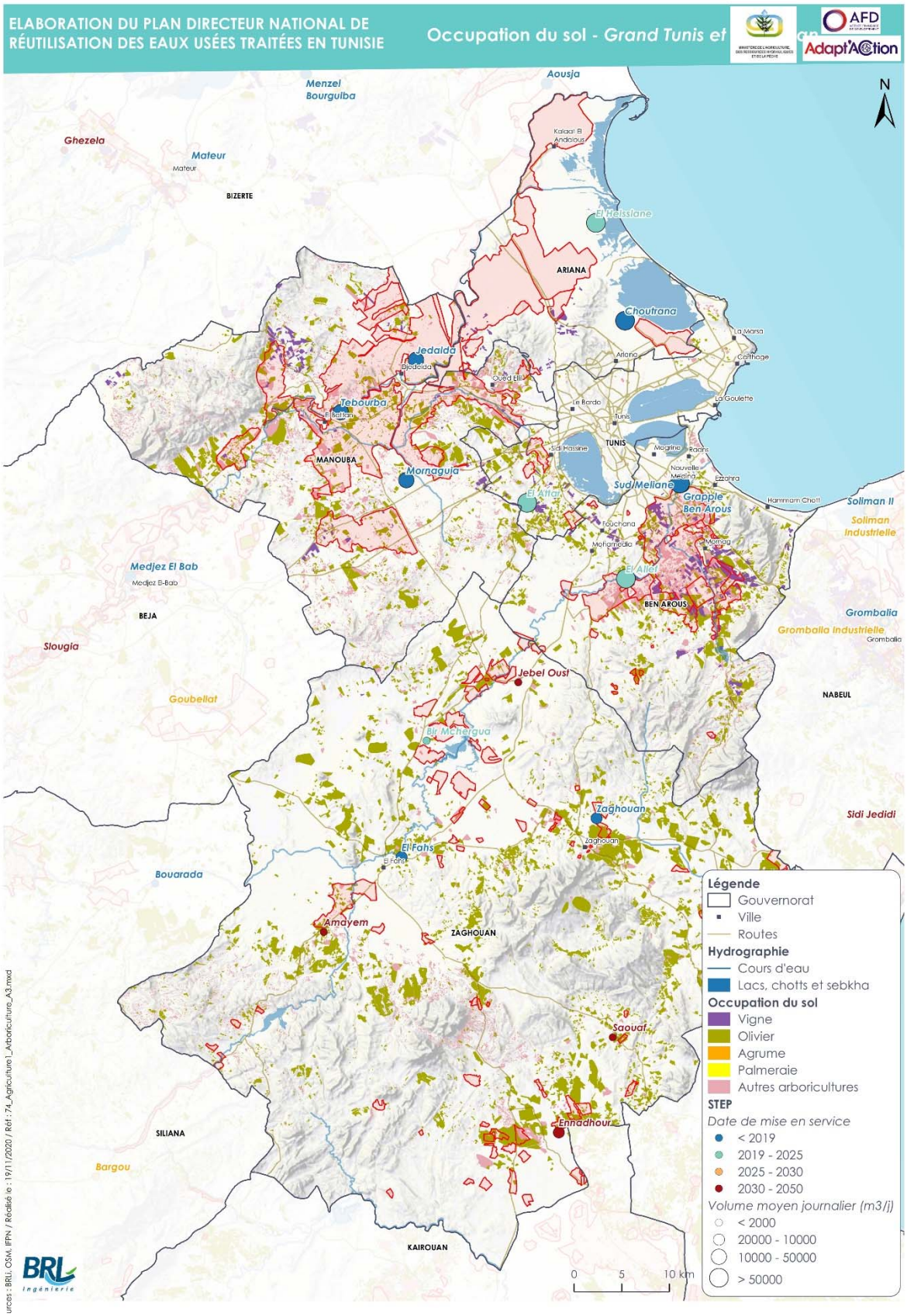


Figure 75 : Zone Grand Tunis et Zaghouan : Carte agricole – Carte 2 : céréales (en jaune) et fourrages (en violet), périmètres irrigués (en rouge)

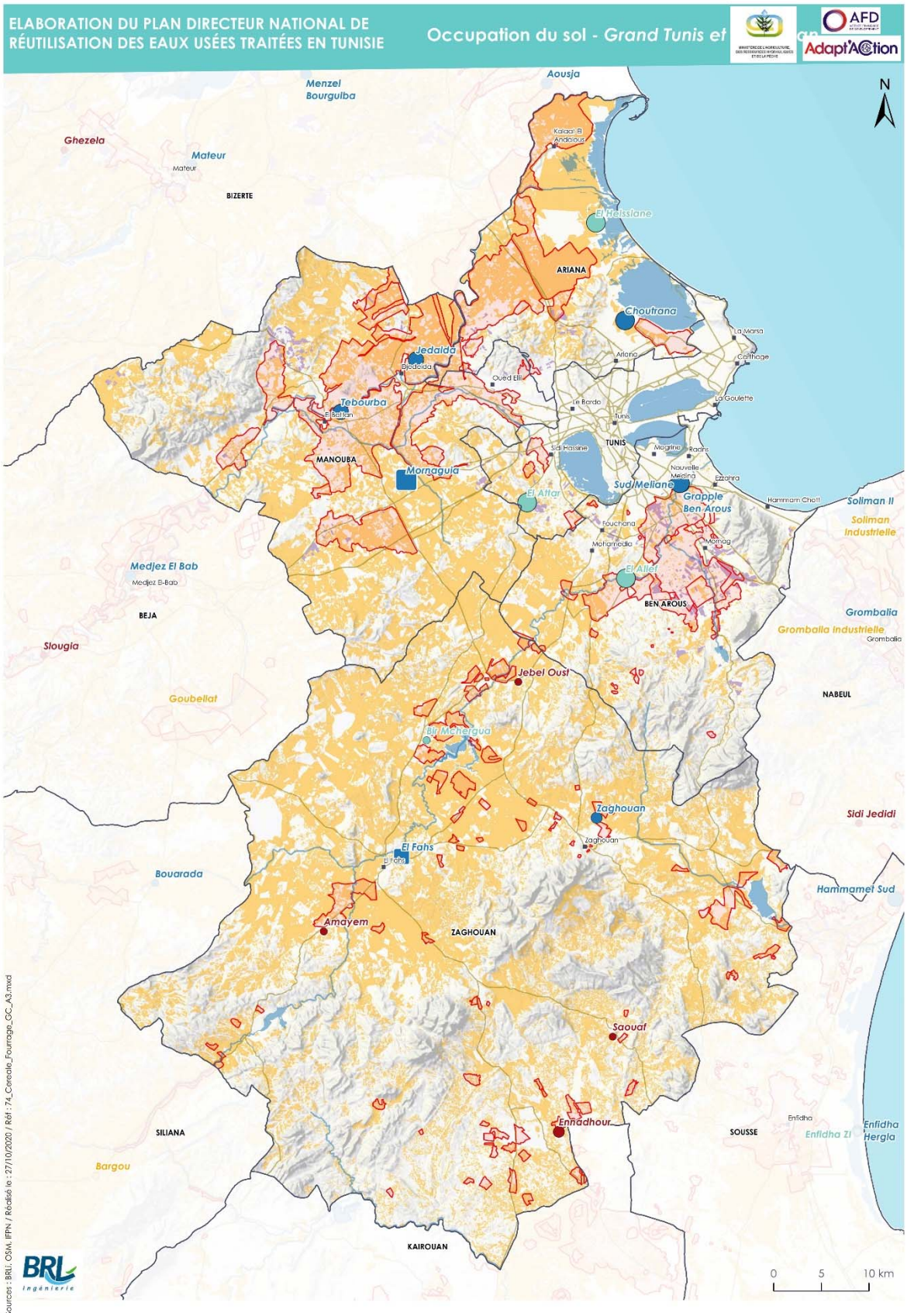
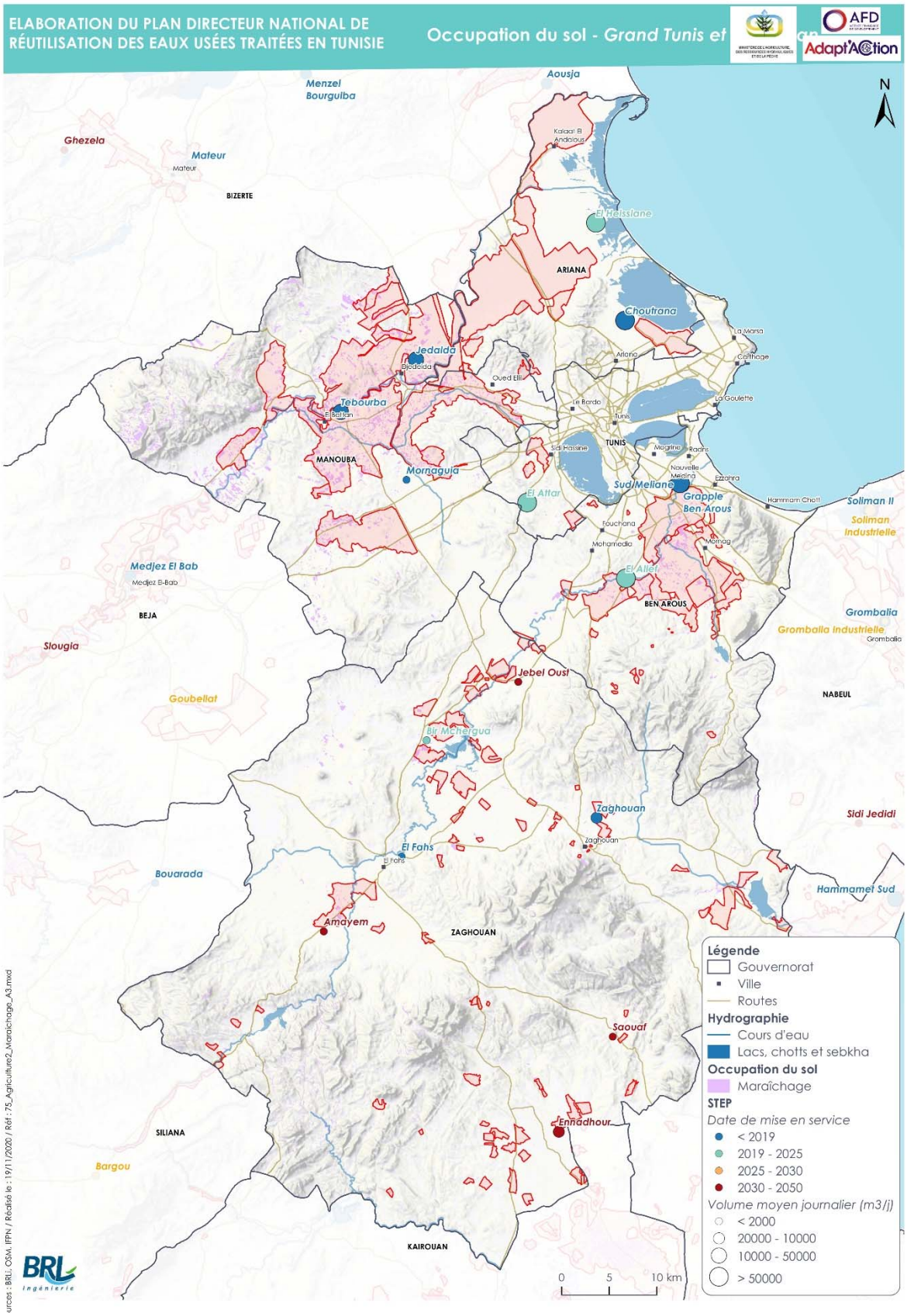


Figure 76 : Zone Grand Tunis et Zaghouan : Carte agricole – Carte 1 : Maraîchage et périmètres irrigués (en rouge)



PERSPECTIVES AGRICOLES ET PROJETS DE REUT

Plusieurs études effectuées par les CRDA ont porté sur la création de nouveaux périmètres irrigués avec des EUT dans la région. Cependant, la date de mise en œuvre de ces projets reste inconnue au vu des difficultés rencontrées pour coordonner les parties prenantes. Les projets concernés sont (CRDA de Manouba, 2017):

- Le nouveau **périmètre de Sidi Fradj sur 1 009 ha à Mohamedia** dans le Gouvernorat de Ben Arous. Il est projeté que le périmètre soit alimenté par la future **STEP de El Allef** pour irriguer principalement des fourrages et des céréales.
- Deux nouveaux périmètres dans le Gouvernorat de La Manouba alimentés par la **STEP El Attar**, dont un à **Mornaguia sur 3 200 ha** et un à **la Hafsia sur 100 ha** qui serait géré par une Société de Mise en Valeur et de Développement Agricole (SMVDA). L'objectif est aussi d'irriguer principalement des fourrages et des céréales pour développer les filières d'élevage.
- Pour le gouvernorat de Tunis, il y a un potentiel de **391 ha** pouvant être irrigués avec les EUT de la **STEP El Attar** dans la **délégation de Sidi Hassin**.

Concernant le PPI existant de **Borj Touil** dans le Gouvernorat de l'Ariana, une étude de cas a été effectuée dans l'étude préalable à ce plan national pour la REUT (DGGREE, 2017). **L'avancement de l'urbanisation** dans ce PPI ne permettrait pas d'irriguer les 3 200 ha initiaux. Une relance ambitieuse du PPI permettrait **d'irriguer au maximum 2 000 ha**. Le scénario d'une irrigation sur **1 000 ha** (superficies irriguées de 2007) serait cependant plus crédible, toujours d'après l'étude.

En termes **d'aménagement du territoire en zones périurbaines**, plusieurs études stratégiques permettent de dégager des grandes orientations concernant l'évolution souhaitée de l'occupation du sol pour la région. Le Schéma Directeur d'Aménagement de la région économique du Nord Est (DGAT, 2011) se donne comme objectif « *d'assurer une **meilleure maîtrise du développement urbain** et de **préserver la place qu'occupe l'agriculture en périphérie des villes*** ». Cet objectif comprend des actions de modernisation des périmètres irrigués existants sur les eaux du Nord dans la basse vallée de la Medjerdah ainsi que la préservation du patrimoine arboricole de la plaine de Mornag.

Pour les orientations agricoles, l'étude stratégique pour le développement du Gouvernorat de la Manouba à l'horizon 2030 (CGDR, 2018) insiste sur la **valorisation des filières d'élevage** avec la **création de périmètres irrigués fourragers**. A Zaghouan, la dynamisation du secteur agricole est aussi recherchée avec **l'occupation des terres domaniales** et le développement de nouvelles chaines de valeurs, dont **l'agriculture biologique** (CGDR, 2017).

MATURITE DE LA DEMANDE POUR LA REUT DANS LE SECTEUR AGRICOLE

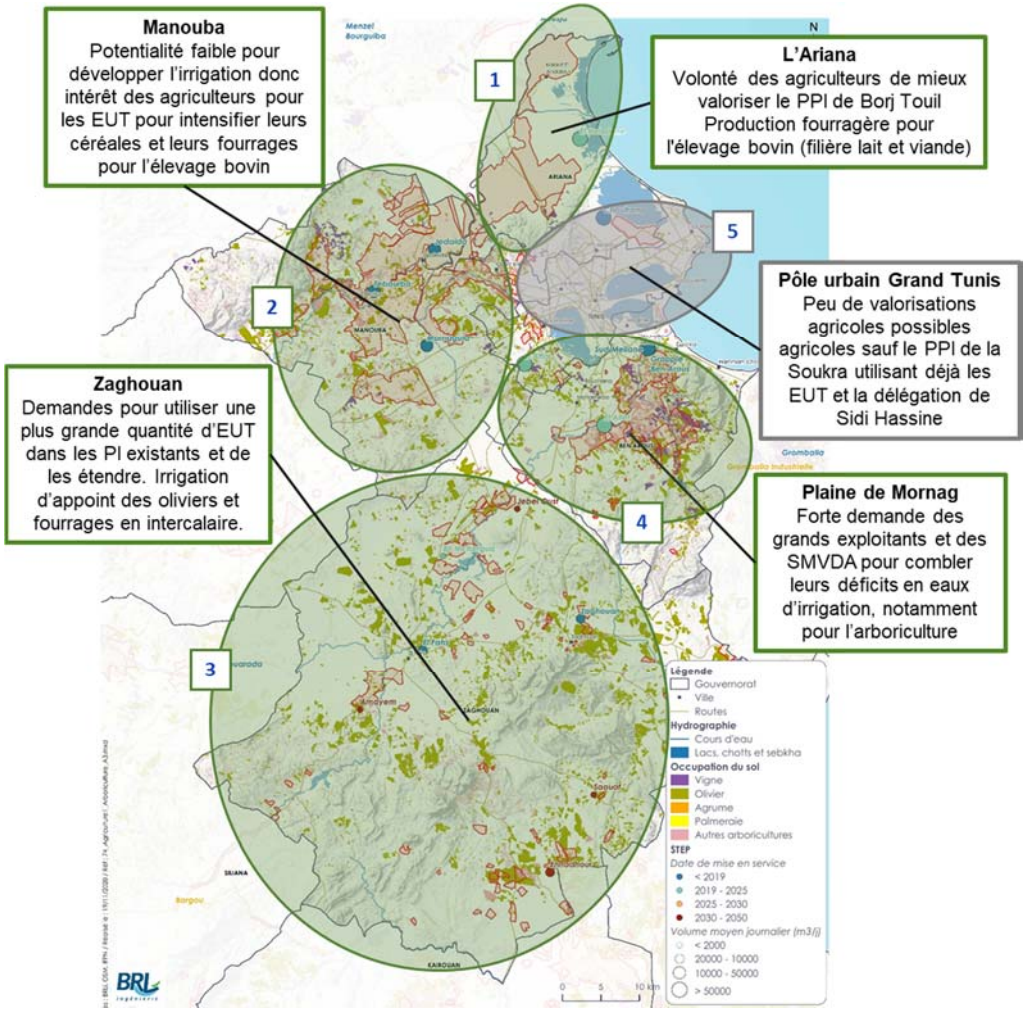
54 agriculteurs aux profils variés ont été interrogés dans la région du Grand Tunis et de Zaghouan. **La majorité des agriculteurs interrogés dans les régions de Mornaguia (Manouba), Mornag et Mohamedia (Ben Arous) et de Zaghouan sont favorables à exploiter des EUT**. La pluviométrie de ces dernières années et les impacts ressentis du changement climatique poussent les agriculteurs à chercher des ressources en eau alternatives, que ce soit pour des cultures pluviales ou déjà irriguées. **L'irrigation d'appoint** avec des EUT permettrait de réduire les difficultés rencontrées à irriguer les parcelles lors des années sèches. Peu de demandes ont concerné des cultures maraichères, mais il y a un **fort potentiel de valorisation pour l'arboriculture, les fourrages et les céréales**. Les enquêtes ont permis d'identifier différents profils d'usager potentiels des EUT en fonction des régions :

- Les agriculteurs du périmètre de **Borj Touil** sont **volontaires pour exploiter la totalité des EUT de la STEP de Choutrana** pour les **fourrages** afin d'alimenter leurs élevages bovins. Les conditions requises sont une garantie de la qualité et de la quantité des EUT fournies. La revalorisation de ce périmètre permettrait de **préserver la vocation agricole de ces terres fertiles périurbaines**.
- A proximité des **STEP du Gouvernorat de la Manouba et de la STEP El Attar**, **le niveau d'acceptabilité pour la REUT à court terme est élevé.** Les agriculteurs souhaitent développer la filière fourragère et intensifier leurs élevages.
- Des fortes demandes ont aussi été enregistrées au niveau du **Gouvernorat de Ben Arous**. La présence des **SMVDA** dans cette zone est un facteur important pour développer l'exploitation des EUT à grande échelle.

- Dans le **Gouvernorat de Zaghouan**, les b**énéficiaires actuels des EUT recherche encore plus d'EUT** pour étendre leurs superficies irriguées. Les **agriculteurs autour de ces PPI sont aussi prêts à intensifier leurs productions** en associant cultures fourragères et oliviers.

La carte ci-dessous synthétise les résultats des enquêtes en fonction des sous zones du Grand Tunis et Zaghouan. Ce découpage de la région en sous zones est explicité dans la partie 12.4.

Figure 77 : Niveaux d'acceptabilité des agriculteurs à exploiter les EUT en fonction des sous zones du Grand Tunis et Zaghouan



12.2.2 Un pôle industriel incontournable d'importance nationale

PLACE DU SECTEUR INDUSTRIEL DANS LA ZONE GRAND TUNIS - ZAGHOUAN

Le Grand Tunis est un **pôle industriel dynamique et diversifié**. Les activités majoritaires sont les industries textiles (21 % des entreprises), les industries agroalimentaires (16 %) et les industries mécaniques et métallurgiques (15 %) (CGDR, 2018). Le Gouvernorat de Ben Arous notamment, avec ses 22 zones industrielles, contribue fortement à production industrielle du pays. Il regroupe 31 % des industries de la région. Il est doté d'importantes infrastructures comme le Port commercial de Rades, une zone pétrolière et le générateur électrique de Rades. Le Gouvernorat de Zaghouan constitue un territoire de prolongement fonctionnel économique pour le Grand Tunis. Il attire de plus en plus les investisseurs des industries mécaniques et électriques.

Les **52 zones industrielles** réparties sur la région ont globalement recours à l'eau potable de la SONEDE pour leur fonctionnement. Certaines industries ont accès à d'autres ressources (puits, forages), notamment dans le Gouvernorat de l'Ariana. Au niveau de l'eau potable, **la consommation pour l'usage industriel est la plus conséquente à Ben Arous avec 3,3 Mm^3 consommé en 2018**. Cela représente 12 % de la consommation totale en eau potable du Gouvernorat. La consommation industrielle pour les autres Gouvernorats du Grand Tunis est de **2,5 Mm^3 pour Tunis, 1,2 Mm^3 pour la Manouba et 0,4 Mm^3 pour l'Ariana**. A **Zaghouan**, cette consommation industrielle a un poids important localement puisqu'elle représente **20 % de la consommation totale en eau pour 1,2 Mm^3 consommés** (CGDR, 2018). Au final, **la consommation d'eau potable industrielle ne représente que 7 % du volume total actuel d'EUT produit par la région** (118 Mm^3).

PERSPECTIVES INDUSTRIELLES

D'après les projections de l'AFI, les zones industrielles de la région vont être étendues. Le Gouvernorat de Ben Arous continue à connaître un mouvement actif de création de nouvelles zones industrielles publiques et privées avec un total de 250 ha dont la création est projetée à court terme. Pour les autres gouvernorats, les nouvelles superficies prévues sont plus réduites avec 85 ha à Tunis, 44 ha à la Manouba, 30 ha à l'Ariana et 27 ha à Zaghouan. **Les superficies des zones industrielles vont donc augmenter significativement, les portants de 2 400 ha à environ 2 800 ha**, ce qui augmentera la demande sur les ressources en eau (APII, 2019).

12.2.3 Un secteur touristique concentré au Nord de Tunis

PLACE DU SECTEUR TOURISTIQUE AU GRAND TUNIS ET ZAGHOUAN

L'infrastructure touristique de la région se concentre surtout au niveau de la ville de Tunis et de sa banlieue Nord avec une capacité hôtelière de 13 000 lits. Une autre zone touristique est présente dans le Gouvernorat de Ben Arous au Sud de Tunis avec 6 000 lits. Au total, ces deux zones touristiques regroupent **7 % de la capacité hôtelière nationale** (AFT, 2020).

L'usage touristique ne représente que **4 % de l'eau potable consommée dans la région**, soit 2,3 Mm^3. **65 % de ce volume est consommé à Tunis**, soit 1,5 Mm^3 (CGDR, 2018). Les coûts élevés de l'eau de la SONEDE et la salinisation des ressources souterraines poussent les hôteliers à s'intéresser à des ressources en eau alternatives bien qu'il n'y ait actuellement pas de difficultés pour l'accès à l'eau.

D'après une analyse sous SIG d'images satellitaires de Google Earth, réalisée dans le cadre de la présente étude, la **superficie des espaces verts existants** (sans les golfs) pour les principales zones touristiques est de **84 ha pour Tunis Nord** et **31 ha pour Tunis Sud.**

Comme vu lors de la phase de Diagnostic, il existe actuellement **deux terrains de golf** à Tunis : le Golf de Carthage, d'une superficie de 30 ha, et le Golf de Gammarth avec 130 ha. Ils sont alimentés par la STEP de Charguia pour irriguer une superficie d'environ 78 ha.

PROSPECTIVES TOURISTIQUES

Il est prévu par l'AFT **d'étendre la zone touristique de Tunis Nord vers Cap Gammarth.** La capacité hôtelière supplémentaire serait de 6 000 lits sur une superficie de 73 ha (AFT, 2020). Au vu des difficultés actuelles rencontrées dans le secteur touristique, nous estimons que cette zone ne sera pas aménagée avant le moyen terme (2030). D'après les enquêtes auprès des hôteliers de la région, les extensions des capacités hôtelières des zones existantes et des superficies des espaces verts ne sont pas encore à l'ordre du jour des gestionnaires au vu des contextes sanitaire et économique actuels.

La stratégie du ministère du tourisme prévoit de réaliser un golf pour chaque 10 000 lits afin d'assurer aux golfeurs l'accès à 3 golfs dans un rayon ne dépassant les 45 min lors de leur séjour. Ainsi, il est prévu d'aménager **2 golfs additionnels dans les environs de Tunis sur le long terme** (STDG, 2018)**.**

12.2.4 Des parcs urbains qui cherchent à se développer

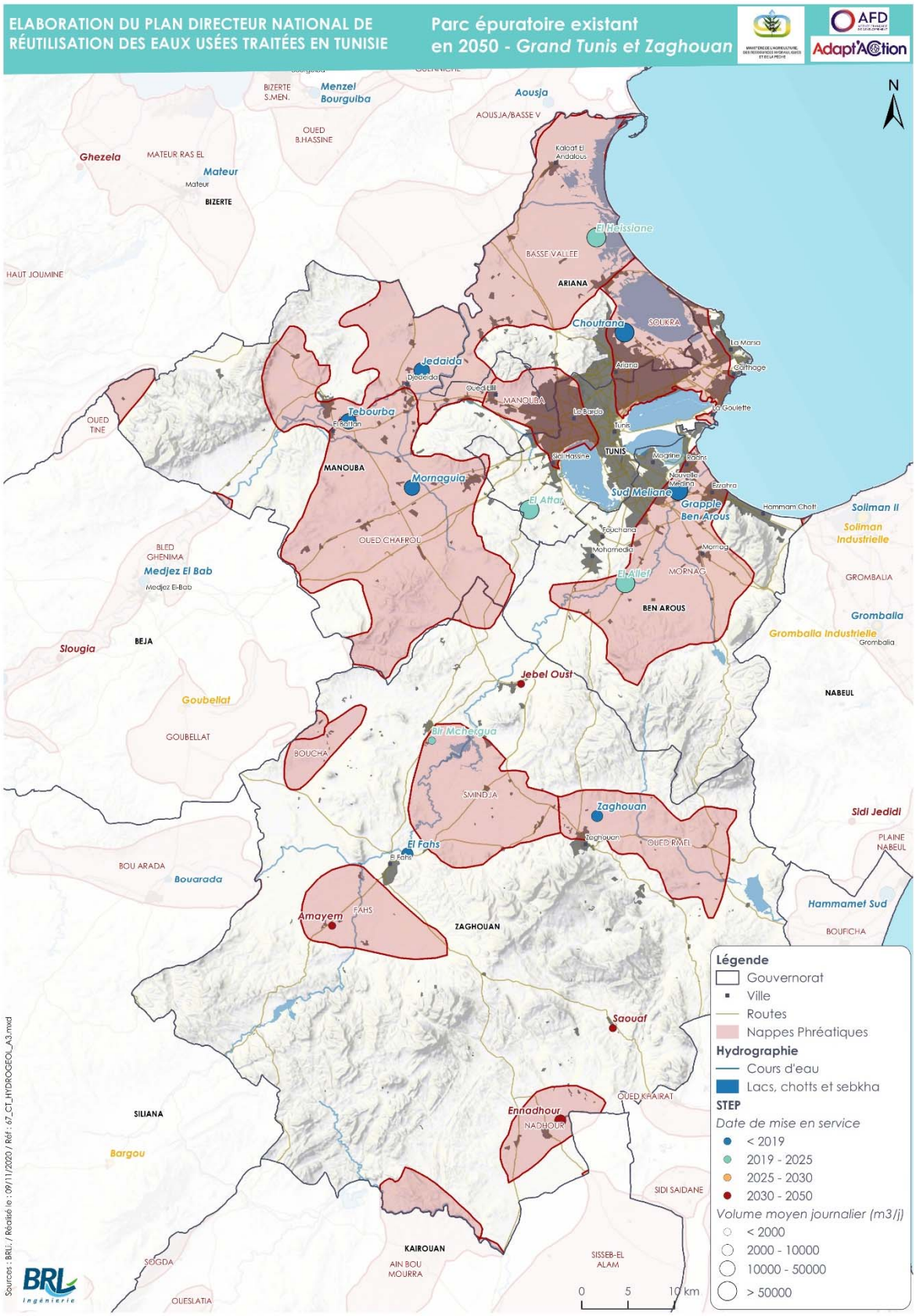
Le Gouvernorat de Tunis présente le plus grand nombre de parcs urbains du pays, dispersés dans le centre-ville de Tunis et la banlieue Nord. Cela représente une dizaine de parcs s'étendant sur un total de **271 ha**. Le Parc du Belvédère, qui est le plus ancien et le plus étendu (113 ha), est irrigué à l'aide de 2 forages. Les autres parcs sont irrigués à partir des eaux de la SONEDE. Les espaces verts de l'aéroport de Carthage sont déjà irrigués avec les EUT de la STEP de Charguia sur 16 ha. L'OACA souhaite utiliser les EUT sur toute sa superficie irrigable, soit 25 ha.

Pour les autres Gouvernorats du Grand Tunis, **les superficies des parcs urbains sont de 207 ha pour Ben Arous, 130 ha pour l'Ariana et 20 ha pour la Manouba**. L'amélioration de l'esthétique urbaine par la création et l'entretien des espaces verts et l'aménagement de parcs urbains fait partie d'une recommandation du SDA de la région économique du Nord Est (DGAT, 2011).

Les responsables des municipalités interrogées lors des enquêtes se sont montrés favorables à la REUT, surtout pour l'irrigation des espaces verts au vu des besoins en eau et des extensions souhaitées. A court terme, il a été proposé que certains instituts de recherche montrent l'exemple comme le pôle de biotechnologies Sidi thabet à l'Ariana.

12.2.5 Un potentiel de recharge de nappe réduit sauf pour la nappe de Mornag

La carte ci-dessous met en regard les STEP et les différentes nappes phréatiques du Grand Tunis et de Zaghouan.


ELABORATION DU PLAN DIRECTEUR NATIONAL DE RÉUTILISATION DES EAUX USÉES TRAITÉES EN TUNISIE
Parc épuratoire existant en 2050 - Grand Tunis et Zaghouan
AFD
Adapt'Action
N
Légende
Gouvernorat
Ville
Routes
Nappes Phréatiques
Hydrographie
Cours d'eau
Lacs, chotts et sebkha
STEP
Date de mise en service
< 2019
2019 - 2025
2025 - 2030
2030 - 2050
Volume moyen journalier (m3/j)
< 2000
2000 - 10000
10000 - 50000
> 50000
0 5 10 km
BRL ingénierie

La plupart des nappes des Gouvernorats de Tunis, Ariana, Manouba et Zaghouan ne sont pas exploitées à leur plein potentiel de par leur niveau de salinité. De plus, elles ont une faible perméabilité et sont situées dans des contextes urbains, défavorables à la recharge par les EUT. Ces nappes ne constituent donc pas un objectif potentiel pour un stockage souterrain des EUT. Les seules nappes surexploitées dans la zone du Grand Tunis et de Zaghouan sont présentes dans le Gouvernorat de Ben Arous :

- la **nappe phréatique de Mornag** avec un **déficit de 6,6 Mm^3/an** et un **taux d'exploitation de 195 %,**
- la **nappe phréatique des Grès Oligocènes** avec un **déficit proche de 1 Mm^3/an** et un **taux de surexploitation de 143 %.**

Il n'existe pas de site de recharge de nappe avec les EUT dans la région actuellement. Cependant, la nappe de Mornag a déjà été étudiée pour être rechargée avec les EUT de la STEP Sud Meliane. La dernière étude sur le sujet menée par le CRDA de Ben Arous en 2016 a envisagé plusieurs solutions de recharge. **L'option de REUT n'a pas été retenue à court terme** car les eaux de la STEP Sud Meliane présentent une salinité trop élevée et des teneurs en métaux lourds proches des seuils de la norme de rejet.

D'autres modalités de recharge proposées consistaient à infiltrer les eaux via les oueds Méliane et El H'ma et en l'utilisation des puits et forages pour la recharge artificielle à partir des eaux du CMCB.

Au final, l'option retenue a été d'augmenter la recharge déjà existante des eaux du CMCB au niveau de **deux sites d'anciennes carrières**. Cette zone des grès oligocènes de Khlédia est très favorable à l'infiltration. Jusque-là, un quota de 2 Mm^3/an était alloué au CRDA de Ben Arous pour être rechargé. **L'étude préconise un quota de 8 Mm^3/an provenant du CMCB** afin de créer une barrière hydraulique pour limiter l'intrusion du biseau salé marin en plus de compenser la baisse piézométrique de la nappe de Mornag (CRDA Ben Arous, 2016). Cette recharge doit en parallèle être accompagnée de mesures d'accompagnements auprès des agriculteurs pour limiter les prélèvements dans la nappe.

La recharge avec les EUT reste donc possible techniquement à moyen terme à condition que la qualité des EUT de la STEP Sud Méliane soit améliorée. Une autre solution possible est **d'utiliser les EUT de la future STEP El Allef projetée en 2025**. Cette REUT permettrait de conserver les eaux du CMCB pour d'autres usages.

Le tableau ci-dessous synthétise les recharges possibles par des EUT (liste de STEP avec les flux d'EUT produites aux différents horizons) pour les différentes nappes pour lesquelles une recharge est jugée potentiellement utile.

Tableau 81 : Liste des STEP associées à chaque nappe et potentiel de recharge par les EUT

Nappe	Enjeux auxquels pourrait répondre la recharge*					STEP pouvant être utilisées pour la recharge de la nappe	Contexte pour la recharge**		Production EUT 2018 (Mm^3)	Production EUT 2050 (Mm^3)	Ratio recharge potentielle / déficit quantitatif		Technique de recharge proposée	Usages indirects possibles
	Lutte contre l'intrusion du biseau salé (barrière hydraulique)	*Amélioration de la qualité des eaux de la nappe (dilution)*	*Fin d'un rejet en mer ou dans une zone sensible*	*Augmentation de la quantité d'eau disponible pour un usage indirect*	*Amélioration de la gestion de l'eau avec un stockage intersaisonnier hors période d'irrigation*		*Hydrogélogique*	*Foncier*			2020	2050		
Mornag (Déficit 6,6 Mm^3)	x		x	x	x	Sud Méliane	Favorable	Favorable	32	48	484 %	724 %	Infiltration dans des carrières	Irrigation pour les périmètres arboricoles / fourrage
	x		x	x	x	El Allef	Favorable	Favorable	0	19	-	293 %	Infiltration dans des carrières	Irrigation pour les périmètres arboricoles / fourrage

12.3 IMPACTS ACTUELS DES REJETS D'EAUX USEES SUR L'ENVIRONNEMENT ET LES ACTIVITES SOCIO-ECONOMIQUES AU GRAND TUNIS ET ZAGHOUAN

L'objectif de cette partie est de dresser un inventaire global des principaux rejets d'eaux usées qui impactent actuellement l'environnement et/ou des activités socio-économiques. Cet inventaire a été enrichi par les acteurs locaux lors des entretiens régionaux et de l'atelier de concertation de la zone Grand Tunis - Zaghouan qui a eu lieu le 30 mars 2021.

Le Grand Tunis, en étant fortement urbanisée et comportant plusieurs zones industrielles, produit de **nombreux rejets d'eaux usées qui impactent les milieux récepteurs**. Ces milieux sont notamment **l'oued principal de la Medjerdah**, **l'oued Meliane** au sud du pôle urbain et globalement le **Golfe de Tunis** où se déversent ces oueds. Ces impacts sont particulièrement visibles, par exemple au niveau de la banlieue Sud de Tunis sur la zone littorale de Radès, Hammam Lif et Ezzahra qui était autrefois appréciée pour **la baignade** par les tunisois et qui est aujourd'hui dégradée par **les rejets urbains et industriels** (TAP, 2015) (Ben Mrad, 2020)**.**

12.3.1 Le Golfe de Tunis fortement impacté par les rejets des STEP urbaines

Les principales STEP qui assainissent le Grand Tunis rejettent en mer dans le Golfe de Tunis. C'est le cas des STEP de Choutrana, Charguia et Côtière Nord qui sont connectées entre elles et rejettent dans le canal Khelidj avant de rejoindre la mer. Ce canal à ciel ouvert est une source de nuisance pour les riverains : il est chargé de déchets, il y a des proliférations de moustiques et la qualité des EUT se dégrade dans le canal (SCP, 2017). Une partie de ces eaux seraient aussi rejetées dans la sebkha de l'Ariana qui présente des signes d'eutrophisation.

Le pôle épuratoire Sud Meliane au sud de Tunis rejette dans l'oued Meliane puis dans la mer. Il reçoit de nombreux effluents provenant des zones industrielles de Ben Arous et la qualité des rejets ne respecte souvent pas la norme, notamment à cause des métaux lourds présents dans les eaux brutes rejetées dans les réseaux de la STEP (CRDA Ben Arous, 2016).

Deux émissaires en mer ont été étudiés par l'ONAS afin d'éloigner la pollution des rejets des STEP des zones littorales : un émissaire Tunis Nord d'une longueur de 6 km qui collectera les rejets du pôle épuratoire Choutrana et de la future STEP El Heissiane, ainsi qu'un émissaire Tunis Sud de 7 km pour les rejets du pôle Sud Meliane.

Les petites STEP du Gouvernorat de la Manouba rejettent dans les affluents de la Medjerdah : STEP de Jedaida, Tebourba et Mornaguia.

Au niveau de Zaghouan, **les effluents industriels raccordés aux STEP sont en augmentation** et provoquent parfois quelques dysfonctionnements.

12.3.2 Des flux d'eaux usées industrielles et domestiques non traitées sources de pollutions pour les oueds et les sebkhas

La **Basse Vallée de la Medjerdah** dans le Gouvernorat de l'Ariana est polluée par des **rejets urbains bruts** provenant de zones non raccordées au réseau collectif comme Sidi Thabet. **L'oued Chaffrou**, qui est un affluent de la Medjerdah, reçoit aussi ce type de rejet, au niveau de Battan notamment (DGGREE, 2017).

D'après l'étude de dépollution de la Medjerdah (DGEQV, 2018), **les rejets polluants dans la Basse Vallée de la Medjerdah** sont estimés à hauteur de **500 000 m^3/an**. Ce sont en majorité des industries agro-alimentaires qui produisent ces rejets, comme des conserveries de tomates. **L'oued Chaffrou** reçoit quant à lui **800 000 m^3/an d'effluents industriels considérés comme des sources de pollution**. Les activités concernées sont des industries textiles (tanneries) et des industries agro-alimentaires (laiteries, huileries, conserveries de tomates).

Cas spécifique de la Sebkha Sejoumi

La Sebkha Sejoumi est une des 3 zones humides salées localisée au niveau du pôle urbain du Grand Tunis. Elle est reliée à l'Oued Meliane par un canal qui permet d'évacuer une partie de ses eaux vers la mer. Elle est alimentée par plusieurs petits oueds (notamment Gueriana et Maleh). Sa faible profondeur et la présence d'eau toute l'année en fait un refuge idéal pour de nombreuses espèces d'oiseaux qui tolèrent une salinité élevée : flamands roses, canards de surface hivernants, limicoles de passage, etc. Ces caractéristiques en font une zone humide d'une grande valeur écologique, d'où son statut de Zone Humide d'Importance Internationale (Convention Ramsar), de Zone d'Importance pour la Conservation des Oiseaux (ZICO) et de Zone Clé pour la Biodiversité (ZCB). C'est aussi le 4e site le plus important pour l'hivernage des oiseaux d'eau de l'Afrique du Nord. Outre la préservation de la biodiversité, ce site offre d'autres services écosystémiques pour les populations riveraines : protection contre les inondations, pâturage et collecte de fourrage, services récréatifs (Service d'information sur les sites Ramsar, 2007).

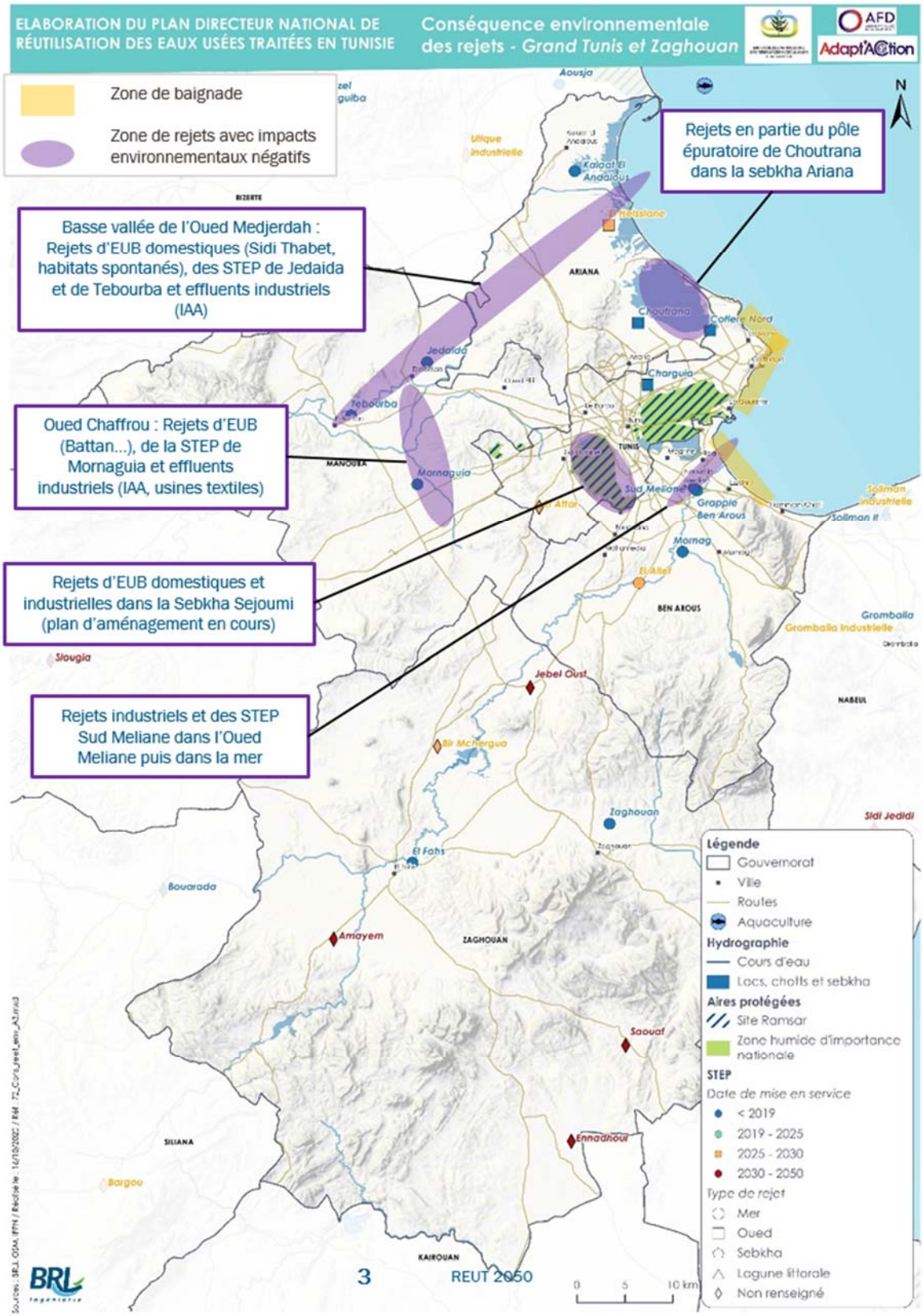
Cependant, cet écosystème subit de nombreuses dégradations, notamment avec l'avancée de l'urbanisation et la pollution provenant des déchets solides et des effluents liquides domestiques et industriels. La sebkha aurait perdu 20 % de ses habitats humides naturels entre 1987 et 2018 (Guelmani, 2020). En 2007, elle couvrait 2 979 ha, alors qu'elle n'occupe aujourd'hui plus que 2 600 ha (BPEH, 2020).

Le manque d'assainissement au niveau de la banlieue Ouest de Tunis provoque des rejets d'eaux brutes dans la sebkha Sejoumi. Elle reçoit aussi des effluents industriels estimés à près de 1,5 Mm^3/an, dont certains sont des raccordements illicites sur les canaux d'eaux pluviales (DGSAM, 2016). La pollution est surtout visible au niveau des berges des zones urbanisées de Sidi Hassine, Hay Ezzouhour, Essijoumi et Hay Hlel où les eaux sont eutrophisées.

Outre les aspects qualitatifs, l'apport de déchets liquides et solides provoquent un dysfonctionnement hydrologique de la sebkha. Ces perturbations ne permettent plus à la zone humide d'effectuer sa fonction d'écrêtement des crues.

Des raccordements à la STEP El Attar sont prévus pour diminuer l'impact de ces rejets. Un Plan d'Aménagement et de Valorisation (PAV) du site est aussi en cours d'évaluation dont la dépollution du site en supprimant les déversements illicites de rejets industriels liquides et solides. D'autres actions d'aménagement sont aussi prévues, comme l'augmentation de la profondeur de la sebkha dans certaines zones pour aider à la gestion des inondations, le drainage et la décantation des eaux pluviales, le confinement d'une décharge et la création de zones vertes et récréatives avec la forestation des berges. La zone humide sera alors présente sur 1 860 ha avec une capacité de 40 Mm^3 pour écrêter les crues de pointe (BPEH, 2020).

La carte ci-après synthétise les problématiques environnementales liées aux rejets d'EUT au Grand Tunis et Zaghouan.


ELABORATION DU PLAN DIRECTEUR NATIONAL DE RÉUTILISATION DES EAUX USÉES TRAITÉES EN TUNISIE
Conséquence environnementale des rejets - Grand Tunis et Zaghouan
AFD
AdaptA'Action
Zone de baignade
Zone de rejets avec impacts environnementaux négatifs
Rejets en partie du pôle épuratoire de Choutrana dans la sebkha Ariana
Basse vallée de l'Oued Medjerdah : Rejets d'EUB domestiques (Sidi Thabet, habitats spontanés), des STEP de Jedaida et de Tebourba et effluents industriels (IAA)
Oued Chaffrou : Rejets d'EUB (Battan...), de la STEP de Mornaguia et effluents industriels (IAA, usines textiles)
Rejets d'EUB domestiques et industrielles dans la Sebkha Sejoumi (plan d'aménagement en cours)
Rejets industriels et des STEP Sud Meliane dans l'Oued Meliane puis dans la mer
N
Légende
Gouvernorat
Ville
Routes
Aquaculture
Hydrographie
Cours d'eau
Lacs, chotts et sebkha
Aires protégées
Site Ramsar
Zone humide d'importance nationale
STEP
Date de mise en service
< 2019
2019 - 2025
2025 - 2030
2030 - 2050
Type de rejet
Mer
Oued
Sebkha
Lagune littorale
Non renseigné
3
REUT 2050
0
5
10 km
BRL ingénierie

12.4 VALORISATIONS POSSIBLES DES EUT EN FONCTION DES DIFFERENTS CONTEXTES TERRITORIAUX DU GRAND TUNIS ET DE ZAGHOUAN

La région du Grand Tunis a été traitée d'une manière bien spécifique en comparaison des autres régions de l'étude. En effet, c'est une région qui **produit près de 45 % des EUT du pays**. Outre les petites STEP qui assainissent les villes du gouvernorat de la Manouba et de Zaghouan, la plupart des autres stations constituent des grands pôles épuratoires qui produiront plus de 20 Mm^3/an chacune (Choutrana, Sud Meliane, El Attar, El Allef…). Pour réfléchir aux orientations stratégiques de REUT qui pourraient être prises pour ces STEP, il faut se placer à différentes échelles d'analyse :

- **A l'échelle de sous zones**, voire même **à l'échelle des STEP**, afin de bien identifier les **valorisations locales potentielles** (à proximité de chaque STEP) et **les volumes résiduels pour d'éventuels transferts vers d'autres zones** ;
- **A l'échelle de toute la région du Grand Tunis**, avec une vue d'ensemble sur les STEP présentes et projetées afin de **proposer des orientations cohérentes avec l'ensemble du territoire** ;
- **A l'échelle de plusieurs régions**, afin de caractériser et évaluer **les éventuelles options de transfert de l'excédent d'EUT à plus longue distance**.

Nous évoquerons ainsi dans un premier temps **les sous-zones en capacité d'absorber la totalité des flux d'EUT émis sur leur territoire**. Il s'agit des sous-zones de l'Ariana, de la Manouba et de Zaghouan. Cela permet dans le même temps d'évaluer la capacité de ces zones à absorber d'éventuels flux additionnels provenant du Grand Tunis.

Nous évoquerons dans un second temps **les sous-zones de la « plaine de Mornag » et du « pôle urbain du Grand Tunis ». Il s'agit de zones émettrices nettes de flux d'EUT**. C'est-à-dire que sur ces zones, de par la forte densité de population et l'aménagement du territoire à dominante urbaine, les opportunités de valorisations locales des EUT ne suffisent pas à absorber les flux d'EUT émis. Les possibilités de valorisation locale sont identifiés et les flux résiduels estimés.

NB : En plus de nos propres réflexions, nous avons consulté pour cette partie les études antérieures portant sur la REUT du Grand Tunis. Les principales propositions de ces études concernant les valorisations possibles sont résumées dans la partie 12.4.2.1.

DECOUPAGE DE LA ZONE D'ETUDE EN SOUS-ZONES

Le détail du découpage en 5 sous-zones de la région Grand Tunis – Zaghouan figure sur la carte ci-après. La sous-zone « pôle urbain de Tunis » est constituée par une grande proportion du gouvernorat du Grand Tunis, auquel s'ajoutent la ville de l'Ariana, Soukra, la ville de Manouba et Oued Ellil. Il s'agit des aires urbaines des Gouvernorats voisins de celui du Grand Tunis. Le gouvernorat de Ben Arous et la zone de Sidi Hassine constituent la sous-zone de la « plaine de Mornag », qui accueille les grandes STEP du Grand Tunis, actuelles ou futures. Les 3 autres sous-zones sont constituées respectivement des zones rurales des Gouvernorats de l'Ariana, de la Manouba et de Zaghouan.

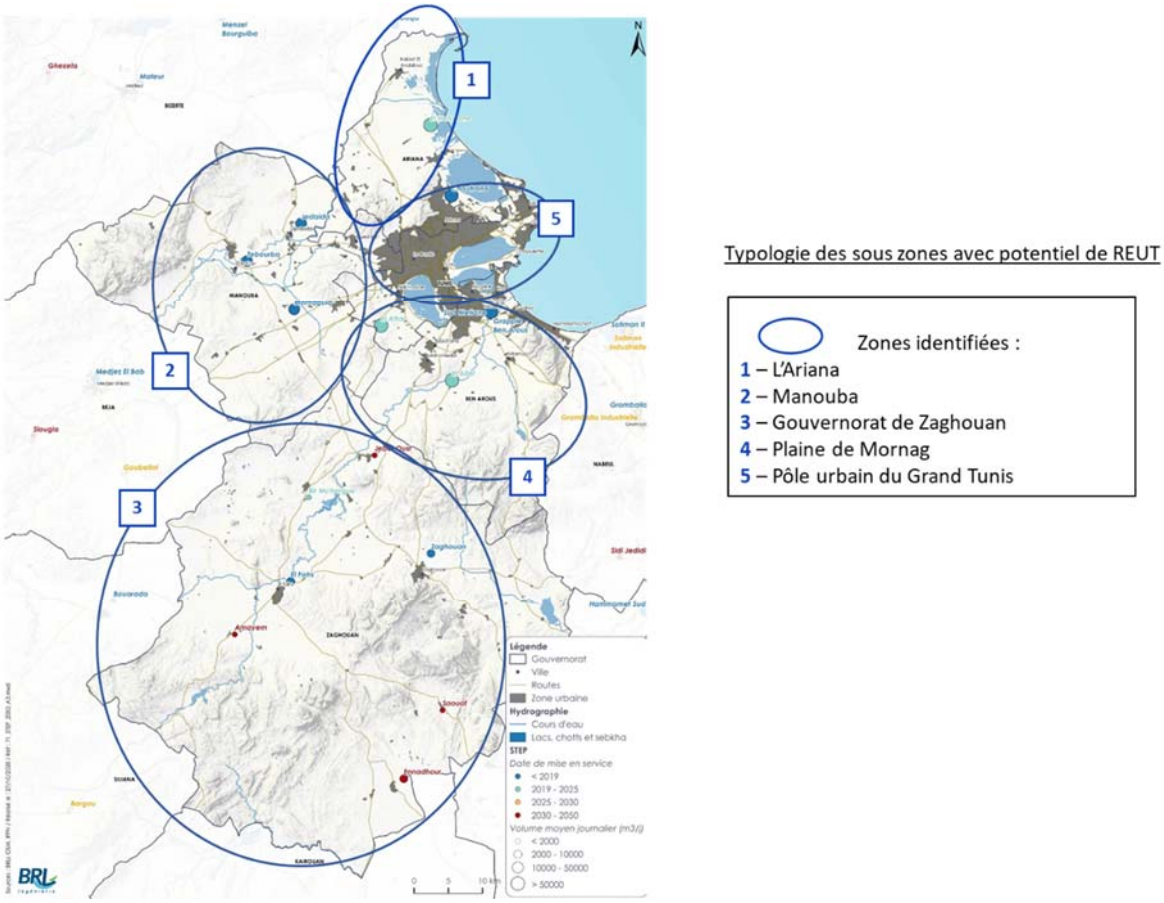


Figure 78 : Découpage de la région du Grand Tunis et Zaghouan en sous zones d'étude

L'inventaire des valorisations possibles des EUT présentées dans cette partie par sous zones a été alimenté par l'atelier de concertation régional qui a eu lieu le 30 mars 2021. Cet atelier a été l'occasion d'échanger avec les acteurs du territoire sur les valorisations des EUT à privilégier à l'échelle du Grand Tunis. Des discussions autour de grands choix sur la gestion des ressources d'EUT et d'aménagement du territoire ont aussi été abordés : usages locaux ou transferts, substitution d'usages existants ou création de nouveaux usages, extension des zones urbaines ou préservation de terres agricoles périurbaines, investissement dans des émissaires ou dans des traitements des EUT.

12.4.1 Sous-zones en capacité d'absorber leurs flux d'EUT

12.4.1.1 Sous-zone 1 : l'Ariana

Cette sous zone ne constitue pas l'ensemble du gouvernorat de l'Ariana. En effet, la ville de La Soukra avec la STEP de Choutrana sont inclues dans la zone du pôle ubrain du Grand Tunis.

Ressources en eau

La région de l'Ariana est une **zone peu dotée en ressources en eau** (**10,7 Mm³/an** d'apports renouvelables). Les **nappes phréatiques** de la Basse Vallée de la Medjerdah (3 Mm³) et de la Soukra (3 Mm³) constituent les principales ressources en eau renouvelables. l. Ces nappes sont exploitées respectivement à hauteur de 1,6 Mm³ et 1,1 Mm³, représentant 54% et 38% de leur potentiel renouvelable, quasi-exclusivement pour l'irrigation. Elles subissent **l'intrusion du biseau salé** pouvant générer des pics de salinité de 5 à 7 g/L près de leurs exutoires (la mer et la sebkha de l'Ariana), les rendant localement et temporairement inutilisables pour l'agriculture. Cela explique leur **faible niveau d'exploitation actuel**. Le potentiel de recharge de ces nappes est réduit du fait des faibles perméabilités, extension et épaisseur de leur réservoir et des zones urbaines environnantes. **Trois nappes profondes** représentent une ressource de **4,8 Mm³**. Elles sont également exploitées pour l'irrigation à hauteur de 0,7 Mm³.

Pour **l'AEP**, la région de l'Ariana bénéficie des apports des eaux de la vallée de la Medjerdah, par l'intermédiaire des **barrages de Sidi Salem et El Aroussia**. Cette ressource est également utilisée pour l'irrigation, en particulier dans la Basse Vallée de la Medjerdah.

Les EUT produites localement représentent à ce jour un gisement de **1 Mm³**, et un potentiel de **26,5 Mm³ à l'horizon 2050** avec la construction de la **STEP El Heissiane** et **l'abandon de la STEP actuelle Kalaat El Andalous**. Ainsi, les EUT constituent, actuellement, à elles seules, un potentiel qui représente **13 % des ressources en eaux souterraines** de la zone**.** (La STEP de Choutrana est prise en compte dans la sous-zone « pôle urbain du Grand Tunis »).

Agriculture

Au niveau agricole, **l'oléiculture** et la **production fourragère** pour l'élevage bovin laitier et à viande dominent. Les principaux périmètres irrigués s'étendent au nord du Gouvernorat de l'Ariana, hormis celui de la Soukra (409 ha), en bordure sud de la sebkha Ariana. Le périmètre irrigué de Borj Touil (3 145 ha) exploite déjà les EUT, dans des proportions correspondant à 11% de sa surface. Les enquêtes ont montré une volonté claire des agriculteurs de réaménager la station de pompage pour intensifier l'utilisation des EUT dans ce périmètre. A noter cependant que les terres agricoles de la région sont menacées par **l'extension de l'aire urbaine de Tunis**, ce qui peut remettre en cause les investissements à envisager pour la valorisation agricole des EUT dans le secteur.

Autres secteurs économiques

Peu d'autres activités économiques susceptibles d'avoir recours aux EUT (industries, hôtellerie, etc) ont été relevées par les enquêtes.

Le tableau ci-dessous liste les idées de valorisations des EUT possibles pour la sous zone de l'Ariana à l'issue des entretiens et enquêtes régionaux ainsi qu'au regard du contexte qui vient d'être exposé.

Tableau 82 : Possibilités de valorisation des EUT pour la sous-zone 1 : l'Ariana

Idées de valorisation des EUT	Traduction des flux d'EUT en valorisations potentielles
Idée 1.a : Réhabilitation et intensification du PPI de Borj Touil *Périmètre irrigué existant avec des EUT*	350 ha du périmètre de Borj Touil sont irrigués aujourd'hui à partir des EUT.

	L'irrigation de la totalité des 3 145 ha du périmètre à partir des EUT équivaut à l'utilisation de 100% des eaux de la STEP de El Heissiane en 2050 (26 Mm^3) + 7% (5 Mm^3) de celle de Choutrana.
Idée 1.b : Substitution des eaux conventionnelles pour l'irrigation dans la Basse Vallée de la Medjerdah *Substitution par des EUT (ou mélange avec ces EUT) des eaux du barrage de Sidi Salem ou El Aroussia pour l'irrigation des périmètres existants*	Part de la superficie irriguée actuellement, substituable en utilisant 100% du potentiel en EUT: Arboriculture : 27% de l'existant en 2020 (145 ha), 6 fois l'existant en 2050 (3 450 ha) Fourrages : 58% de l'existant en 2020 (120 ha), 13 fois l'existant en 2050 (2 840 ha)
Idée 1.c : Amélioration du traitement pour des usages à plus haute valeur ajoutée *Maraîchage dans les périmètres irrigués existants*	Part de la superficie irrigable irriguée actuellement, substituable en utilisant 100% des EUT : Maraîchage : de 15 % en 2020 (146 ha) à plus de 3 fois les superficies existantes en 2050 (3 480 ha)

Le recours à la recharge des nappes n'étant pas envisageable, il est préconisé **d'orienter ce potentiel d'EUT principalement vers un usage agricole direct.** Le **PPI de Borj Touil** et l'ensemble des **zones irriguées de la Basse Vallée de la Medjerda** sont situés à distance raisonnable des STEP (5 à 20 km), ils représentent la majorité des prélèvements de la zone. Cela peut se faire selon différentes modalités :

La future STEP d'El Heissiane étant située à proximité du PPI de Borj Touil, une première option consisterait à intensifier le recours aux EUT pour irriguer ce périmètre, à hauteur de 50% à 100% de ses besoins en eau. Dans l'hypothèse où la culture principalement pratiquée continue à être le fourrage d'été et d'hiver, les besoins du PPI représenteraient 15 à 30 Mm^3/an selon le niveau d'intensification et pourraient donc absorber la quasi-totalité des volumes potentiellement produits par cette STEP à l'horizon 2050. Les flux de la STEP de Choutrana, qui alimente déjà le périmètre avec un mélange des eaux de la STEP de Charguia, pourraient venir couvrir les besoins résiduels (environ 5 Mm^3) si le PPI a recours aux EUT à 100%. Lors des échanges dans l'atelier régional, **les acteurs ont tout de même précisé qu'avec l'avancement de l'urbanisation, la valorisation potentielle des EUT dans le PPI de Borj Touil risque d'être bien inférieure**.

Une seconde possibilité serait de recourir exclusivement aux flux d'EUT de la STEP de Choutrana pour l'irrigation du PPI de Borj Touil, comme cela se fait actuellement. **Les flux de la STEP El Heissiane pourraient quant à eux être utilisés dans les périmètres de Kalaat El Andalous et de Sidi Thabet d'une superficie irrigable de 8 000 ha**. Ces périmètres sont irrigués aujourd'hui avec les eaux des barrages de Sidi Salem et de El Aroussia et ne sont qu'intensifiés à hauteur de 30 % (année 2018). Cette stratégie de substitution des eaux du Nord pour l'irrigation de la Basse Vallée de la Medjerda permettrait de dégager des marges de manœuvre pour la satisfaction des besoins croissants en AEP de la zone du Grand Tunis à partir des eaux du Nord. Les flux résiduels de la STEP de Choutrana, mélangés avec ceux de la STEP El Heissiane, pourraient aussi être utilisés. Dans le cas où l'aire urbaine du Grand Tunis était amenée à s'étendre au point de voir le périmètre de Borj Touil disparaitre, les EUT de la STEP de Choutrana pourraient être orientées vers une autre région (voir synthèse sur le pôle urbain du Grand Tunis, en section 12.4.2.3).

12.4.1.2 Sous-zone 2 : la Manouba

Ressources en eau

Le gouvernorat de la Manouba dispose de ressources en eaux conventionnelles plus importantes que les ressources cumulées des gouvernorats voisins de Tunis et l'Ariana. **Ces ressources s'élèvent à 42 Mm³/an**. **Le volume exploité se limite à 16 Mm³/an** et le taux d'exploitation des eaux souterraines s'établit à 38%. Ce **bilan excédentaire** traduit le faible usage des nappes de cette zone rurale, dont la qualité n'est pas compatible avec la production d'eau potable du fait de la **salinité**. Le secteur bénéficie par ailleurs **d'apports significatifs des eaux du Nord**, qui a permis le développement de **l'irrigation dans la Basse Vallée de la Medjerda et dans le secteur de l'oued Chaffrou**, principalement pour la **culture de l'olivier et l'arboriculture en général**, **du fourrage et l'irrigation d'appoint des céréales**. Les opportunités pour développer l'irrigation étant faibles, les agriculteurs expriment un intérêt pour les EUT pour intensifier leurs céréales et leurs fourrages pour l'élevage bovin.

Les EUT produites localement représentent à ce jour **un gisement de 7,5 Mm³, et un potentiel de 18 Mm³ à l'horizon 2050**, provenant des trois STEP existantes : Mornaguia, Jedaida, et Tebourba. Ainsi, les EUT constituent, actuellement, à elles seules, un potentiel qui représente aujourd'hui 18% et demain 44% des apports renouvelables de la zone.

Le tableau ci-dessous liste les idées de valorisations des EUT possibles pour la sous zone de la Manouba, idées établies à l'issue des entretiens et enquêtes régionaux ainsi qu'au regard du contexte qui vient d'être exposé.

Tableau 83 : Possibilités de valorisation des EUT pour la sous-zone 2 de la Manouba

Idées de valorisation des EUT	Traduction des flux d'EUT en valorisations potentielles
Idée 2.a : Substitution des eaux conventionnelles pour l'irrigation de la Basse Vallée de la Medjerdah *Substitution par des EUT (ou mélange avec ces EUT) des eaux du barrage de Sidi Salem ou El Aroussia pour l'irrigation des périmètres existants*	Part de la superficie irriguée actuellement, substituable en utilisant 100% du potentiel en EUT : Arboriculture : 20% de l'existant en 2020 (1 130 ha), 43% en 2050 (2 400 ha) Fourrages : 97% de l'existant en 2020 (930 ha), 2 fois l'existant en 2050 (1 970 ha)
Idée 2.b : Création de nouvelles zones irriguées avec les EUT *Nouveaux périmètres irrigués arboricoles et fourragers*	Périmètres irrigués à partir des eaux de la STEP de Mornaguia 3 200 ha (fourrages) Nouveaux périmètres irrigués en utilisant 100% des EUT : Oliviers : en 2020, 2 500 ha ; en 2050, 5 300 ha. Céréales : en 2020, 4 200 ha ; en 2050, 8 900 ha. Fourrages : en 2020, 930 ha ; en 2050, 2 000 ha.
Idée 2.c : Rejets dans l'oued Medjerdah et réutilisations indirectes	*Amélioration des rejets des STEP et réutilisation indirecte des EUT par les agriculteurs avec pompage dans les oueds*

La principale orientation qui se dégage pour répondre aux principaux enjeux locaux consiste ainsi à utiliser la totalité des volumes d'EUT vers **la valorisation agricole locale.** Les 3 STEP sont en effet situées au cœur de la zone irriguée de la Basse Vallée de la Medjerda. Ces volumes permettraient d'irriguer, à l'horizon 2050, 5 300 ha d'oliviers, ou encore 2 000 ha de fourrages. Le potentiel de développement de l'irrigation des oliviers avec cultures intercalaires est d'environ 3 000

12.4.1.3 Sous-zone 3 : Gouvernorat de Zaghouan

Ressources en eau

Le gouvernorat de Zaghouan est relativement bien doté en ressources en eau avec 54 Mm³/an de ressources souterraines renouvelables. Il s'agit principalement de 17 petites nappes phréatiques sous-exploitées (62%) du fait de leur salinité due à la lithologie du réservoir et 17 nappes profondes surexploitées (113%). Ces nappes sont inéquitablement réparties sur le territoire et l'irrigation en est l'usage principal : quasi exclusif pour les nappes de surfaces, à 90% pour les nappes profondes, le restant étant prélevé pour l'AEP et les industries. Bien que cela représente une faible part des prélèvements, ces nappes profondes constituent la principale ressource pour l'eau potable. **Le niveau de prélèvement global est estimé à 52 Mm³, le bilan global est donc proche de l'équilibre**, **avec des situations de surexploitation locales.**

A cela s'ajoute le **barrage de Bir Mcherga**, d'un volume de stockage de **41,6 Mm³**, et celui de **Rmel** (**23.8 Mm³** en tenant compte de son envasement). Ils sont situés à l'extrême nord et à l'est du Gouvernorat. Ils sont dédiés au soutien d'étiage de l'oued Meliane et à l'irrigation d'un périmètre irrigué de 1 600 ha situé à proximité, dédié à la culture des céréales pour le premier, et à l'irrigation de la plaine de Bouchifa, dans la partie avale de l'Oued Rmel, pour le second.

Le potentiel des EUT produites localement est très modeste, représentant à ce jour **1,4 Mm³, et 4 Mm³ à l'horizon 2050**. Ces flux d'EUT seront produits par une série de 5 petites STEP dispersées.

Agriculture

L'agriculture extensive est la principale activité économique de la zone. Elle est basée sur la culture de **l'olivier et du fourrage**. Les surfaces cultivées sont très significatives, avec 69 000 ha de céréales, 56 000 ha d'oliviers et environ 26 000 ha de fourrages. **Une très faible part de ces surfaces est actuellement irriguée (environ 6%).** Certains périmètres irrigués expérimentent déjà le recours aux EUT. C'est le cas par exemple au niveau de la STEP de El Fahs depuis 2006 et de celle de la ville de Zaghouan. Il s'agit **d'irrigation d'appoint des oliviers et de fourrages en culture intercalaire**. Peu d'autres activités économiques susceptibles d'avoir recours aux EUT (industries, hôtellerie, etc) ont été relevées par les enquêtes.

Le tableau ci-dessous liste les idées de valorisations des EUT possibles pour le Gouvernorat de Zaghouan, idées établies à l'issue des entretiens et enquêtes régionaux ainsi qu'au regard du contexte qui vient d'être exposé.

Tableau 84 : Possibilités de valorisation des EUT pour la sous-zone 3 : gouvernorat de Zaghouan

Idées de valorisation des EUT produites dans la zone (sans compter les transferts)	Traduction des flux d'EUT en valorisations potentielles
Idée 3.a : Substitution des eaux conventionnelles pour l'irrigation *Substitution par des EUT (ou mélange avec ces EUT) des eaux de barrages ou de nappes pour l'irrigation des périmètres existants*	Part de la superficie irriguée actuellement, substituable, en utilisant 100% du potentiel en EUT: Oliviers : 0,5 % des surfaces existantes en 2020 (42 ha), 8% en 2050 (761 ha) Céréales : 14% des surfaces existantes en 2020 (70 ha), 259% en 2050 (1 250 ha) Fourrages : 10% des surfaces existantes en 2020 (16 ha), 176% en 2050 (282 ha)
Idée 3.b : Création de nouvelles zones irriguées avec les EUT *Nouveaux périmètres irrigués oliviers et fourrages et extension des périmètres irrigués avec des EUT de El Fahs et Zaghouan*	Nouveaux périmètres irrigués potentiels en utilisant 100% des EUT : Oliviers : en 2020, 42 ha ; en 2050, 761 ha. Céréales : en 2020, 70 ha ; en 2050, 1250 ha.

Idées de valorisation des EUT produites dans la zone (sans compter les transferts)	Traduction des flux d'EUT en valorisations potentielles
	Fourrages : en 2020, 16 ha ; en 2050, 282 ha.

Les volumes produits pourront être orientés en priorité vers des usages agricoles directs, existants, locaux – aux alentours des STEP, **pour les oliviers, le fourrage ou les céréales**, en **substitution aux eaux conventionnelles**. A l'horizon 2050, les volumes potentiels permettraient d'irriguer 760 ha d'oliviers, ou 1 250 ha de céréales, ou 280 ha de fourrages. Cela permettrait de couvrir la totalité des superficies irriguées de fourrage ou de céréales (160 ha et 490 ha) ou 8% des surfaces d'oliviers (761 ha).

Les importantes surfaces cultivées font du gouvernorat de Zaghouan une destination possible des flux d'EUT des zones excédentaires (Grand Tunis, Plaine de Mornag). Cette option est discutée dans la partie 12.4.2.2.

12.4.2 Sous zones émettrices nettes de flux d'EUT

12.4.2.1 Rappel des études antérieures sur la REUT de la région du Grand Tunis

Plusieurs études d'évaluation des opportunités de valorisation des EUT du Grand Tunis ont déjà été réalisées. Ces études envisagent plusieurs projets : **créations de nouveaux périmètres irrigués au niveau de la récente STEP de El Attar**, **recharge de nappe de Mornag** ou **transferts des EUT dans des gouvernorats externes à la zone du Grand Tunis** (Zaghouan voire Sousse et Kairouan). La substitution des eaux conventionnelles par des EUT dans des périmètres existants ou l'utilisation dans d'autres secteurs économiques (industries, tourisme…) ont été peu ou pas abordées dans ces études. Le tableau suivant résume les grandes idées de valorisations des EUT proposées par ces études.

Tableau 85 : Synthèse des valorisations des EUT envisagées dans des études antérieures sur le Grand Tunis

Etude	Zone	Projet et STEP concernées
Tunis Ouest (2000)	Tunis Ouest	PI de 6 000 ha (céréales et fourrages, arbo sur les sols aptes, développement de l'élevage bovin), STEP El Attar avec sites de stockage ou STEP El Attar + Sud Meliane, 20,4 Mm^3/an (année moyenne)
DGEQV, Etude de transfert (2009) Reprise de l'étude Tunis Ouest	Tunis Ouest	PI de 2 000 ha (céréales et fourrages), STEP El Attar, 8 Mm^3/an
	Zaghouan – Plaine de Boucha	PI de 6 500 ha (céréales et fourrages), STEP El Attar et El Allef, 26 Mm^3/an
	Zaghouan – Saouaf	PI de 6 500 ha (céréales et fourrages), STEP El Attar et El Allef (voir reliquat Choutrana), 26 Mm^3/an
	Kairouan - Nord Est	PI de 10 000 ha (céréales et fourrages), STEP Choutrana, 42 Mm^3/an
	Nappe de Mornag	Recharge de nappe, STEP Sud Meliane et El Allef, 10,8 Mm^3/an
	Nappe Grombalia	Recharge de nappe, STEP Sud Meliane, 16 Mm^3/an
	Nappe El Fahs	Recharge de nappe, STEP El Attar et El Allef, 0,8 Mm^3/an
	Nappe Sisseb	Recharge de nappe, STEP Choutrana, 0,8 Mm^3/an
CRDA Manouba, étude de création d'un PI avec les EUT à Mornaguia (2012) Pour 3 146 ha au total, soit un équivalent de 12,8 Mm3/an	Mornaguia	Hemaiem : 77 ha, Céréales et Fourrages d'hiver, légumineuses, fourrages d'été, arboriculture (oliviers, amandiers, pêchers) Bouragba : 926 ha, dont SMVDA Essalama 522 ha et société Poulina 120 ha El Fajja : 959 ha, STEP EL Attar
	Borj El Amri	Menzel Hbib : 793 ha, STEP El Attar
	Sidi Hassine	El Attar : 391 ha, dont SMVDA El Attar 264 ha, STEP El Attar
CRDA Ben Arous, Réhabilitation du PPI de Mornag (2016)	Plaine de Mornag	PPI sur EUT existant : 1 032 ha, abandon Choix de la recharge de nappe puis prélèvement avec puits de surface et mélange avec eaux du Nord
CRDA Ben Arous, APS recharge de la nappe de Mornag (2016)	Plaine de Mornag Nappe avec un déficit de 16,2 Mm3/an	Recharge nappe STEP Sud Meliane, 8 – 10 Mm^3/an, ajout traitement filtre à sable + UV Recommandation plutôt recharge avec CMCB, 8 Mm^3/an par 12 forages + Barrage H'ma 3 Mm^3/an en année humide

12.4.2.2 Sous-zone 4 : plaine de Mornag

Ressources en eau

Les ressources en **eaux souterraines** de ce territoire sont estimées à **41,6 Mm³/an**, alors que **les prélèvements s'élèvent à environ 50 Mm³/an**. Cela représente un **déficit global annuel d'environ 9 Mm³** en ce qui concerne les nappes. Les nappes phréatiques sont principalement dédiées à l'usage agricole alors qu'une petite partie des ressources des nappes profondes est utilisée pour l'eau potable, le reste allant également à l'irrigation. **A noter cependant que la nappe de Mornag et sa partie Grès Oligocène présentent un taux d'exploitation de 195% et un déficit annuel de 8 Mm³**. **Le contexte hydrogéologique est favorable à la recharge**, déjà pratiquée notamment à partir d'un quota de 2 Mm³ des eaux du CMCB alloué au CRDA de Ben Arous. Plusieurs petites retenues collinaires et le **barrage d'El Hma**, d'une capacité d'environ **13 Mm³**, ont contribué à développer l'irrigation. Les quotas importants en eau du CMCB alloués au CRDA de Ben Arous viennent compléter la satisfaction des besoins agricoles actuels.

Avec la présence de plusieurs STEP recevant les eaux usées du Grand Tunis dans la plaine de Mornag (Sud Méliane, El Attar notamment), **les EUT produites localement représentent un gisement extrêmement important.** A ce jour, cette ressource est estimée à **50 Mm³** et son potentiel serait de **119 Mm³ à l'horizon 2050**.

Agriculture

L'agriculture représente un **enjeu économique majeur dans la plaine de Mornag**. La culture de **l'olivier, de la vigne et des céréales domine**. L'irrigation y est bien développée avec près de **8 700 ha irrigables**, concentrés notamment le long des vallées des oueds Meliane et El Hma. Près de 5 500 ha de périmètres publics sont alimentés grâce au transfert des eaux du barrage de Sidi Salem, et 1 000 autres ha utilisent les eaux du barrage local d'El Hma. Les enquêtes ont révélé une très forte demande des grands exploitants et des SMVDA pour recourir aux EUT pour combler leurs déficits en eau d'irrigation, notamment pour l'arboriculture.

Industries

Les **22 zones industrielles** présentes dans le Gouvernorat de Ben Arous consomment un volume de près de **9 Mm³/an** en comptant les prélèvements des eaux de la SONEDE et les eaux souterraines (ONAS, 2019).

Les tableaux ci-dessous listent les idées de valorisations des EUT possibles pour la plaine de Mornag, idées élaborées à l'issue des entretiens et enquêtes régionaux ainsi qu'au regard du contexte qui vient d'être exposé.

Tableau 86 : Possibilités de valorisation des EUT pour la plaine de Mornag -

Idées de valorisation des EUT	Traduction des flux d'EUT en valorisations potentielles
Idée 4.a : Substitution des eaux conventionnelles pour l'irrigation *Substitution par des EUT (ou mélange avec ces EUT) des eaux du barrage de Sidi Salem pour l'irrigation des périmètres existants*	Part de la superficie irriguée actuellement, substituable en utilisant 100% du potentiel en EUT : Arboriculture : 1,7 fois l'existant en 2020 (7 600 ha), 3,5 fois l'existant en 2050 (15 600 ha)
Idée 4.b : Création de nouvelles zones irriguées *Etudes antérieures et études de faisabilité du CRDA de Manouba*	3 300 ha potentiels (céréales et fourrages) sur la STEP El Attar 1 009 ha potentiels sur la future STEP El Allef

Idées de valorisation des EUT	Traduction des flux d'EUT en valorisations potentielles
Idée 4.c : Barrière hydraulique pour la nappe de Mornag *Déficit actuel de 6,6 Mm³*	8 Mm³/an issus de la STEP de Sud Méliane ou de la future STEP d'El Allef
Idée 4.d : Utilisation des EUT dans le secteur industriel *22 ZI à Ben Arous*	Consommation actuelle des différentes zones industrielles, toutes ressources confondues : 9 Mm³/an
Idée 4.e : Amélioration du traitement pour des usages à plus haute valeur ajoutée *Maraîchage des PPI existants*	Superficie irriguée de seulement 135 ha dans les PPI existants, bien inférieure aux superficies irrigables en 2020 (7 630 ha) et en 2050 (15 700 ha)
Idée 4.f : Transfert et recharge de la nappe de Grombalia au Cap Bon ou pour substituer les eaux conventionnelles dans les périmètres agrumicoles *Propositions de l'étude de transfert des EUT du Grand Tunis – STEP Sud Meliane et El Allef*	Quota estimé pour la recharge de la nappe de Grombalia : 26 Mm³/an Potentiel irrigable de 10 000 ha d'agrumes Distance supérieure à 25 km
Idée 4.g : Transfert vers Zaghouan pour créer de nouveaux périmètres irrigués *Propositions de l'étude de transfert des EUT du Grand Tunis – STEP El Attar*	6 500 ha pour la plaine de Boucha 6 500 ha à Saouaf (sud du gouvernorat) Distance supérieure à 30 km
Idée 4.h : Production d'eau potable pour alimenter le Grand Tunis *STEP de Sud Meliane et El Attar*	Possibilité d'alimenter en eau potable 44% de la population de Tunis à partir des EUT en 2020 et 65% en 2050.
Idée 5.i : Valorisation écologique de la Sebkha Sejoumi *STEP El Attar*	Rejet des EUT de la STEP El Attar dans la sebkha Sejoumi après raccordement de l'ensemble des habitats au sud de la sebkha (16 Mm³ rejetés en 2020, potentiel jusqu'à 51,3 Mm³ en 2050 si la totalité de la STEP est rejeté dans la sebkha).

On discute ci-après de l'opportunité de ces différentes idées de valorisations des EUT au regard du contexte territorial.

La REUT dans cette zone peut être orientée soit vers des **usages locaux avec des exigences de qualité plus ou moins élevées** (usages industriels, maraîchage, AEP), soit pour **des transferts vers des zones agricoles où la substitution est possible** (plaine de Grombalia), ou vers **des zones qui ne possèdent pas de ressources en eau** propres pour développer l'irrigation (Zaghouan). Lors de l'atelier régional, les acteurs ont insisté sur l'importance de la **préservation du patrimoine arboricole** de la plaine de Mornag. La REUT peut aider à répondre à cet objectif e**n apportant une nouvelle ressource en eau aux périmètres existants**, dépendants des eaux du Nord et des ressources souterraines surexploitées. Cependant, des **mauvaises expériences de REUT** dans la zone (périmètre de Mornag, aujourd'hui alimenté par des eaux conventionnelles) ont créées des réticences vis-à-vis de la qualité des EUT. **Une importante amélioration des traitements en parallèle de campagnes de sensibilisation auprès des agriculteurs seront nécessaires pour développer la REUT**.

Une valorisation écologique aussi est possible avec les EUT de la STEP El Attar en les utilisant pour la création d'espaces verts sur les berges de la sebkha Sejoumi et en conservant une partie du rejet pour alimenter la sebkha elle-même. Cependant, les efforts devront être mis sur la qualité des eaux rejetées plutôt que sur la quantité car la sebkha doit pouvoir garantir sa fonction d'écrêtement des crues de pointe comme prévu par le projet d'aménagement en cours (BPEH, 2020), (voir aussi plus haut l'encadré de la partie 12.3.2 sur la sebkha Sejoumi).

12.4.2.3 Sous-zone 5 : pôle urbain du Grand Tunis

Ressources en eau

Le gouvernorat de Tunis se caractérise par **des ressources conventionnelles locales assez modestes (6,4 Mm³/an)**. Les eaux souterraines et surtout phréatiques sont saumâtres. Le Grand Tunis dépend essentiellement des **eaux du Nord** pour son approvisionnement en eau.

De par sa taille et sa population, **le pôle urbain du Grand Tunis génère un volume d'eaux usées très important**. Les volumes traités par les STEP de Charguia, Côtière Nord et Choutrana représentent **un gisement d'EUT de 57,3 Mm³/an en 2020**, alors qu'il pourrait atteindre **75,6 Mm³/an à l'horizon 2050**.

Agriculture

L'agriculture est quasiment absente, mis à part le périmètre de la Soukra irrigué avec des EUT (409 ha irrigables) et de Mghira Enzel (126 ha irrigables, irrigués actuellement avec le CMCB).

Tourisme

La zone de Tunis Nord présente des enjeux touristiques non négligeables. La capacité hôtelière est actuellement de 13 000 lits, avec une extension prévue de 6 000 lits dans la zone de Gammarth, malgré les difficultés que rencontre le secteur depuis 2012. **La superficie des espaces verts touristiques est estimée à 160 ha** (soit environ 80 ha irrigués). De plus, il existe **2 golfs** (Carthage et Gammarth) alimentés en eau par la STEP de Charguia (et donc de Choutrana à l'avenir) pour irriguer 80 ha et **2 autres golfs sont projetés à long terme**. Au niveau des **espaces verts urbains, près de 300 ha** sont répartis sur le gouvernorat de Tunis, superficie qui pourrait s'étendre dans le cadre de la politique municipale pour améliorer le cadre de vie des tunisois.

Industries

Les **zones industrielles** présentes dans le pôle urbain du Grand Tunis consomment un volume de près de **3 Mm³/an** en comptant les prélèvements des eaux de la SONEDE et les eaux souterraines (ONAS, 2019).

Les tableaux ci-dessous listent les idées de valorisations des EUT possibles pour le pôle urbain du Grand Tunis, idées établies à l'issue des entretiens et enquêtes régionaux ainsi qu'au regard du contexte qui vient d'être exposé.

Tableau 87 : Possibilités de valorisation des EUT pour la sous zone 5 : pôle urbain du Grand Tunis

Idées de valorisation des EUT	Traduction des flux d'EUT en valorisations potentielles
Idée 5.a : Réhabilitation et intensification des PPI existants avec des EUT *PPI de Borj Touil et de la Soukra*	Borj Touil : 3 145 ha irrigables mais seulement 350 ha irrigués aujourd'hui. (Surtout fourrages pour élevage bovin). Si intensification à 100% (faisabilité peu probable du fait du contexte d'urbanisation croissante), utilisation de 78% des eaux de la STEP de Choutrana en 2020, 43% en 2050.

Idées de valorisation des EUT	Traduction des flux d'EUT en valorisations potentielles
	Soukra : 409 ha irrigables mais seulement 162 ha irrigués aujourd'hui (surtout arboriculture). Si intensification à 100% (faisabilité peu probable du fait du contexte d'urbanisation croissante), utilisation de 58% des eaux de la STEP de Charguia en 2020, 5% en 2050 de Choutrana
Idée 5.b : Irrigation des espaces verts urbains et touristiques	L'irrigation des 800 ha existants mobiliseraient 8% des volumes d'EUT de la sous-zone.
Idée 5.c : Irrigation des golfs *2 existants et 2 projetés*	2020 : l'irrigation des 160
Idée 5.d : Utilisation des EUT dans le secteur industriel *Les 6 zones industrielles de Tunis*	Consommation actuelle des différentes zones industrielles : 3 Mm^3/an
Idée 5.e : Production d'eau potable pour alimenter le Grand Tunis	Possibilité d'alimenter en eau potable 36% de la population de Tunis à partir des EUT en 2020 et 41 % en 2050.
Idée 5.f : Mélange et stockage avec les EUT des autres STEP périphériques à Tunis puis substitution par les EUT des eaux de barrages dans des PPI existants	Transfert vers la STEP de El Heissiane puis alimentation des 8 000 ha de la Basse Vallée de la Medjerdah de l'Ariana Transfert vers la STEP El Attar puis alimentation des 21 000 ha de la Basse Vallée de la Medjerdah de la Manouba Transfert vers la STEP Sud Meliane puis alimentation des 6 500 ha de la plaine de Mornag, voir Grombalia

La valorisation des EUT de la zone constitue une opportunité de réduire au maximum les rejets dans le Golfe de Tunis et de réduire la dépendance de l'approvisionnement en eau du Grand Tunis aux eaux du Nord. Les grandes options stratégiques de valorisation de ces EUT peuvent être structurées en fonction de la distance entre le site de production et leur utilisation, et en fonction du niveau de traitement nécessaire :

- Une **valorisation locale**, au sein même du Grand Tunis, **par les usages compatibles avec des qualités actuelles des EUT ou avec l'ajout d'un traitement tertiaire** : arrosage des golfs, des espaces verts urbains, et des espaces verts des hôtels, et alimentation de certaines activités industrielles. Les acteurs locaux ont demandé à privilégier ces types de valorisations lors de l'atelier régional. Cependant, dans l'hypothèse où la totalité de ces besoins seraient satisfaits par les EUT, ces usages ne permettraient d'absorber que **13% des flux d'EUT de la STEP de Choutrana**, et **seulement 5% à l'horizon 2050**.
- Une **valorisation locale**, au sein même du Grand Tunis, **par des usages nécessitant une eau de très bonne qualité voire potable** : substitution aux eaux du Nord pour l'adduction en eau potable et pour les usages industriels de type agro-alimentaires ;
- Des **options de transfert de ces EUT vers des régions agricoles plus ou moins éloignées**, dont la **demande en eau est importante** et pour lesquelles le bilan des ressources en eaux conventionnelles peut être déficitaire. Les EUT de la STEP de Choutrana seront alors mélangées et stockées avec les EUT produites par une STEP périphérique à Tunis qui dépendra de la zone qui reçoit le transfert d'eau (par exemple la STEP Sud Meliane si les eaux sont envoyées vers le Cap Bon). Ces options comprennent :

- des destinations proches du Grand Tunis, telles que les **périmètres existants de la Basse Vallée de la Medjerdah ou de la plaine de Mornag**, **en substitution des eaux de barrage** (cf orientation 2 de la zone précédente) ;
- des destinations plus éloignées du Grand Tunis, telles que la **plaine de Grombalia** ou les **plaines de Boucha/Ain Asker ou Saouaf dans le Gouvernorat de Zaghouan.**

12.4.3 Synthèse des valorisations possibles des EUT par sous zones

La valorisation locale des EUT du Grand Tunis n'est pas toujours envisageable du fait des contraintes locales, dont le contexte hydrogéologique non favorable à la recharge et le contexte très urbain n'offrant que peu d'opportunités de valorisation agricole. Le rejet de ces eaux dans le milieu récepteur – sebkhas, mer – est une source de pollution et de dégradation environnementale. La stratégie de valorisation de ces volumes doit donc se réfléchir à l'échelle globale. **Ce dernier chapitre permet de résumer toutes les options envisagées dans les parties précédentes afin que la réflexion se fasse de manière cohérente à l'échelle de tout le Grand Tunis et non simplement à l'échelle de chaque STEP**.

La carte ci-dessous permet de rappeler de manière illustrée les idées de valorisations possibles des EUT qui ont été proposées pour chaque sous zones et de montrer la variété des possibilités en fonction des contextes territoriaux. A la suite, un schéma de principe reprend les flux potentiels d'EUT à l'horizon 2050 pour les plus grandes STEP et précise les différents usages possibles par STEP.

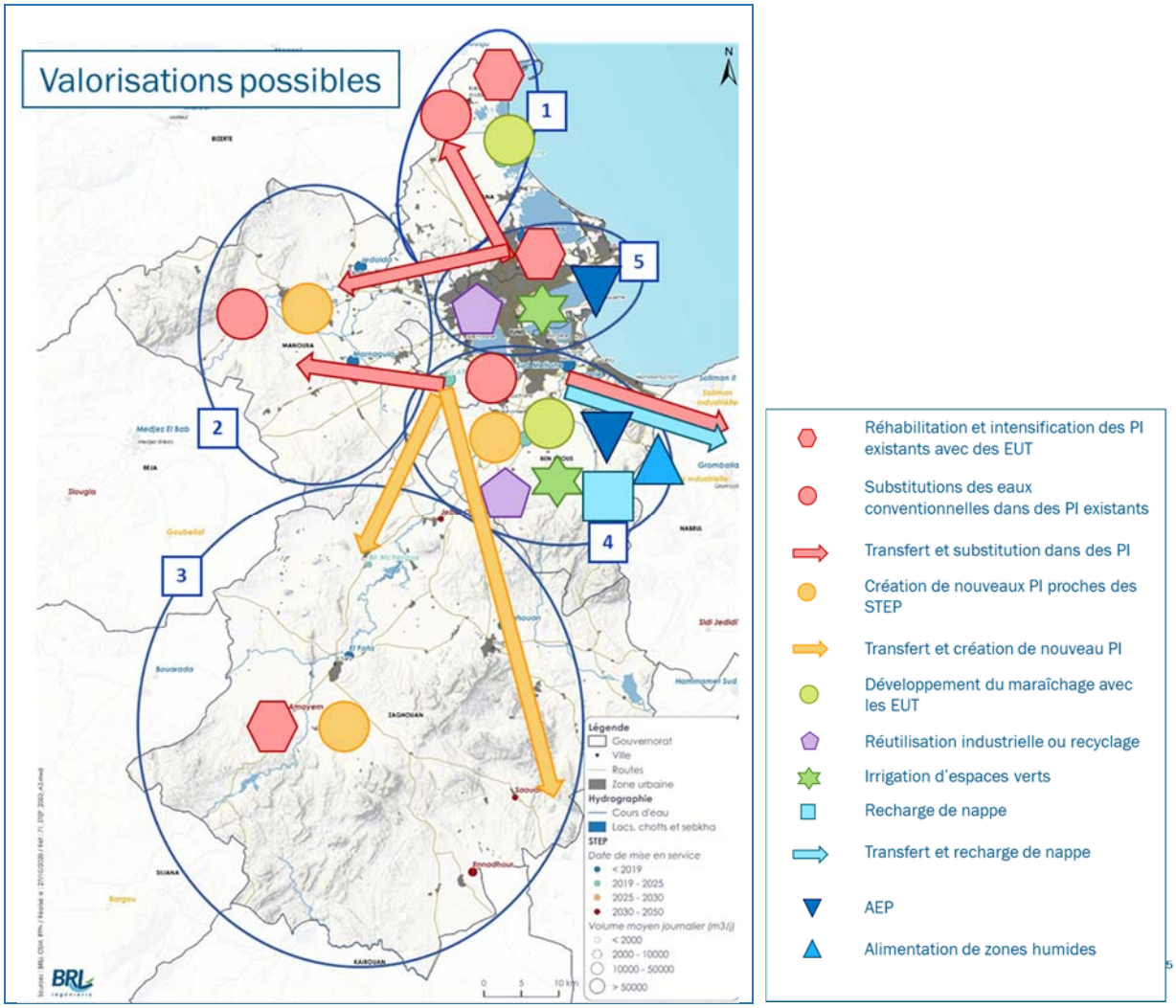


Figure 79 : Synthèse des valorisations des EUT possibles pour les 5 sous zones de la zone Grand Tunis - Zaghouan

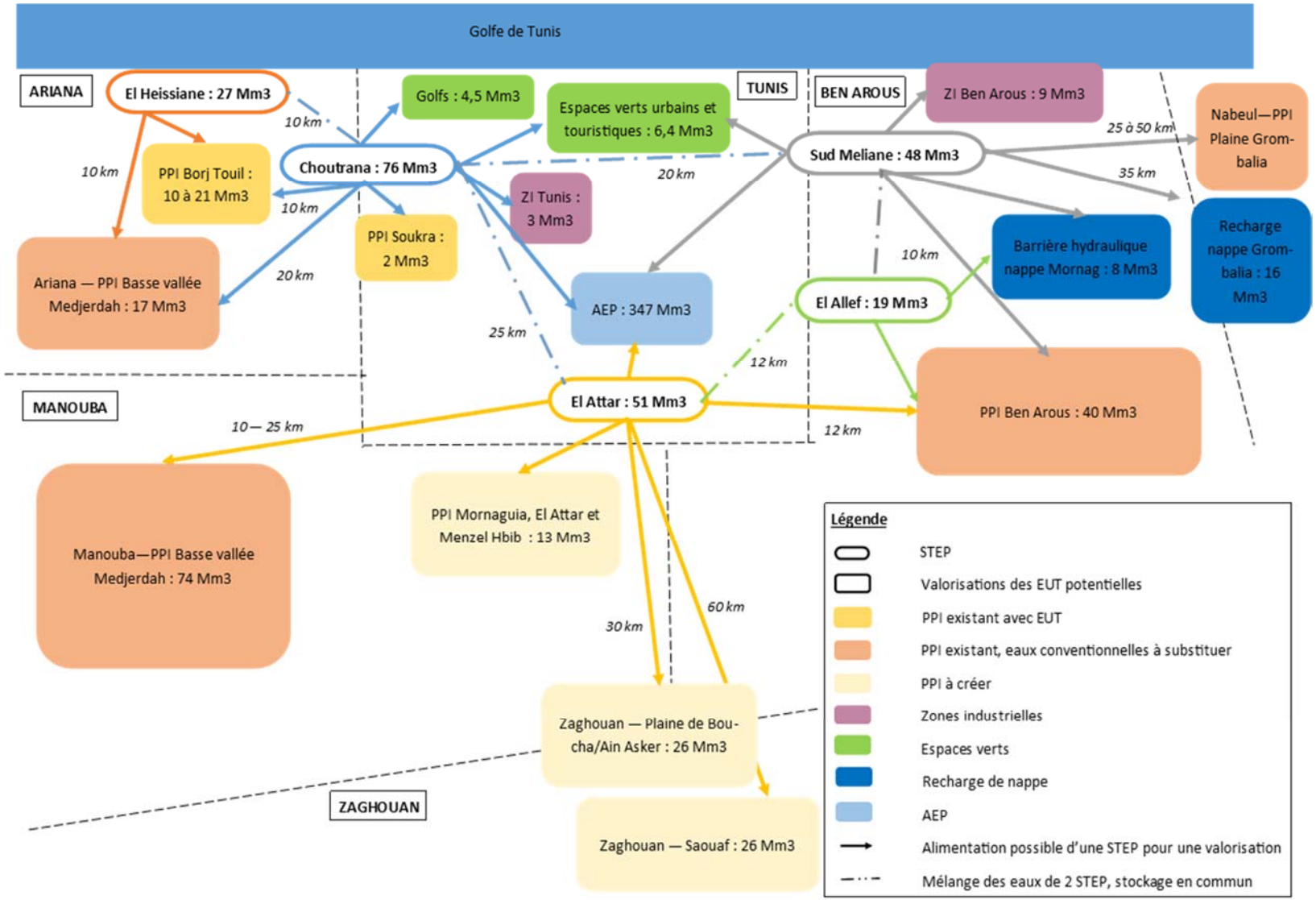


Figure 80 : Schéma des possibilités des valorisations des EUT pour les principales STEP du Grand Tunis

12.5 QUELS SONT LES SCENARIOS POSSIBLES ET COHERENTS POUR VALORISER LES EUT DU GRAND TUNIS ET DE ZAGHOUAN ?

12.5.1 Formulation des scénarios prospectifs proposés

VALORISATIONS DES EUT COMMUNES AUX SCENARIOS PROPOSES

Il est proposé que certaines valorisations des EUT soient appliquées à l'ensemble des scénarios. Ces propositions concernent surtout **l'infiltration des EUT pour créer une barrière hydraulique pour la nappe phréatique de Mornag,** actuellement effectuée avec les eaux du Nord). Au niveau de la préservation de l'existant, l**es périmètres irrigués au niveau de Zaghouan sont conservés ainsi que l'irrigation des 2 golfs existants à Tunis**. Les **effluents industriels**, après des prétraitements efficaces, sont de plus en plus considérés comme des ressources et sont **recyclés au sein des unités industrielles**, ce qui réduit le volume arrivant aux STEP. Il est estimé que ce recyclage concernerait 20 % des effluents produits en 2025, 50 % d'ici 2030 et 80 % en 2040.

12.5.1.1 Scénario 1 : les EUT, une ressource locale pour aider à l'alimentation en eau potable du Grand Tunis

La croissance démographique du Grand Tunis augmente la demande en eau potable, fournie en majorité par les eaux du Nord. Les EUT, produites au même endroit que la demande en eau potable, sont considérées comme **une ressource importante pour les usages urbains**. Afin de réduire la dépendance de Tunis aux autres régions pour son alimentation en eau potable et **exploiter au maximum les EUT localement**, des efforts sont déployés pour que **ces eaux atteignent une qualité potable**. Elles sont ensuite mélangées dans les réseaux de la SONEDE avec les eaux conventionnelles et **aident à sécuriser l'alimentation de tous les usages urbains sur le long terme** (AEP domestique et collective, usages industriels, usages hôteliers, espaces verts, etc). Ce scénario demande une forte implication de la SONEDE en collaboration avec l'ONAS pour fournir aux différents usagers urbains une ressource sécurisée.

12.5.1.2 Scénario 2 : les EUT, une ressource locale pour garantir l'alimentation du Grand Tunis en primeurs et améliorer le cadre de vie urbain

Une forte volonté politique permet **la maîtrise du développement urbain en périphérie du Grand Tunis**. **Les terres agricoles périurbaines sont en grande partie préservées** pour continuer à contribuer activement à l'approvisionnement alimentaire de la capitale. Les EUT sont considérées comme une **ressource locale et durable** pour alimenter les périmètres irrigués à forte productivité, notamment des **périmètres maraîchers existants ou nouvellement créés**. Ces usages nécessitent des investissements conséquents pour améliorer les traitements, ils nécessitent également de lever les restrictions sur les cultures agricoles irrigables avec les EUT. Comme pour le scénario 1, des usages urbains sont favorisés pour réduire leur consommation d'eau potable mais le traitement n'est pas poussé pour un usage potable. L'irrigation des parcs urbains, l'aménagement de nouvelle zones vertes comme aux abords de la sebkha Sejoumi ainsi que l'alimentation de cette zone humide en y conservant une part du rejet d'EUT de la STEP El Attar permettent aussi **d'améliorer le cadre de vie urbain des tunisois**. Les EUT restent utilisées à moins de 10 – 15 km de leurs lieux de production. **Les eaux conventionnelles sont conservées pour l'AEP**. Ce scénario s'inscrit dans le SDA de la région économique du Nord Est (DGAT, 2011), dont un des objectifs du territoire est de **mieux maîtriser le développement urbain** et de **préserver la place qu'occupe l'agriculture en périphérie des villes**. De même, il répond aux objectifs de la stratégie pour le développement du Gouvernorat de la Manouba à l'horizon 2030 qui sont de préserver deux couronnes agricoles autour de la métropole pour sécuriser l'apport alimentaire, encadrer l'urbanisation et constituer des réserves vertes (CGDR, 2018).

12.5.1.3 Scénario 3 : les EUT, un moyen de préservation des terres agricoles périurbaines tout en réduisant le stress hydrique

Comme pour le scénario précédent, il y a une volonté politique forte pour **la maîtrise du développement urbain en périphérie du Grand Tunis**. Cependant, les EUT sont considérées comme une **ressource de substitution** (ou mélangeable) **aux eaux conventionnelles dans les périmètres existants.** L'objectif recherché, outre la **préservation des terres agricoles périurbaines**, est de **préserver les eaux du Nord pour l'AEP** en limitant leur utilisation pour l'irrigation agricole. Les zones réceptrices des EUT sont particulièrement les périmètres irrigués de la Basse Vallée de la Medjerdah et de la plaine de Mornag. Les cultures pratiquées habituellement dans ces régions sont préservées (arboriculture, viticulture, oléiculture, céréales, fourrages), ce qui demande peu de nouveaux investissements importants dans des nouvelles technologies de traitement. Cependant, **des transferts sont nécessaires** pour alimenter les périmètres les plus éloignés des centres urbains (20 – 25 km). La substitution concerne aussi, pour les volumes résiduels, la plaine de Grombalia au Cap Bon, où les EUT sont utilisées pour irriguer les périmètres agrumicoles (ou viticoles) et/ou pour recharger la nappe de Grombalia.

12.5.1.4 Scénario 4 : Les EUT, une ressource pour dynamiser des zones agricoles à l'extérieur du Grand Tunis

Les zones urbaines sont en forte expansion avec la **raréfaction des réserves foncières de Tunis** et des banlieues Nord et Sud. Cette **expansion gagne du terrain sur les terres agricoles périurbaines**, des périmètres irrigués disparaissent comme celui de Borj Touil et de la Soukra. **Les EUT sont transférées à l'extérieur des zones urbaines pour être exploitées dans les territoires agricoles**. Une partie des EUT viennent alimenter les périmètres irrigués de la basse vallée de la Medjerdah et de la plaine de Mornag, c'est-à-dire les périmètres les plus éloignés du pôle urbain de Tunis et qui ne sont pas menacés d'urbanisation, ainsi que les périmètres irrigués de la plaine de Grombalia. Le reste des EUT **alimentent des zones agricoles dépourvues en eaux conventionnelles**, comme la plaine de Saouaf dans le gouvernorat de Zaghouan par exemple. **Les EUT sont transférées sur des distances importantes** (jusqu'à plus de 30 km), ce qui demande des investissements importants pour le transport, la création de nouveaux périmètres et des infrastructures de stockage. Cette orientation inclut en partie ce qui avait été imaginé lors de l'étude de transfert des EUT du Grand Tunis en 2010.

12.5.1.5 Vue d'ensemble des composantes considérées pour la construction des scénarios

Le schéma ci-dessous synthétise les principales composantes qui ont permis de construire des scénarios, à savoir l'éloignement des usages par rapport à la STEP, le niveau d'ambition technologique pour le traitement des EUT, l'impact sur le bilan en eau (substitution d'usages existants ou création de nouveaux usages) et les types d'usages en fonction de leur localisation en milieu rural ou urbain.

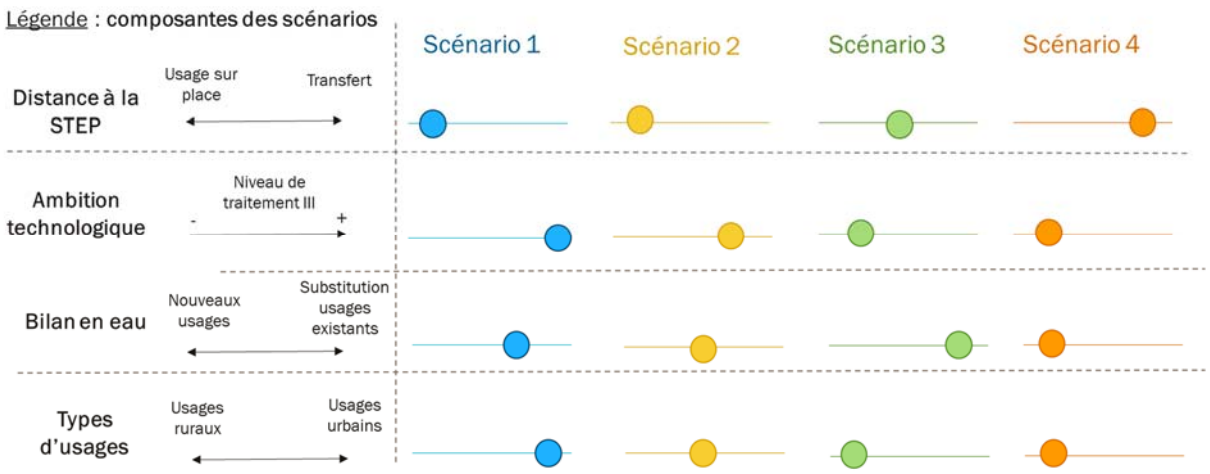


Figure 81 : Principales composantes considérées pour la construction des scénarios pour le Grand Tunis et Zaghouan

12.5.2 Traduction locale à l'échelle des sous zones des scénarios

Afin d'illustrer plus en détails le contenu des scénarios décrits ci-avant, le tableau et les cartes ci-dessous reprennent, pour chacun d'eux, les idées de valorisations des EUT associées pour chacune des sous zones de la région du Grand Tunis et de Zaghouan.

Tableau 88 : Valorisations des EUT proposées pour chacun des 4scénarios

Valorisations des EUT à favoriser		Sous zones de la région				
		Ariana	Manouba	Zaghouan	Plaine de Mornag	Pôle urbain du Grand Tunis
Scénario 1 : Les EUT, une ressource locale pour aider à l'alimentation en eau potable du Grand Tunis						
Extension et/ou intensification des PI existants avec des EUT		**X** *(Idée 1.a, une partie du PPI Borj Touil)*		**X** *(Idée 3.b)*		**X** *(Idée 5.a, PPI Soukra)*
Golfs						**X** (Id*ée 5.c, existants et projetés)*
Espaces verts						**X** *I(dée 5.b)*
Recharge de nappe					**X** *(Idée 4.c)*	
Réutilisation industrielle					**X** *(Idée 4.d)*	**X** *(Idée 5.d)*
AEP					**X** *(Idée 4.h)*	**X** *(Idée 5.e)*
Rejets dans l'oued Medjerdah			**X** *(Idée 2.c)*			
Scénario 2 : Les EUT, une ressource locale pour garantir l'alimentation du Grand Tunis en primeurs et améliorer le cadre de vie urbain						
Extension et/ou intensification des PI existants avec des EUT				**X** *(Idée 3.b)*		**X** *I(dée 5.a, PPI Soukra et Borj Touil)*
Substitutions / mélanges dans des PI	Arbo/fourrages/céréales	**X** *(Idée 1.b)*	**X** *(Idée 2.a)*		**X** *(Idée 4.a)*	**X** *(Idée 5.f)*
	Maraîchage	**X** *(Idée 1.c)*			**X** *(Idée 4.e)*	
Création de nouveaux PI					**X** *(Idée 4.b)*	
Golfs						**X** *Idée 5.c, existants et projetés)*
Espaces verts						**X** *I(dée 5.b)*
Valorisation écologique					**X** *(Idée 4.i)*	
Recharge de nappe					**X** *(Idée 4.c)*	
Réutilisation industrielle					**X** *(Idée 4.d)*	**X** *I(dée 5.d)*
Scénario 3 : Les EUT, un moyen de préservation des terres agricoles périurbaines tout en réduisant le stress hydrique						
Extension et/ou intensification des PI existants avec des EUT				**X** *(Idée 3.b)*		**X** *(Idée 5.a, PPI Soukra et Borj Touil)*
Substitutions / mélanges dans des PI	Arbo/fourrages/céréales	**X** *(Idée 1.b)*	**X** *(Idée 2.a)*		**X** *(Idée 4.a et 4.f)*	**X** *(Idée 5.f)*
Création de nouveaux PI				**X** *(Idée 3.b)*	**X** *(Idée 4.b)*	
Golfs						**X** *(Idée 5.c, existants)*
Recharge de nappe					**X** *(Idée 4.c et 4.f)*	
Scénario 4 : Les EUT, une ressource pour dynamiser des zones agricoles à l'extérieur du Grand Tunis						
Extension et/ou intensification des PI existants avec des EUT				**X** *(Idée 3.b)*		
Substitutions / mélanges dans des PI	Arbo/fourrages/céréales	**X** *(Idée 1.b)*			**X** *(Idée 4.a et 4.f)*	**X** *(Idée 5.f)*
Création de nouveaux PI			**X** *(Idée 2.b)*	**X** *(Idée 3.b)*	**X** *(Idée 4.b et 4.g)*	
Golfs						**X** *(Idée 5.c, existants)*
Recharge de nappe					**X** *(Idée 4.c et 4.f)*	

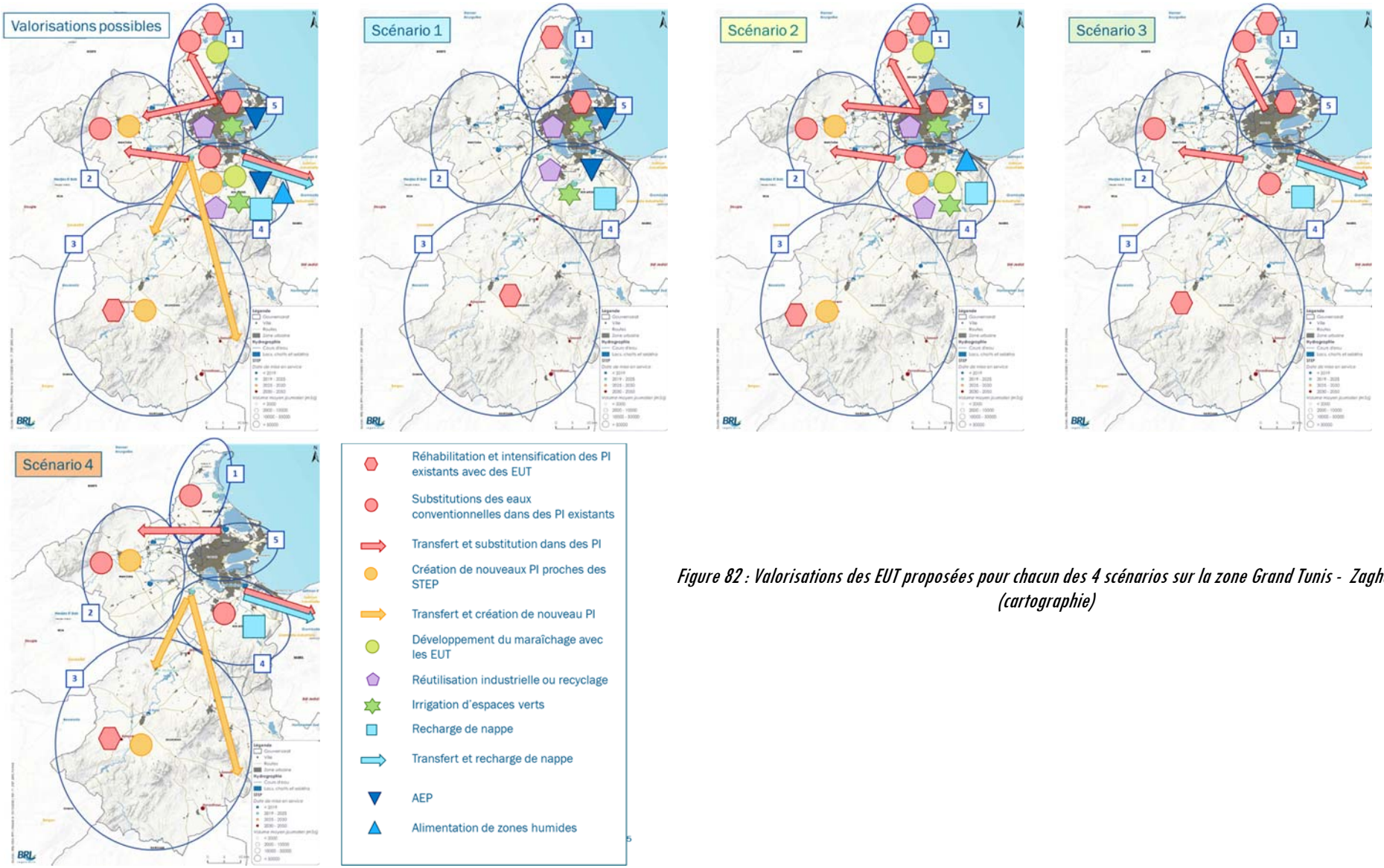


Figure 82 : Valorisations des EUT proposées pour chacun des 4 scénarios sur la zone Grand Tunis - Zaghouan (cartographie)

12.5.3 Description technique des scénarios et part de réutilisation des EUT produites en fonction des usages et des horizons temporels

Le tableau ci-dessous indique l'évolution possible dans le temps des valorisations des EUT par scénario, avec la quantification des volumes réutilisés et des superficies irriguées aux horizons 2025, 2030, 2040 et 2050. Comme expliqué dans le chapitre méthodologique (voir chapitre 0), il indique quels sont les **besoins technologiques** par scénarios pour différents sujets :

- *Les niveaux de qualité (A/B/C/D/E) à atteindre*. Ces niveaux font référence à l'échelle de qualité des EUT définie plus haut dans le rapport, dans les chapitres consacrés à la réglementation et aux traitements possibles.

  Le niveau de qualité est fonction de la nature des valorisations et correspondra à une ou plusieurs options technologiques, tel qu'exposé dans le chapitre consacré au options technologiques possibles.

  On peut par exemple lire dans le tableau, pour le scénario 1 que, en 2025, 100 % du volume des EUT réutilisé (18,5 Mm^3) est traité au niveau B. En 2050, dans ce même scénario, 5 % du volume réutilisé (9.2 Mm^3) devra être traité au niveau C+, 17 % au niveau B (32,2 Mm^3) et 78 % au niveau A+ (150,9 Mm^3).
- *Le besoin en transfert*. Le tableau mentionne la part du volume d'EUT devant être transféré à plus de 5 km, pour trois classes de distances.
- *Le besoin en stockage intersaisonnier*. Le tableau mentionne le volume d'EUT qui devra faire l'objet d'un stockage intersaisonnier.

Certaines hypothèses utilisées pour la formulation des scénarios sont exposées en annexe 4.

Dans **le scénario 1**, près de **82 % des EUT sont réutilisées à l'horizon 2050**. La grande majorité de ce volume réutilisé (**78 %**) correspond à des **EUT traitées à un niveau potable** pour alimenter le Grand Tunis, soit un **niveau de qualité A+.** Ces EUT sont une part du volume produit par les STEP de Choutrana, Sud Meliane et El Attar. Le volume restant permet d'alimenter des usages urbains. **11 % du volume total permet d'alimenter des besoins qui existent déjà aujourd'hui** comme l'irrigation des parcs urbains, des 2 golfs de Tunis, des espaces verts hôteliers et les besoins industriels des zones industrielles de Ben Arous et Tunis. **Des nouveaux usages urbains sont aussi créés**, avec l'augmentation des superficies des parcs urbains par exemple, et donc des superficies irriguées. Ces usages requièrent un niveau de qualité B. Concernant les périmètres existants avec des EUT, ils sont préservés dans ce scénario mais le périmètre de Borj Touil est réduit à une superficie irrigable de 1 000 ha du fait de l'extension de la zone urbaine. La stratégie de ce scénario reposant sur des valorisations au plus proche des STEP, il n'y a **pas de besoins de transferts** de plus de 10 km.

Le taux de réutilisation dans **le scénario 2** est supérieur à celui du scénario 1, avec **91 % des EUT produites valorisées à l'horizon 2050**, dont **70 % de ces eaux réutilisées en irrigation agricole directe**. Plus précisément, **62 % de l'usage agricole correspond à de la substitution des eaux conventionnelles dans les périmètres existants** de la Basse Vallée de la Medjerdah et de la plaine de Mornag. La levée des restrictions sur les **cultures maraîchères** à partir de 2040 permet d'irriguer près **de 2 150 ha supplémentaires dans les périmètres existants**. Elle requiert cependant de **traiter 9 % des EUT réutilisées à un niveau A**. Les 38 % restants réutilisés en agriculture alimentent des **nouveaux périmètres irrigués projetés à court terme** sur la STEP El Attar, El Allef, les STEP de la Manouba, les nouvelles STEP de Zaghouan sur une superficie totale de près de 4 300 ha. Ils comprennent aussi la préservation des PPI existants avec des EUT, et notamment celui de **Borj Touil conservé sur 2 000 ha** grâce à une volonté politique de maitriser l'urbanisation. Au total, **à l'horizon 2050, près de 23 000 ha sont irrigués avec des EUT.** . Les périmètres existants n'étant pas toujours situés à proximité des STEP, cela demande des investissements pour **transférer 46 % des EUT réutilisées.** Cependant, le scénario cherchant à prioriser les valorisations locales, ces transferts sont compris entre 10 et 20 km seulement. De plus, les besoins agricoles n'étant pas homogènes sur l'année, il est nécessaire de prévoir des stockages correspondant **à 34 % des EUT réutilisées** pour les valoriser au maximum. En plus de l'usage agricole, **7 % des EUT réutilisées correspondent aux mêmes usages urbains existants et projetés que pour le scénario 1** (irrigation d'espaces verts, usages industriels, etc.). 12 % des EUT réutilisées provenant de la STEP El Attar sont rejetées dans la Sebkha Sejoumi. Ce volume correspond au volume produit par la STEP El Attar en 2050 moins ce qui permet d'alimenter les périmètres irrigués projetés sur cette station.

Le **scénario 3** présente l**e même taux de réutilisation que le scénario 2, à savoir, à l'horizon 2050, 91 % des EUT produites**. Parmi ces EUT réutilisées, **la grande majorité (85 %) permet de l'irrigation agricole directe pour des cultures actuellement autorisées** (arboriculture et fourrages), dont **60 % pour la substitution des eaux conventionnelles dans les périmètres existants**. Ces PPI concernent ceux de la Basse Vallée de la Medjerdah et de la plaine de Mornag, mais aussi les périmètres agrumicoles de la plaine de Grombalia. Ces derniers, en plus de la recharge de la nappe de Grombalia, nécessitent **un transfert d'une longueur comprise entre 20 et 30 km** à partir de 2040. Cela représente **18 % du volume réutilisé**. De plus, pour répondre aux besoins agricoles, **32 % des EUT réutilisées doivent être stockées**. Comme pour le scénario 2, il est estimé que **2 000 ha du PPI de Borj Touil** pourront être conservés et intensifiés. Au total, près de **22 000 ha sont irrigués avec des EUT à l'horizon 2050**. Cela ne prend pas en compte les surfaces qui pourront être irriguées indirectement grâce aux **recharges des nappes de Mornag et Grombalia qui sont estimées à 15 % du volume réutilisé**.

Enfin, dans **le scénario 4**, **78 % des EUT sont réutilisées à l'horizon 2050**, dont **83 % pour l'usage agricole direct pour des cultures actuellement autorisées**. L'extension de la zone urbaine entraîne la disparition des grands périmètres existants avec des EUT (Borj Touil, La Soukra) et réduit les possibilités de substitution dans les périmètres existants les plus proches des pôles urbains (hypothèse d'urbanisation des PPI de 2% par an). **79 Mm^3**, soit **43 % du volume réutilisé**, **permettent tout de même de substituer les eaux conventionnelles dans les périmètres existants** dans la Basse Vallée de la Medjerdah, la plaine de Mornag et la plaine de Grombalia. Des nouveaux périmètres sont créés autour des STEP de la Manouba et des nouvelles STEP de Zaghouan (horizon 2030). Les EUT du Grand Tunis sont aussi transférées vers Zaghouan, à l'horizon 2040 pour la plaine de Boucha et 2050 pour Saouaf. Ces usages nécessitent des investissements importants en termes de transfert : **4 % des EUT réutilisées sont transférées entre 10 et 20 km** (Basse Vallée de la Medjerdah, partie Ariana)**, 17 % entre 20 et 30 km** (Basse Vallée de la Medjerdah, partie Manouba)**, 36 % entre 30 et 40 km** (Boucha et Grombalia) **et 14 % entre 40 et 50 km** (Saouaf). De plus, **40 % du volume réutilisé doit être stocké**.

.

Tableau 89 : Valorisations des EUT à favoriser et besoins technologiques par scénarios aux différents horizons temporels

Scénarios				Horizons temporels																	
				2020				2025				2030				2040				2050			
	Volume EUT produit (Mm3)			118				143				165				211				244			
	Volume EUT produit si recyclage industriel (Mm3) (a)			118				141				159				201				234			
				Volume réutilisé (Mm3) (b)	Superficies irriguées (ha)	Pourcentage (%)		Volume réutilisé (Mm3) (b)	Superficies irriguées (ha)	Pourcentage (%)		Volume réutilisé (Mm3) (b)	Superficies irriguées (ha)	Pourcentage (%)		Volume réutilisé (Mm3) (b)	Superficies irriguées (ha)	Pourcentage (%)		Volume réutilisé (Mm3) (b)	Superficies irriguées (ha)	Pourcentage (%)	
						(b)/(c)	(b)/(a)			(b)/(c)	(b)/(a)			(b)/(c)	(b)/(a)			(b)/(c)	(b)/(a)			(b)/(c)	(b)/(a)
1	Valorisations des EUT	Extension et intensification des PPI existants avec d		5,7	583	65%	5%	15,3	1 421	83%	11%	16,1	1 421	51%	10%	16,8	1 421	45%	8%	17,6	1 421	9%	8%
		Golfs	Existants et projetés	2,8	78	32%	2%	2,8	78	15%	2%	3,0	78	9%	2%	4,3	188	12%	2%	4,5	188	2%	2%
		Espaces verts touristiques	Existants et projetés									1,4	81	4%	1%	1,6	96	4%	1%	1,6	96	1%	1%
		Espaces verts urbains	Existants et projetés	0,2	16	2%	0%	0,3	25	2%	0%	2,8	334	9%	2%	3,2	367	9%	2%	4,8	516	2%	2%
		Recharge de nappe	Mornag									8,4	-	27%	5%	8,8	-	24%	4%	9,2	-	5%	4%
		Réutilisation industrielle	Hors IAA													2,5	-	7%	1%	3,7	-	2%	2%
		AEP																		150,9	-	78%	64%
		TOTAL (c)		**8,8**	**677**	**100%**	**7%**	**18,5**	**1 524**	**100%**	**13%**	**31,6**	**1 914**	**100%**	**20%**	**37,2**	**2 071**	**100%**	**19%**	**192,3**	**2 221**	**100%**	**82%**
	Options technologiques	Besoins traitements	E	0,0	0	0%	0%	0,0	0	0%	0%	0,0	0	0%	0%	0,0	0	0%	0%	0,0	0	0%	0%
			C+	0,0	0	0%	0%	0,0	0	0%	0%	8,4	-	27%	5%	8,8	-	24%	4%	9,2	-	5%	4%
			B	8,8	677	100%	7%	18,5	1 524	100%	13%	23,2	1 914	73%	15%	28,4	2 071	76%	14%	32,2	2 221	17%	14%
			A	0,0	0	0%	0%	0,0	0	0%	0%	0,0	0	0%	0%	0,0	0	0%	0%	0,0	0	0%	0%
			A+	0,0	0	0%	0%	0,0	0	0%	0%	0,0	0	0%	0%	0,0	0	0%	0%	150,9	-	78%	64%
		Besoins transferts	/																				
		Besoins stockage	/																				
2	Valorisations des EUT	Extension et intensification des PPI existants avec d		5,7	583	65%	5%	25,7	2 421	57%	18%	27,0	2 421	21%	17%	28,3	2 421	15%	14%	29,6	2 421	14%	13%
		Substitution ou mélange	Arbo ou fourrages									49,1	7 836	39%	31%	72,0	12 538	38%	36%	81,8	14 105	38%	35%
			Maraîchage													16,1	1 917	9%	8%	19,0	2 157	9%	8%
		Création de nouveaux PI	Arbo ou fourrages					16,3	3 300	36%	12%	30,1	4 309	24%	19%	31,5	4 309	17%	16%	33,0	4 309	15%	14%
		Golfs	Existants et projetés	2,8	78	32%	2%	2,8	78	6%	2%	3,0	78	2%	2%	4,3	188	2%	2%	4,5	188	2%	2%
		Espaces verts touristiques	Existants et projetés									1,4	81	1%	1%	1,6	96	1%	1%	1,6	96	1%	1%
		Espaces verts urbains	Existants et projetés	0,2	16	2%	0%	0,3	25	1%	0%	2,8	334	2%	2%	3,2	367	2%	2%	4,8	516	2%	2%
		Valorisation écologique	Sebkha Sejoumi									5,7	-	4%	4%	19,7	-	10%	10%	26,1	-	12%	11%
		Recharge de nappe	Mornag									8,4	-	7%	5%	8,8	-	5%	4%	9,2	-	4%	4%
		Réutilisation industrielle	Hors IAA													2,5	-	1%	1%	3,7	-	2%	2%
		TOTAL (c)		**8,8**	**677**	**100%**	**7%**	**45,2**	**5 824**	**100%**	**32%**	**127,4**	**15 059**	**100%**	**80%**	**188,1**	**21 836**	**100%**	**93%**	**213,2**	**23 792**	**100%**	**91%**
	Options technologiques	Besoins traitements	E	0,0	0	0%	0%	0,0	0	0%	0%	5,7	-	4%	4%	19,7	-	10%	10%	26,1	-	12%	11%
			C+	0,0	0	0%	0%	0,0	0	0%	0%	8,4	0	7%	5%	8,8	0	5%	4%	9,2	0	4%	4%
			B	8,8	677	100%	7%	45,2	5 824	100%	32%	113,3	15 059	89%	71%	143,4	19 918	76%	71%	158,9	21 635	75%	68%
			A	0,0	0	0%	0%	0,0	0	0%	0%	0,0	0	0%	0%	16,1	1 917	9%	8%	19,0	2 157	9%	8%
			A+	0,0	0	0%	0%	0,0	0	0%	0%	0,0	0	0%	0%	0,0	0	0%	0%	0,0	0	0%	0%
		Besoins transferts	10 - 20 km									**35,8**	**5 132**	**28%**	**22%**	**94,0**	**12 510**	**50%**	**47%**	**98,3**	**12 510**	**46%**	**42%**
		Besoins stockage	Arbo ou fourrages					9,2	3 300	20%	7%	44,5	12 145	35%	28%	58,2	16 847	31%	29%	64,6	18 414	30%	28%
			Maraîchage													7,4	1 917	4%	4%	8,7	2 157	4%	4%
			TOTAL					**9,2**	**3 300**	**20%**	**7%**	**44,5**	**12 145**	**35%**	**28%**	**65,6**	**18 764**	**35%**	**33%**	**73,2**	**20 571**	**34%**	**31%**

Scénarios				Horizons temporels																	
				2020				2025				2030				2040				2050			
	Volume EUT produit (Mm3)			118				143				165				211				244			
	Volume EUT produit si recyclage industriel (Mm3) (a)			118				141				159				201				234			
				Volume réutilisé (Mm3) (b)	Superficies irriguées (ha)	Pourcentage (%) (b)/(c)	Pourcentage (%) (b)/(a)	Volume réutilisé (Mm3) (b)	Superficies irriguées (ha)	Pourcentage (%) (b)/(c)	Pourcentage (%) (b)/(a)	Volume réutilisé (Mm3) (b)	Superficies irriguées (ha)	Pourcentage (%) (b)/(c)	Pourcentage (%) (b)/(a)	Volume réutilisé (Mm3) (b)	Superficies irriguées (ha)	Pourcentage (%) (b)/(c)	Pourcentage (%) (b)/(a)	Volume réutilisé (Mm3) (b)	Superficies irriguées (ha)	Pourcentage (%) (b)/(c)	Pourcentage (%) (b)/(a)
3	Valorisations des EUT	Extension et intensification des PPI existants avec d		5,7	583	65%	5%	25,7	2 421	57%	16%	27,0	2 421	23%	17%	28,3	2 421	15%	14%	29,6	2 421	14%	13%
		Substitution ou mélange	Arbo ou Fourrages ou Agrumes									54,7	7 836	47%	34%	106,7	14 244	56%	53%	128,0	16 296	60%	55%
		Création de nouveaux PI	Arbo ou Fourrages					16,3	3 300	36%	12%	23,0	3 300	20%	14%	24,1	3 300	13%	12%	25,2	3 300	12%	11%
		Golfs	Existants	2,8	78	32%	2%	2,8	78	6%	2%	3,0	78	3%	2%	3,1	78	2%	2%	3,3	78	2%	1%
		Espaces verts urbains	Aéroport	0,2	16	2%	0%	0,3	25	1%	0%	0,3	25	0%	0%	0,4	25	0%	0%	0,4	25	0%	0%
		Recharge de nappe	Mornag et Grombalia									8,4	-	7%	5%	26,4	-	14%	13%	27,6	-	13%	12%
		TOTAL (c)		**8,8**	**677**	**100%**	**7%**	**45,2**	**5 824**	**100%**	**30%**	**116,5**	**13 660**	**100%**	**73%**	**189,1**	**20 068**	**100%**	**94%**	**214,1**	**22 120**	**100%**	**91%**
	Options technologiques	Besoins traitements	E	0,0	0	0%	0%	0	0	0%	0%	0	0	0%	0%	0	0	0%	0%	0,0	0	0%	0%
			C+	0,0	16	0%	0%	0	0	0%	0%	8,4	-	7%	5%	26,4	-	14%	13%	27,6	-	13%	12%
			B	8,8	677	100%	7%	45,2	5 824	100%	32%	108,1	13 660	93%	68%	162,7	20 068	86%	81%	186,5	22 120	87%	80%
			A	0	0	0%	0%	0	0	0%	0%	0	0	0%	0%	0	0	0%	0%	0	0	0%	0%
			A+	0	0	0%	0%	0	0	0%	0%	0	0	0%	0%	0	0	0%	0%	0	0	0%	0%
		Besoins transferts	10 - 20 km									**54,7**	**7 836**	**47%**	**34%**	**91,7**	**12 538**	**49%**	**46%**	**107,9**	**14 105**	**50%**	**46%**
			30 - 40 km													**32,6**	**1 707**	**17%**	**16%**	**38,6**	**5 427**	**18%**	**16%**
		Besoins stockage	Arbo ou fourrages					9,2	3 300	20%	7%	43,8	11 136	38%	27%	65,2	15 838	34%	32%	74,9	17 405	35%	32%
			Agrumes													**2,7**	1 707	1%	1%	3,7	2 191	2%	2%
			TOTAL					**9,2**	**3 300**	**20%**	**7%**	**43,8**	**11 136**	**38%**	**27%**	**67,9**	**17 544**	**36%**	**34%**	**78,6**	**19 596**	**37%**	**34%**
4	Valorisations des EUT	Extension et intensification des PPI existants avec d		5,7	583	65%	5%	5,7	583	64%	4%	1,4	80	2%	1%	1,5	80	1%	1%	1,6	80	1%	1%
		Substitution ou mélange	Arbo/fourrages									44,7	6 403	64%	28%	76,2	10 077	51%	38%	72,5	9 885	41%	31%
		Création de nouveaux PI	Arbo/fourrages									11,9	1 896	17%	7%	42,5	9 006	28%	21%	71,7	15 862	41%	31%
		Golfs	Existants	2,8	78	32%	2%	2,8	78	32%	2%	3,0	78	4%	2%	3,1	78	2%	2%	3,3	78	2%	1%
		Espaces verts urbains	Aéroport	0,2	16	2%	0%	0,3	25	4%	0%	0,3	25	0%	0%	0,4	25	0%	0%	0,4	25	0%	0%
		Recharge de nappe	Mornag et Grombalia									8,4	-	12%	5%	26,4	-	18%	13%	27,6	-	16%	12%
		TOTAL (c)		**8,8**	**677**	**100%**	**7%**	**8,9**	**686**	**100%**	**6%**	**69,8**	**8 482**	**100%**	**44%**	**150,1**	**19 266**	**100%**	**75%**	**177,0**	**25 930**	**100%**	**75%**
	Options technologiques	Besoins traitements	E	0,0	0	0%	0%	0,0	0	0%	0%	0,0	0	0%	0%	0,0	0	0%	0%	0	0	0%	0%
			C+	0,0	0	0%	0%	0,0	0	0%	0%	8,4	-	12%	5%	26,4	-	18%	13%	27,6	-	16%	12%
			B	8,8	677	100%	7%	8,9	686	100%	6%	61,4	8 482	88%	39%	123,7	19 266	82%	61%	149,4	25 930	84%	64%
			A	0,0	0	0%	0%	0,0	0	0%	0%	0,0	0	0%	0%	0,0	0	0%	0%	0,0	0	0%	0%
			A+	0,0	0	0%	0%	0,0	0	0%	0%	0,0	0	0%	0%	0,0	0	0%	0%	0,0	0	0%	0%
		Besoins transferts	10 - 20 km									**5,5**	**788**	**8%**	**3%**	**7,5**	**1 030**	**5%**	**4%**	**7,2**	**947**	**4%**	**3%**
			20 - 30 km									**23,8**	**3 405**	**34%**	**15%**	**32,6**	**4 452**	**22%**	**16%**	**31,3**	**4 092**	**18%**	**13%**
			30 - 40 km													**59,4**	**8 207**	**40%**	**30%**	**65,8**	**8 691**	**37%**	**28%**
			40 - 50 km																	**26**	**6 500**	**15%**	**11%**
		Besoins stockage	**TOTAL** (Arbo/fourrages)									**31,9**	**8 299**	**46%**	**20%**	**66,9**	**19 083**	**45%**	**42%**	**81,2**	**25 747**	**46%**	**51%**

12.5.4 Comparaison des scénarios proposés

COUTS GLOBAUX

Le tableau ci-dessous indique les coûts des différents scénarios pour leurs différentes composantes (traitement complémentaire, transfert éventuel, stockage éventuel, distribution des EUT par exemple dans le cas de la création d'un nouveau périmètre irrigué).

Le contenu des différentes colonnes a été explicité plus haut (pour le cas de la zone Cap Bon, au chapitre 10.5.4).

Tableau 90 : Coûts globaux (investissement et exploitation) des principaux maillons des filières de REUT à mettre en place dans chaque scénario

		Scénario 1								
		Volume réutilisé	Coût total annuel	%	Coût unitaire global	Inv initial	Inv (avec renouvellement)	Fonc	Energie	
		Mm3	DT		DT/m3	DT	DT/m3	DT/m3	kWh/m3	kWh
TOTAL		**192,3**	**201 804 700**	**100%**	**1,05**	**747 712 798**	**0,58**	**0,47**	**1,74**	**335 028 000**
Traitements complémentaires	C+	9,2	2 576 000	1%	0,28	12 285 000	0,22	0,06	0,21	1 932 000
	B	32,2	4 508 000	2%	0,14	25 081 875	0,11	0,03	0,08	2 576 000
	A									
	A+	150,9	161 463 000	80%	1,07	615 793 750	0,66	0,41	2,10	316 890 000
Transferts	10 - 20 km									
	20 - 30 km									
	30 - 40 km									
	40 - 50 km									
Stockage	Bassins de surface									
Distribution des EUT	Périmètres irrigués	17,6	1 116 000	1%	0,06	8 400 000	0,04	0,04	0,26	4 576 000
Potabilisation		150,9	32 141 700	16%	0,21	86 152 173	0,04	0,18	0,06	9 054 000

		Scénario 2								
		Volume réutilisé	Coût total annuel	%	Coût unitaire global	Inv initial	Inv (avec renouvellement)	Fonc	Energie	
		Mm3	DT		DT/m3	DT	DT/m3	DT/m3	kWh/m3	kWh
TOTAL		**213,2**	**64 375 000**	**100%**	**0,30**	**793 617 838**	**0,20**	**0,10**	**0,39**	**82 780 000**
	E	26,1	0,0	0%	0,00	0	-	-	0,0	0,0
Traitements complémentaires	C+	9,2	2 576 000	4%	0,28	12 285 000	0,22	0,06	0,21	1 932 000
	B	158,9	22 246 000	35%	0,14	144 121 250	0,11	0,03	0,08	12 712 000
	A	19,0	6 270 000	10%	0,33	29 631 875	0,25	0,07	0,27	5 130 000
	A+									
Transferts	10 - 20 km	98,3	7 667 400	12%	0,08	161 071 758	0,05	0,03	0,14	13 762 000
	20 - 30 km									
	30 - 40 km									
	40 - 50 km									
Stockage	Bassins de surface	73,2	13 395 600	21%	0,18	385 007 955	0,15	0,03		
Distribution des EUT	Périmètres irrigués	189,4	12 220 000	19%	0,06	61 500 000	0,05	0,05	0,26	49 244 000
Potabilisation										

		Scénario 3								
		Volume réutilisé	Coût total annuel	%	Coût unitaire global	Inv initial	Inv (avec renouvellement)	Fonc	Energie	
		Mm3	DT		DT/m3	DT	DT/m3	DT/m3	kWh/m3	kWh
TOTAL		**214,1**	**74 910 800**	**100%**	**0,35**	**779 562 423**	**0,22**	**0,11**	**0,42**	**89 789 000**
Traitements complémentaires	C+	27,6	7 728 000	10%	0,28	36 855 000	0,22	0,06	0,21	5 796 000
	B	186,5	26 110 000	35%	0,14	145 315 625	0,11	0,03	0,08	14 920 000
	A									
	A+									
Transferts	10 - 20 km	107,9	8 092 500	11%	0,08	104 267 329	0,04	0,03	0,11	11 869 000
	20 - 30 km	38,6	4 979 400	7%	0,13	100 224 469	0,07	0,06	0,25	9 650 000
	30 - 40 km									
	40 - 50 km									
Stockage	Bassins de surface	68,3	12 498 900	17%	0,18	341 500 000	0,15	0,03		
Distribution des EUT	Périmètres irrigués	182,9	15 502 000	21%	0,08	51 400 000	0,05	0,05	0,26	47 554 000
Potabilisation										

		Scénario 4								
		Volume réutilisé	Coût total	%	Coût unitaire global	Inv initial	Inv (avec renouvellement)	Fonc	Energie	
		Mm3	DT		DT/m3	DT	DT/m3	DT/m3	kWh/m3	kWh
TOTAL		**183,5**	**92 042 400**	**100%**	**0,50**	**1 172 161 836**	**0,30**	**0,20**	**0,88**	**162 167 000**
Traitements complémentaires	C+	27,6	7 728 000	8%	0,28	36 855 000	0,22	0,06	0,21	5 796 000
	B	155,9	21 826 000	24%	0,14	121 456 563	0,11	0,03	0,08	12 472 000
	A									
	A+									
Transferts	10 - 20 km	7,2	1 231 200	1%	0,17	29 615 645	0,12	0,06	0,18	1 296 000
	20 - 30 km	31,3	4 382 000	5%	0,14	98 472 781	0,09	0,05	0,21	6 573 000
	30 - 40 km	65,8	17 239 600	19%	0,26	210 895 765	0,09	0,17	0,94	61 852 000
	40 - 50 km	26,0	10 738 000	12%	0,41	150 266 082	0,16	0,25	1,33	34 580 000
Stockage	Bassins de surface	73,2	13 395 600	15%	0,18	366 000 000	0,15	0,03		
Distribution des EUT	Périmètres irrigués	152,3	15 502 000	17%	0,10	158 600 000	0,11	0,05	0,26	39 598 000
Potabilisation										

NB : les coûts d'investissement pour les périmètres irrigués ne concernent pas les périmètres irrigués avec substitution des eaux conventionnelles car les infrastructures sont déjà existantes. Ils sont cependant comptés dans les coûts de fonctionnement.

Les coûts estimés pour la production d'eau potable à partir d'EUT, projetée dans le scénario 1, sont très élevés en comparaison des autres scénarios. En effet, bien que l'investissement initial soit dans les mêmes ordres de grandeur que celui des scénarios 2 et 3 (proche de 800 millions de DT), les coûts de fonctionnement du traitement pour obtenir une qualité d'EUT A+ sont de l'ordre de 0,59 DT/m^3 (traitement des EUT + potabilisation). L'énergie consommée est aussi très conséquente avec 1.7 kWh/m^3. **Le scénario 4 est aussi plus cher que les scénarios 2 et 3**. En effet, 37 % du coût total est dédié au seul transfert des EUT contre respectivement 12 et 18 % pour les scénarios 2 et 3 pour le transfert. Les coûts pour le traitement complémentaire afin d'atteindre une qualité A pour le scénario 2 n'atteint donc pas les investissements nécessaires pour le transfert des EUT hors du Grand Tunis.

En comparaison du scénario 3, l'investissement initial pour le scénario 2 est supérieur du fait de la création de périmètres irrigués sur de plus grandes superficies et la nécessité d'aménager plus de bassins de stockage. **Cependant, le coût unitaire global est supérieur pour le scénario 3** (0,35 DT/m^3 contre 0,30 DT/m^3 pour le scénario 2) de par les coûts importants de fonctionnement et de renouvellement des ouvrages de transfert jusqu'à 30 km. L'énergie consommée est d'ailleurs aussi plus élevée (0,42 kWh/m^3 contre 0,39 pour le scénario 2).

BENEFICES TERRITORIAUX

Chaque scénario répond à différents enjeux territoriaux, notamment les enjeux de stress hydrique et d'adaptation au changement climatique. Les 3 tableaux ci-dessous reprennent le bilan hydrique de la zone Grand Tunis - Zaghouan et son évolution potentielle en 2050 (RCP 4.5). Pour chaque scénario, il est indiqué le volume réutilisé projeté. Il est précisé la part de ce volume qui alimente de nouveaux usages et celle qui se substitue à des usages existants. Enfin, le volume qui se substitue à des usages existants est comparé avec le déficit hydrique projeté en 2050 de la zone.

Tableau 91 : Impact des scénarios sur le déficit hydrique dela zone Grand Tunis - Zaghouan à l'horizon 2050

Grand Tunis et Zaghouan *CC - RCP 4.5 2050*		Apports annuels renouvelables (Mm3)	Prélèvements effectifs (Mm3)	Projections REUT		Déficit avec volume substitué par EUT (Mm3)	Part substitution / déficit
				Volume réutilisé (Mm3)	*dont substitution*		
Bilan en eau 2050	**sans REUT**	**415**	**541**	0	0	***125***	**0%**
	Scénario 1			192	170	***0***	**100%**
	Scénario 2			213	120	***5***	**96%**
	Scénario 3			214	156	***0***	**100%**
	Scénario 4			183	100	***25***	**80%**

Les 4 scénarios proposés pour la région du Grand Tunis et de Zaghouan utilisent des volumes importants d'EUT pour venir se substituer à des eaux conventionnelles pour des usages existants. Les **scénarios 1 et 3** permettent ainsi de **combler 100 % du déficit de 125 Mm³** projeté pour le Grand Tunis avec l'augmentation des besoins en eau liés à la pression démographique, et 96 % pour le scénario 2. Le **scénario 4**, qui privilégie moins la substitution, permet tout de même de **combler le déficit à hauteur de 80 %.** Les 4 scénarios permettent tous, dans une moindre mesure, de **réduire le stress hydrique** de la région à l'horizon 2050, mais avec des stratégies différentes. Pour les scénarios 2, 3 et dans une moindre mesure le scénario 4, les EUT permettent de conserver les eaux conventionnelles pour des usages en eau potable du Grand Tunis en venant remplacer les eaux des barrages pour l'irrigation des périmètres existants. Le scénario 1, quant à lui, permet une alimentation directe du Grand Tunis en eau potable via les EUT pour aider à sécuriser son approvisionnement.

D'autres bénéfices territoriaux sont apportés par les différents scénarios. Pour **les scénarios 1 et 2** qui privilégient des valorisations locales et urbaines, ils permettent d'aider au d**éveloppement des secteurs touristiques, industriels** mais aussi à **l'amélioration du cadre de vie urbain** en irrigant des nouveaux espaces verts. Les **scénarios 2 et 3**, en irriguant des terres agricoles périurbaines, aident à **maitriser l'urbanisation** tout en aidant au **développement agricole** en périphérie du Grand Tunis. Le **scénario 4**, quant à lui, permet de **d'irriguer des zones agricoles dépourvues de ressources en eau** et donc de développer des zones rurales du Gouvernorat de Zaghouan.

Le détail des volumes substitués par usages et par scénario est exposé en annexe 5.

Le tableau ci-dessous résume pour chacun des scénarios les bénéfices territoriaux auxquels ils contribuent.

Tableau 92 : Bénéfices territoriaux apportés dans les différents scénarios proposés

Scénarios \ Bénéfices territoriaux	Lutte contre le stress hydrique	Adaptation au CC	Préservation des eaux conventionnelles pour l'AEP	Sécurisation directe de l'AEP du Grand Tunis	Préservation des eaux souterraines (qualité)	Protection des zones littorales sensibles	Dynamisation du secteur agricole	Préservation des terres agricoles périurbaines	Aide au développement des zones rurales intérieures	Aide au développement du secteur touristique	Aide au développement du secteur industriel	Amélioration du cadre de vie	Sécurité alimentaire nationale
Scénario 1 : les EUT, une ressource locale pour aider à l'alimentation en eau potable du Grand Tunis	■	▫		■	▫	■				■	■	■	
Scénario 2 : les EUT, une ressource locale pour garantir l'alimentation du Grand Tunis en primeurs et améliorer le cadre de vie urbain	■	■	■		▫	■	■	■		■	■	■	▫
Scénario 3 : les EUT, un moyen de préservation des terres agricoles périurbaines tout en réduisant le stress hydrique	■	■	■		▫	■	■	■					▫
Scénario 4 : Les EUT, une ressource pour dynamiser des zones agricoles à l'extérieur du Grand Tunis	▫	▫	▫		▫	■	■		■				▫

■ Le scénario contribue fortement au bénéfice territorial

▫ Le scénario contribue modéremment au bénéfice territorial

Le scénario ne contribue pas ou peu au bénéfice territorial

NIVEAUX D'AMBITION POUR LEVER LES CONTRAINTES REGLEMENTAIRES, INSTITUTIONNELLES, SANITAIRES, ENVIRONNEMENTALES ET SOCIALES

Les **scénarios 1 et 2** nécessitent de mettre en place des **technologies de traitement avancées** (niveaux de qualité A et A+) et de **développer de nouveaux usages avec les EUT interdits en 2020** (irrigation de culture maraichères, AEP). Les **risques sanitaires sont élevés** en cas de dysfonctionnement des traitements et des mesures barrières. De plus, des nouveaux usages nécessitent des **modifications importantes du cadre réglementaire et institutionnel** (nouveaux cahiers des charges, nouvelles structures impliquées, nouveaux usagers potentiels etc.). Ils proposent aussi des usages qui peuvent rencontrer des réticences en termes d'acceptabilité sociale si la confiance des usagers dans la qualité des EUT n'est pas établie. Particulièrement pour l'AEP, les freins psychologiques seront difficiles à lever. Ces deux scénarios apparaissent donc comme **très ambitieux** au regard des contraintes à lever.

Les **scénarios 3 et 4** requièrent plutôt des besoins en termes de transfert que de niveau de traitement, d'où **un niveau d'ambition technologique estimé plus faible pour ces scénarios**. La majorité des usages se concentre sur de l'irrigation agricole pour des cultures actuellement autorisées, **les risques sanitaires mais aussi les besoins réglementaires et les freins sociaux sont donc moindres**. Des grands projets de transferts et la substitution des eaux conventionnelles par des EUT dans des périmètres existants demanderont tout de même des changements au niveau du cadre institutionnel et des campagnes de sensibilisation.

Tableau 93 : Comparaison des scénarios proposées pour le Grand Tunis et Zaghouan en fonction des niveaux d'ambitions par contraintes

Scénarios	Ambition technologique		Contraintes				
	2030	2050	Besoins réglementaires	Besoins institutionnels	Risques sanitaires	Risques environnemen - taux	Acceptabilité sociale
1 : les EUT, une ressource locale pour aider à l'alimentation en eau potable du Grand Tunis	●	●	●	●	●	●	●
2 : les EUT, une ressource locale pour garantir l'alimentation du Grand Tunis en primeurs et améliorer le cadre de vie urbain	●	●	●	●	●	●	●
3 : les EUT, un moyen de préservation des terres agricoles périurbaines tout en réduisant le stress hydrique	○	●	●	●	○	●	●
4 : Les EUT, une ressource pour dynamiser des zones agricoles à l'extérieur du Grand Tunis	○	●	●	●	○	●	○



12.5.5 Conclusion sur la situation du Grand Tunis et de Zaghouan et les opportunités de développement de la REUT

12.5.5.1 Le Grand Tunis, premier pôle producteur des EUT du pays dans une région avec un bilan hydrique non déficitaire… jusqu'à présent

La **production d'EUT au niveau du Grand Tunis est un enjeu stratégique majeur pour le pays**. En effet, **l'abondance des volumes produits** (proches de 240 Mm^3 en 2050) et les **impacts environnementaux négatifs de leurs rejets dans le Golfe de Tunis** exigent un questionnement éminent sur leur devenir.

Les phases de concertation menées lors de cette phase de prospective ont montré l'intérêt plus faible des acteurs régionaux pour le sujet de la REUT par rapport à d'autres régions avec un bilan hydrique déficitaire. En effet, les besoins en eau actuels sont satisfaits grâce, notamment, aux transferts des eaux du Nord. **L'offre en EUT est donc supérieure à la demande**, rien qu'en termes quantitatifs.

Cependant, de nombreux facteurs vont influer sur ce transfert des eaux du nord : croissance démographique et augmentation des besoins en AEP, développement industriel, diminution de la disponibilité des eaux de surface et augmentation des cultures avec le changement climatique, etc. **La concurrence entre les usages va s'intensifier et le déficit hydrique va se creuser** (estimation d'un déficit de 125 Mm^3 pour le Grand Tunis en 2050 dans un scénario modéré des conséquences du changement climatique). **Dans un tel contexte, les EUT devront trouver leur place dans le mix des ressources hydriques de la région afin de pallier ce déficit**. Les choix politiques qui vont conditionner l'avenir de la REUT pour la zone du Grand Tunis sont donc cruciaux.

12.5.5.2 Des possibilités de REUT multiples à prioriser en fonction des bénéfices territoriaux recherchés

La multiplicité des possibilités de REUT rend la question des choix de valorisations à privilégier complexe. Pour certains Gouvernorats, les flux d'EUT produits pourront être absorbés à proximité des STEP pour des usages agricoles : c'est le cas de la Manouba ; de Zaghouan, et de l'Ariana. Pour les principales STEP du pôle urbain de Tunis (Choutrana, Sud Meliane, El Attar), le volume produit ne pourra pas être entièrement réutilisé sur place. **Même si on privilégie des usages urbains, les besoins ne seront pas suffisants** (estimation à 6 % des EUT produites) pour utiliser les EUT produites, sauf en cas d'usage pour l'AEP. **Le transfert vers des zones agricoles sera incontournable pour valoriser les EUT, à moins que l'usage eau potable avec la REUT soit développé.**

En termes d'usages agricoles, les possibilités restent nombreuses : irrigation des cultures maraîchères, création de nouveaux périmètres ou substitution des eaux conventionnelles dans des périmètres existants, transferts jusqu'au Cap Bon pour répondre aux besoins existants ou jusqu'à Zaghouan pour développer des surfaces irriguées, etc. Chacune de ces possibilités répond à des enjeux territoriaux précis. Cette phase prospective a été l'occasion, lors des rencontres avec les acteurs régionaux, de **faire germer l'idée qu'une substitution des eaux du nord alimentant les périmètres de la Basse Vallée de la Medjerdah par les EUT est une option envisageable**. Elle serait une **réponse forte à la dégradation du bilan hydrique** de la région tout en aidant à la **préservation de terres agricoles périurbaines**. Il en est de même pour les périmètres irrigués de la plaine de Mornag pour **la conservation de son patrimoine arboricole**, même si la défiance envers les EUT dans cette région est plus forte à cause des mauvaises expériences du passé. Quant à l'idée du transfert des EUT restantes vers la plaine de Grombalia, elle rencontre des réticences auprès des acteurs régionaux du Cap Bon qui demandent à valoriser en priorité les EUT produites localement.

L'avis du Consultant est que le scénario 1, qui propose la potabilisation des EUT à l'horizon 2050, apparaît comme peu réaliste à cet horizon au regard du niveau de technologie demandé et des coûts associés. D'autres valorisations des EUT sont à privilégier dans un premier temps. A moyen terme, l'accent devrait être mis (i) sur la préservation des eaux du Nord pour l'AEP du Grand Tunis et (ii) sur la préservation des terres agricoles périurbaines avec la substitution des eaux de barrages dans les périmètres existants de la Medjerdah et de Mornag. Des outils devront être mis en place pour sensibiliser les agriculteurs au changement de ressources (subventions, formations, sensibilisation au déficit hydrique, obligations, etc.). Toujours d'après le Consultant, le transfert des EUT du Grand Tunis vers le gouvernorat de Zaghouan pour la création de nouveaux périmètres irrigués ne semble pas opportun au regard de l'impact sur le bilan hydrique global de telles valorisations (augmentation globale de la consommation d'eau), des coûts d'investissement et de fonctionnement très importants nécessaires et de la forte consommation énergétique associée. Ce transfert sera éventuellement à considérer en dernier ressort en fonction des volumes restants des EUT après leur valorisation au maximum au plus proche du pôle urbain.

13. ETUDE PROSPECTIVE DE LA REUT POUR LA ZONE DU GRAND SUD

13.1 OFFRE POTENTIELLE EN EUT DANS LE GRAND SUD D'ICI 2050. COMMENT CETTE OFFRE S'INSCRIT DANS LE MIX DE RESSOURCES EN EAU GLOBAL DE LA REGION ?

13.1.1 Un développement important du parc épuratoire, qui pourrait faire passer les flux d'EUT de 35 Mm³ à près de 100 Mm³ d'ici 2050

FLUX LIES AU PARC EPURATOIRE MUNICIPAL EN MILIEU URBAIN

Le parc épuratoire de la région du Grand Sud regroupe un total (chiffre 2018) de 20 STEP. Les Gouvernorats de Gabes, Gafsa et Medenine sont dotés d'un schéma directeur d'assainissement à l'horizon 2036. Un large programme de création de nouvelles STEP et d'extension de celles existantes est prévu. Pour les gouvernorats de Tozeur, Kebili et Tataouine, l'ONAS a un programme à court terme.

Concernant l'assainissement de la **ville de Gabes**, enjeu majeur pour ce Gouvernorat, les principales interventions prévues sont les suivantes :

- Réalisation de la STEP de Gabes Nord pour 2025 pour soulager la STEP actuelle de Gabes,
- Réalisation de la STEP de Gabes Sud après 2030 avec notamment le raccordement de la nouvelle zone touristique projetée de Chott Hamrouni,
- Abandon de la STEP de Gabes à la suite de la mise en route de la STEP de Gabes Sud.

Concernant la **ville de Zarzis**, autre futur pôle épuratoire majeur de la région Grand Sud, la nouvelle STEP Zarzis Sud va remplacer d'ici 2025 la STEP actuelle appelée Zarzis Ville. Les 2 autres STEP existantes de Souihel et Lella Mariem vont aussi être abandonnées au profit de la nouvelle STEP de Hassi Jerbi.

Au niveau de **l'île de Djerba**, aucune nouvelle STEP n'est programmée mais des extensions vont avoir lieu sur l'ensemble des STEP (Houmt Essouk, Aghir et Ajim).

Pour la **ville de Medenine**, la STEP fait partie du programme de court terme de l'ONAS afin qu'elle soit réhabilitée rapidement, qu'un traitement tertiaire soit ajouté et que le rejet dans l'oued Smar soit déplacé.

Pour la **ville de Gafsa**, l'ancienne STEP surchargée par lagunage a été remplacée depuis 2020 par une STEP boues activées avec traitement tertiaire et cogénération.

Pour **les autres zones de la région Grand Sud**, en dehors des grands pôle urbains, il est prévu la réalisation de nombreuses STEP de petite à moyenne capacité pour assainir des zones non raccordées au réseau de l'ONAS jusqu'à présent. Les principales réalisations projetées sont les suivantes :

- Mise en route de la **STEP de Ben Guerdane** dans le Gouvernorat de Medenine, actuellement en cours de réalisation, d'une capacité pouvant s'étendre jusqu'à 6,5 Mm³/an. 5 autres STEP très modestes sont prévues (moins de 500 000 m³/an) sur l'ensemble du Gouvernorat.
- La zone intérieure de Gabes sera dotée de 5 nouvelles STEP. Actuellement, seule la STEP de El Hamma existe dans cette zone.
- 5 nouvelles STEP sont aussi projetées d'ici 2025 pour le Gouvernorat de Gafsa, dont la STEP qui raccordera à la fois la commune de Redeyef et celle de Oum El Araies et la STEP de El Guettar dont la mise en service est prévue pour 2022.

- Pour les gouvernorats de Tozeur, Kebili et Tataouine, au vu de la faible croissance démographique projetée, l'extension du parc épuratoire s'arrêtera à quelques nouvelles STEP très modestes (moins de 700 000 m^3/an) : Hazoua en 2025, Souk Lahad, Rjim Maatoug, Hammet El Djerid, Remada, Dhehiba en 2030...

L'ONAS prévoit de développer 3 stations avec des procédés d'assainissement semi-collectifs adaptés à des faibles volumes et aux milieux ruraux. Ces STEP sont celles de Hazoua à Tozeur, Menzel El Habib à Gabes, Hassi Omor à Medenine et Rjim Maatoug à Kebili. Les volumes sont très faibles au regard des volumes produits par les centres urbains qui représentent l'enjeu principal de la REUT.

Comme indiqué dans les schémas directeurs d'assainissement, des projets couteux d'émissaires en mer pour les STEP de Gabes et de Zarzis ont été abandonnés afin de privilégier la REUT comme destination finale des effluents.

Le tableau suivant indique les flux d'EUT calculés aux différents horizons temporels de l'étude, ainsi que l'évolution potentielle des traitements tertiaires.

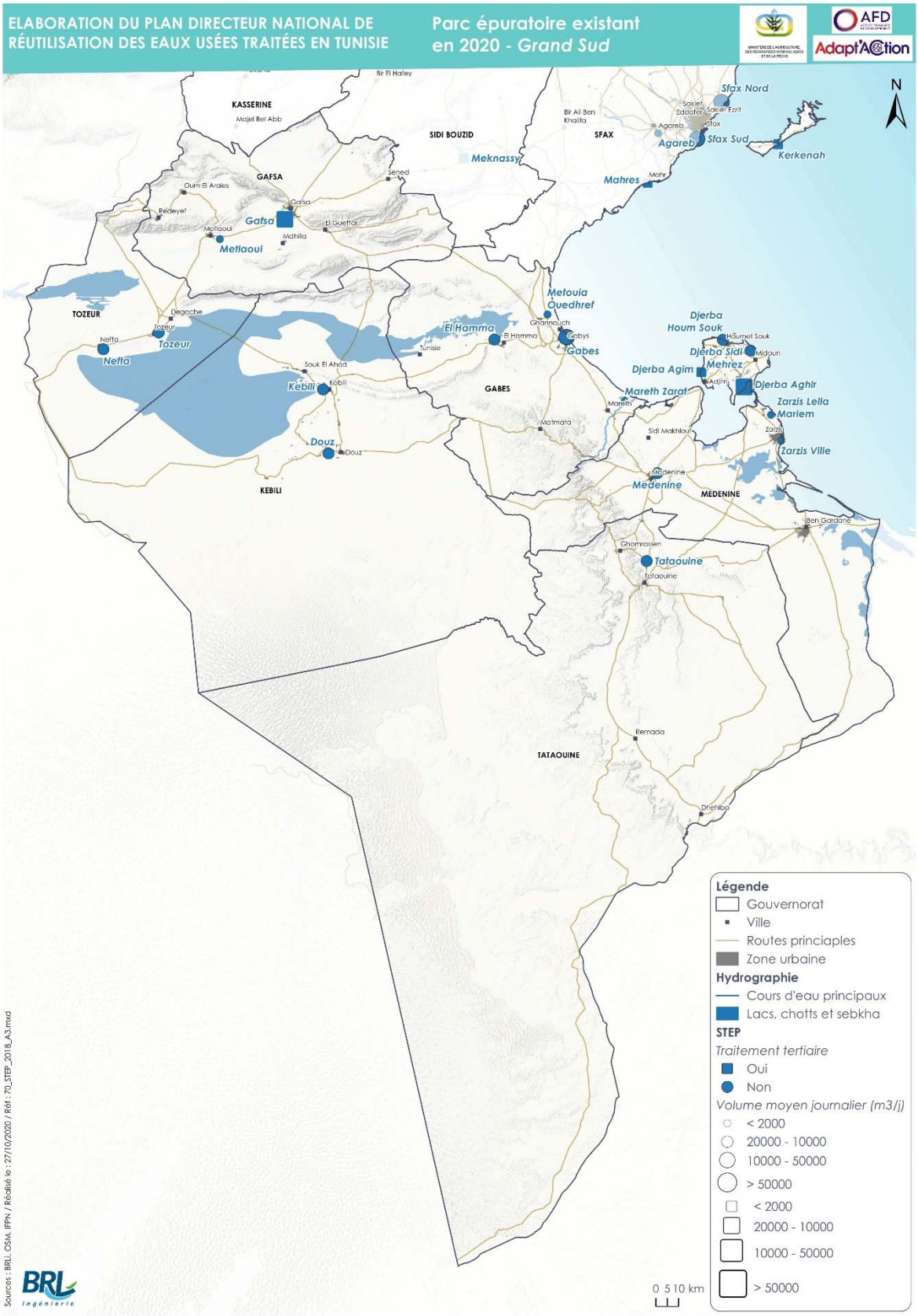
Le flux actuel total d'EUT est de l'ordre de 35 Mm^3/an. Il pourrait atteindre environ 100 Mm^3/an en 2050.

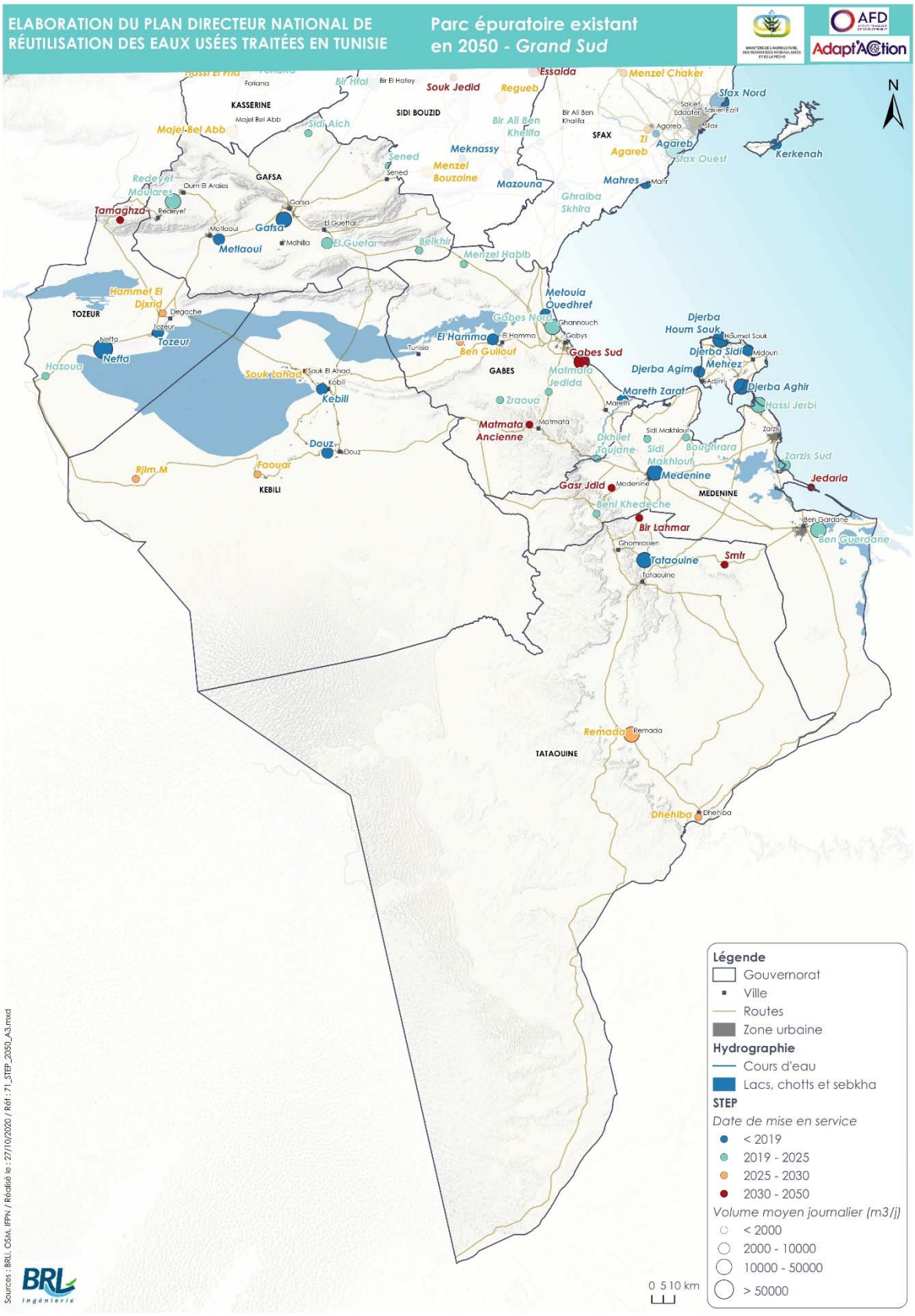
Les cartes associées présentent les STEP existantes et programmées dans la zone Grand Sud.

Tableau 94 : Liste des STEP existantes et futures au Grand Sud et flux d'EUT aux différents horizons temporels

				Traitement III						Flux total (Mm3/an)					
Gouvernorat	**STEP**	**Année de mise en service**	**Année de fin de fonct.**	**2018**	**2020**	**2025**	**2030**	**2040**	**2050**	**2018**	**2020**	**2025**	**2030**	**2040**	**2050**
Medenine	Djerba Sidi Mehrez	1981					x	x	x	1,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0
Medenine	Zarzis Lella Mariem	1982								0,4	0,8	0,0	0,0	0,0	0,0
Gafsa	Gafsa	1985		x	x	x	x	x	x	2,0	6,5	7,3	9,1	11,7	13,4
Medenine	Djerba Houm Souk	1991				x	x	x	x	0,8	2,6	4,2	5,0	6,3	7,1
Medenine	Zarzis Ville	1992								0,7	0,5	0,0	0,0	0,0	0,0
Tozeur	Nefta	1992								0,8	0,8	0,9	1,0	1,1	1,2
Gabes	Gabes	1995								6,1	7,0	4,3	4,2	0,0	0,0
Tataouine	Tataouine	1999					?	?	?	2,7	3,4	3,8	4,4	4,8	5,0
Medenine	Medenine	2000						x	x	2,0	2,2	2,7	4,6	5,7	6,5
Tozeur	Tozeur	2000					?	?	?	2,2	1,7	1,9	2,2	2,4	3,2
Medenine	Djerba Aghir	2001		x	x	x	x	x	x	1,8	1,6	2,5	3,4	4,7	5,6
Kebili	Kebili	2002					?	?	?	0,8	0,8	0,8	0,8	1,1	1,3
Gabes	El Hamma	2004					x	x	x	1,3	1,6	1,8	2,8	3,3	3,8
Kebili	Douz	2004								0,9	1,1	1,1	1,3	1,7	1,9
Gafsa	Metlaoui	2006				x	x	x	x	0,5	0,9	1,3	2,7	3,3	3,8
Gabes	Metouia Ouedhref	2007				x	x	x	x	0,7	0,8	0,9	1,1	1,3	1,6
Gabes	Mareth Zarat	2007				x	x	x	x	0,5	0,5	0,6	0,8	1,1	1,3
Medenine	Djerba Agim	2016		x	x	x	x	x	x	0,0	0,4	0,4	1,1	2,6	2,9
Gabes	Menzel Habib	2020								0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1
Medenine	Ben Guerdane	2020		x	x	x	x	x	x	0,0	0,0	1,3	2,4	5,4	6,1

Gabes	Gabes Nord	2025				x	x	x	x	0,0	0,0	4,0	5,4	7,1	8,3
Gabes	Matmata Jedida	2025				x	x	x	x	0,0	0,0	0,2	0,3	0,5	0,6
Gabes	Zraoua	2025								0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Gabes	Dkhilet Toujane	2025								0,0	0,0	0,1	0,2	0,2	0,2
Gafsa	Redeyef Moulares	2025								0,0	0,0	2,3	2,8	3,4	4,6
Gafsa	El Guetar	2025				x	x	x	x	0,0	0,0	0,6	0,7	0,9	1,1
Gafsa	Sened	2025				x	x	x	x	0,0	0,0	0,4	0,5	0,6	0,7
Gafsa	Sidi Aich	2025								0,0	0,0	0,1	0,1	0,1	0,1
Gafsa	Belkhir	2025								0,0	0,0	0,1	0,1	0,1	0,1
Medenine	Beni Khedèche	2025				x	x	x	x	0,0	0,0	0,0	0,1	0,1	0,2
Medenine	Zarzis Sud	2025				x	x	x	x	0,0	0,0	1,3	1,5	3,0	3,4
Medenine	Boughrara	2025								0,0	0,0	0,2	0,2	0,2	0,2
Medenine	Sidi Makhlouf	2025								0,0	0,0	0,1	0,1	0,1	0,1
Medenine	Hassi Jerbi	2025				x	x	x	x	0,0	0,0	2,2	2,3	3,9	4,2
Tozeur	Hazoua	2025				?	?	?	?	0,0	0,0	0,1	0,1	0,1	0,1
Gabes	Ben Guilouf	2030					x	x	x	0,0	0,0	0,0	0,2	0,2	0,2
Kebili	Souk Lahad	2030					?	?	?	0,0	0,0	0,0	0,6	0,6	0,7
Kebili	Rjim Mâatoug	2030					?	?	?	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Tataouine	Dhehiba	2030					?	?	?	0,0	0,0	0,0	0,1	0,1	0,1
Tataouine	Remada	2030					?	?	?	0,0	0,0	0,0	0,2	0,4	0,4
Tozeur	Hammet El Djérid	2030					?	?	?	0,0	0,0	0,0	0,2	0,2	0,2
Gabes	Matmata Ancienne	2040								0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	0,1
Gabes	Gabes Sud	2040						x	x	0,0	0,0	0,0	0,5	5,6	6,3
Medenine	Gasr Jdid	2040						?	?	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	0,1
Medenine	Jedaria	2040						?	?	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	0,1
Tataouine	Bir Lahmar	2040						?	?	0,0	0,0	0,0	0,0	0,2	0,2
Tataouine	Smâr	2040						?	?	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	0,1
Tozeur	Tamaghza	2040						?	?	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	0,1
Kebili	Faouar	2040						?	?	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	0,1
								TOTAL FLUX		**25**	**35**	**50**	**65**	**87**	**99**


ELABORATION DU PLAN DIRECTEUR NATIONAL DE RÉUTILISATION DES EAUX USÉES TRAITÉES EN TUNISIE
Parc épuratoire existant en 2020 - Grand Sud
AFD
Adapt'Action
N
KASSERINE
Majel Bel Abb
SIDI BOUZID
SFAX
GAFSA
Oum El Araies
Redeyef
Gafsa
El Guettar
Mdhilla
Metlaoui
Sened
Meknassy
Bir El Hafey
Bir Ali Ben Khalifa
Sakiet Eddaier
Sakiet Ezzit
Agareb
Sfax
Sfax Nord
Sfax Sud
Kerkenah
Mahres
Mahr
TOZEUR
Degache
Tozeur
Nefta
Souk El Ahad
Kebili
Douz
KEBILI
Tunisie
El Hamma
Gabès
Ghannouch
Metouia
Ouedhref
GABES
Djerba Houm Souk
Houmet Souk
Midoun
Djerba Sidi Mehrez
Djerba Agim
Adjim
Djerba Aghir
Mareth Zarat
Mareth
Matmata
Sidi Makhlouf
Zarzis Lella Mariem
Zarzis
Zarzis Ville
Médenine
MEDENINE
Ben Gardane
Ghomrassen
Tataouine
TATAOUINE
Remada
Dhehiba
Légende
Gouvernorat
Ville
Routes principales
Zone urbaine
Hydrographie
Cours d'eau principaux
Lacs, chotts et sebkha
STEP
Traitement tertiaire
Oui
Non
Volume moyen journalier (m3/j)
< 2000
20000 - 10000
10000 - 50000
> 50000
< 2000
20000 - 10000
10000 - 50000
> 50000
0 5 10 km
Sources : BRLi, CSM, IFPN / Réalisé le : 27/10/2020 / Réf : 70_STEP_2018_A3.mxd
BRL ingénierie


ELABORATION DU PLAN DIRECTEUR NATIONAL DE RÉUTILISATION DES EAUX USÉES TRAITÉES EN TUNISIE
Parc épuratoire existant en 2050 - Grand Sud
AFD
Adapt'Action
N
KASSERINE
SIDI BOUZID
GAFSA
TOZEUR
KEBILI
GABES
SFAX
MEDENINE
TATAOUINE
Essaida
Menzel Chaker
Sfax Nord
Kerkenah
Souk Jedid
Regueb
Meknassy
Menzel Bouzaine
Mazouna
Mahres
Ghraiba
Skhira
Majel-Bel Abb
Redeyef
Tamaghza
Metlaoui
Gafsa
Belkhir
Menzel Habib
Hammet El Djrid
Nefta
Hazoua
Tozeur
Kebili
Souk Lahad
Douz
Rjim M
Faouar
Metouia
Ouedhref
El Hamma
Ben Gullout
Gabes Nord
Gabes Sud
Matmata Jedida
Matmata Ancienne
Zraoua
Djerba Houm Souk
Djerba Sidi Mehrez
Djerba Agim
Djerba Aghir
Mareth Zarat
Hassi Jerbi
Zarzis
Zarzis Sud
Jedaria
Dkhilet Toujane
Sidi Boughrara
Gasr Jdid
Medenine
Beni Khedeche
Bir Lahmar
Ben Gardane
Ben Guerdane
Tataouine
Smar
Remada
Dehiba
Légende
Gouvernorat
Ville
Routes
Zone urbaine
Hydrographie
Cours d'eau
Lacs, chotts et sebkha
STEP
Date de mise en service
< 2019
2019 - 2025
2025 - 2030
2030 - 2050
Volume moyen journalier (m3/j)
< 2000
2000 - 10000
10000 - 50000
> 50000
0 5 10 km
Sources : BRL, OSM, IFPN / Réalisé le : 27/10/2020 / Réf : 71_STEP_2050_A3.mxd
BRL ingénierie

Il faut cependant noter qu'en l'état actuel, **près de 22 % du flux d'EUT produit au Grand Sud présente des salinités supérieures à 3 g/L**, peu compatibles avec l'irrigation (agricole ou espaces verts). Cela concerne exclusivement des STEP situées sur le littoral et notamment la zone de Djerba et Zarzis. Ces salinités élevées peuvent s'expliquer par l'intrusion des eaux de nappes salines dans les réseaux d'assainissement.

Tableau 95 : Salinité des eaux en sortie des STEP du Grand Sud pour l'année 2017 (ONAS, 2017)

STEP	Volume d'EUT produit (m3/an)	Taux de salinité en sortie de STEP (g/L)	Part du flux d'EUT en fonction des classes de salinité	Part du flux d'EUT en fonction du seuil de salinité 3 g/L
El Fahs	473 000	1,4	18%	78%
Gafsa	3 065 000	1,6		
Kebili	912 000	2,0		
Zarzis Souihel	149 000	2,3	60%	
Nefta	830 000	2,4		
Medenine	1 798 000	2,4		
Gabes	3 745 000	2,4		
Tozeur	1 961 000	2,5		
Zarzis Lella Mariam	423 000	2,7		
Metlaoui	559 000	2,7		
Tataouine	2 374 000	2,8		
Douz	725 000	2,8		
Mareth Zarrat	470 000	2,9		
El Hamma	1 966 000	2,9		
Jerba Houmt Essouk	766 000	3,2	18%	22%
Jerba Sidi Mehrez	487 000	3,5		
Metouia Ouidhref	659 000	3,5		
Jerba Aghir	2 564 000	3,6		
Zarzis Ville	915 000	5,4	4%	

FLUX INDUSTRIELS NON RACCORDES

Le CADRIN de l'ONAS inventorie **27 industries non raccordées au réseau d'assainissement collectif**, présentes surtout à Medenine et Gabes (respectivement 15 et 8 industries). Parmi ces industries, 17 sont des industries agro-alimentaires, en grande majorité des abattoirs. **Seulement 3 d'entre elles réalisent des prétraitements**. Les milieux de rejets des effluents sont surtout des oueds. Le tableau ci-dessous est un extrait du CADRIN de l'ONAS concernant la région du Grand Sud. Il indique les industries où le volume rejeté a été pu être estimé et est supérieur à 1 000 m^3/an.

Tableau 96 : Industries non raccordées au réseau d'assainissement collectif où le volume de rejet est évalué (ONAS, 2019)

Secteur d'activité	Prétraitement réalisé	Milieu de rejet	Volume rejeté (m^3/an)
Production de viande de boucherie	Non	Oued	3 000
Transformation et conservation de tomates	Non	Oued	1 500
Fabrication d'appareils sanitaires en céramique	Non	Oued	1 300

Secteur d'activité	Prétraitement réalisé	Milieu de rejet	Volume rejeté (m^3/an)
Production de boissons rafraîchissantes	Non	Puit perdu	1 200

13.1.2 Une offre en EUT qui pourrait réduire le déficit hydrique régional d'environ 15%

CLIMAT

La zone du Grand Sud est caractérisée par une **pluviométrie très faible** et sensiblement inférieure à la moyenne tunisienne. Elle dispose d'un climat quasi désertique (DGRE, 2019). En moyenne sur la période 1980-2009, **le cumul annuel de précipitation est de 141 mm/an (±100 mm/an)** (CHPclim, 2020).

D'après les projections climatiques du CMIP4 et du CMIP5, le littoral tunisien, serait davantage épargné que la partie Ouest par la réduction de la pluviométrie à l'horizon 2050. **La diminution des précipitations serait comprise entre 0% et 20%**. Comme toutes les autres zones du pays, celle-ci subira un réchauffement déjà à l'œuvre qui induira en particulier une évapotranspiration plus importante et conséquemment une hausse de la sécheresse pédologique, une réduction de la recharge des nappes et des besoins en eau plus élevées pour les cultures. L'élévation de température pourrait aller jusqu'à **+2,6°C** à l'horizon 2050 dans le cadre du scénario d'émission le plus pessimiste, à savoir le RCP 8.5.

EAU DE SURFACE

Hydrologie

La zone du Grand Sud est située dans la région hydrologique n°9, appelée « Sud ». Cette zone regroupe les littoraux de Gabès et Médenine, les Chotts de Fjej, Regoug et Jerid ansi que les bassins sahariens. Les Gouvernorats de Gafsa et Tozeur couvrent également une partie de la région hydrologique n°8, à savoir le Chott El Gharasa et El Guettar Sidi Mansour. D'après les analyses et les modélisations hydrologiques de la troisième phase de l'étude CRET, les écoulements sur la zone du Grand Sud représentent environ 4,3 mm/an, soit un **volume écoulé annuellement de 392 Mm^3/an**. Cette estimation est probablement surestimée. Selon d'autres sources bibliographiques l'apport moyen pour cette même zone serait plutôt de l'ordre de 173 Mm^3 (DGRE, 2017), voire 104 Mm^3 par an (BPEH, 2019).

Aucune projection climatique pour les écoulements de la zone du Grand Sud n'est disponible dans la littérature consultée.

Ouvrages de stockage

La zone du Grand Sud ne compte que **2 barrages collinaires** pour une capacité totale de stockage de **0,3 Mm^3**. En ce qui concerne **les grands barrages**, la zone du Grand Sud ne dispose que d'un seul ouvrage. Il s'agit du **barrage de Kebir Gafsa**, qui est construit mais non exploité. Le Barrage de Sidi Aich, d'une capacité de 88 Mm^3, se situe à la limite entre les gouvernorats de Gafsa et Kasserine. Il ne reçoit cependant en moyenne que 2 Mm^3/an.

DESSALEMENT (EAU DE MER ET EAU SAUMATRE)

Le dessalement d'eau de mer dans la région concerne **à ce jour qu'une seule station de 50 000 m^3/j à Djerba.** Cette station a été construite en 2018 et permet d'alimenter l'île en eau potable. **Une extension de 25 000 m^3/j** est possible.

Une autre station est projetée pour **2022**. Il s'agit de **la station de dessalement à Zarat**, au Sud de Gabes, d'une capacité de **50 000 m^3/j**. Elle pourra être extensible jusqu'à **100 000 m^3/j.**

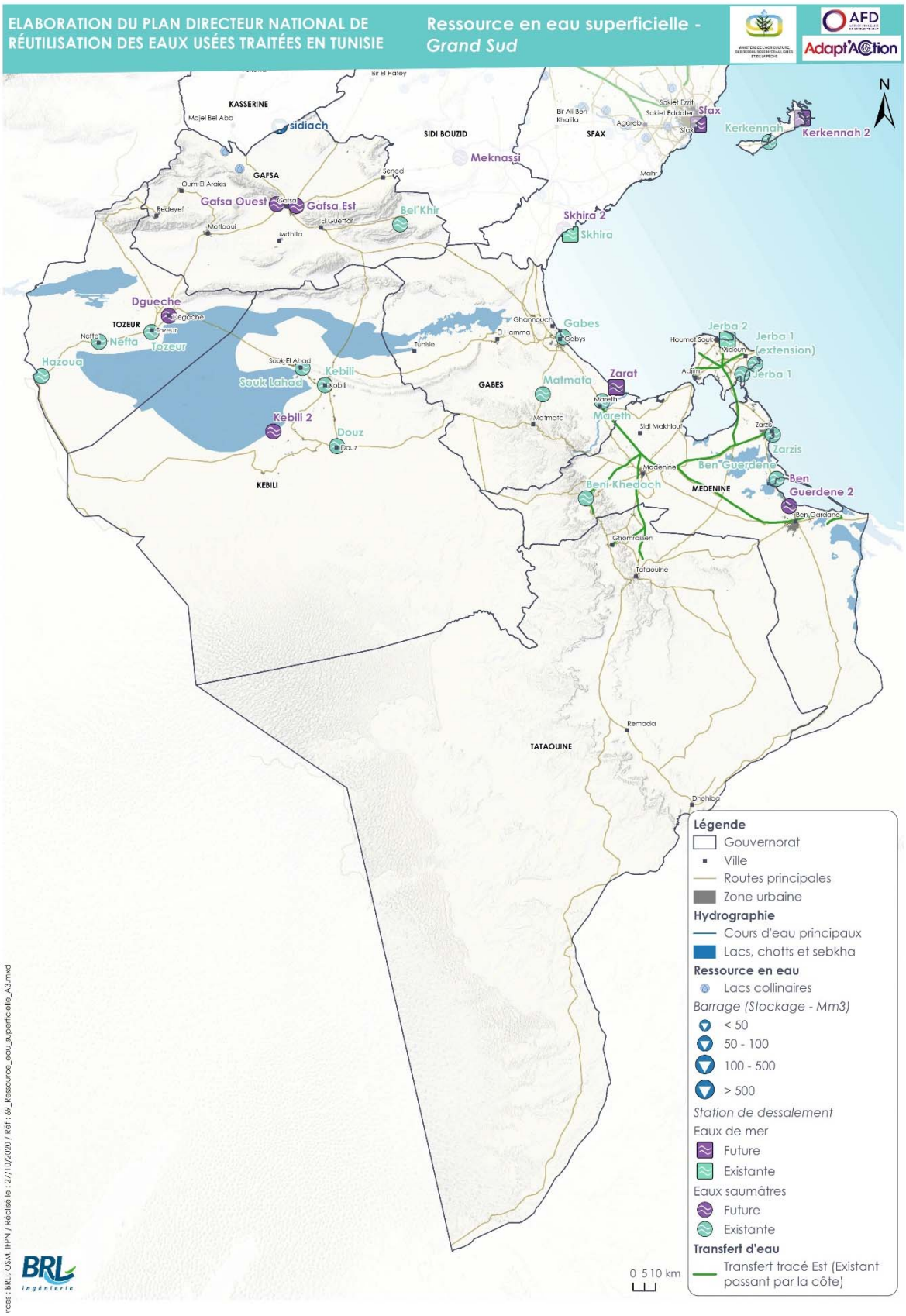
La production d'eau issue de dessalement d'eau de mer projetée en 2025 est donc de 36 Mm^3/an pour le Grand Sud, extensible à 64 Mm^3/an.

Des **stations de dessalement d'eaux saumâtres** sont également fonctionnelles dans la zone du Grand Sud, gérées par la SONEDE. Elles sont au nombre de 14 disséminées sur toute la zone avec une capacité de traitement totale de 112 000 m^3/j. 5 autres stations sont en cours de construction afin d'ajouter une capacité de production de 28 000 m^3/j (BPEH, 2019).

La production d'eau issue de dessalement d'eaux saumâtres projetée en 2025 est donc proche de 10 Mm^3/an pour le Grand Sud.

Vue d'ensemble des ressources de surface

La carte ci-dessous reprend la localisation des barrages et des futures stations de dessalement pour la zone du Grand Sud.


ELABORATION DU PLAN DIRECTEUR NATIONAL DE RÉUTILISATION DES EAUX USÉES TRAITÉES EN TUNISIE
Ressource en eau superficielle - Grand Sud
AFD
Adapt'Action
N
KASSERINE
Majel Bel Abbas
sidiach
SIDI BOUZID
Meknassi
GAFSA
Oum El Araies
Gafsa Ouest
Gafsa
Gafsa Est
Redeyef
Mdilaoui
El Guettar
Mdhilla
Sened
Bel'Khir
SFAX
Bir Ali Ben Khalifa
Agareb
Sakiet Ezzit
Sakiet Eddaier
Sfax
Kerkennah
Kerkennah 2
Mahr
Skhira 2
Skhira
Dgueche
Degache
TOZEUR
Tozeur
Nefta
Hazoua
Souk El Ahad
Souk Lahad
Kebili
Kebili 2
Douz
KEBILI
Ghannouch
El Hamma
Gabes
Gabes
Tunisie
GABES
Matmata
Zarat
Mareth
Matmata
Jerba 2
Houmet Souk
Midoun
Jerba 1 (extension)
Jerba 1
Ajim
Sidi Makhlouf
Zarzis
Ben Guerdene
Medenine
MEDENINE
Beni-Khedach
Ben Guerdene 2
Ben Gardane
Ghomrassen
Tataouine
TATAOUINE
Remada
Dhehiba
Légende
Gouvernorat
Ville
Routes principales
Zone urbaine
Hydrographie
Cours d'eau principaux
Lacs, chotts et sebkha
Ressource en eau
Lacs collinaires
Barrage (Stockage - Mm3)
< 50
50 - 100
100 - 500
> 500
Station de dessalement
Eaux de mer
Future
Existante
Eaux saumâtres
Future
Existante
Transfert d'eau
Transfert tracé Est (Existant passant par la côte)
0 5 10 km
BRL ingénierie
rces : BRLi, OSM, IFPN / Réalisé le : 27/10/2020 / Réf. : 69_Ressource_eau_superficielle_A3.mxd

EAUX SOUTERRAINES

On dénombre **52 nappes phréatiques**. Les principales nappes phréatiques en termes d'exploitation et de ressources sont celles de l'oasis du Djerid, Gafsa Nord et Gabès Sud. Le volume de ressources en eau pouvant être exploité de façon durable est de **138 Mm³ par an**. Or, en 2015, **le volume total exploité a été de 140 Mm³**. Il y a donc une exploitation globale équilibrée des ressources phréatiques de la zone du Grand Sud. Cependant, ce bilan global efface des disparités importantes entre les nappes. La **nappe de Gafsa Nord** est celle qui fait face au plus **haut taux de surexploitation (183% en 2015**). Par ailleurs, en termes de qualité des eaux souterraines, l'ensemble des nappes connait des **épisodes de forte salinité** au-dessus de 4 g/L, voire de très forte salinité supérieure à 8 g/L, ce qui explique l'état de sous exploitation de certaines nappes.

Les **nappes profondes de la région restent la ressource en eau principale de la région** avec **770 Mm³** qui sont estimés comme pouvant être prélevés annuellement. Cependant, **les prélèvements s'élèvent à 1120 Mm³**, soit un **taux d'exploitation global de 145 %,** ce qui illustre la surexploitation massive des ressources fossiles du Grand Sud.

EXPLOITATION DES EAUX

Dans la situation actuelle, **les prélèvements en eau** tous usages confondus dans la zone du Grand Sud représentent **un volume total de 1 172 Mm³/an**.

Les prélèvements pour **l'alimentation en eau potable** s'élèvent à **149 Mm³/an** en 2018 pour 1,71 millions d'habitants en 2020. A l'horizon 2050, la population de la zone est projetée à 2 millions d'habitants. Si la consommation unitaire devait rester identique, la consommation en eau potable représenterait alors environ **216 Mm³/an**. Actuellement, les besoins en eau potable du Grand Sud sont en majorité satisfaits par les **eaux souterraines**.

87% (±5%) des prélèvements en eau sont destinés à l'irrigation des cultures, soit environ **1 milliards de m³**. Près de 99% de l'eau d'irrigation sont issus des eaux souterraines.

VUE D'ENSEMBLE DES RESSOURCES EN EAU DU GRAND SUD ET DE LEURS USAGES ACTUELS ET POSITIONNEMENT DU POTENTIEL DE LA REUT

Situation actuelle et potentiel 2050

Le tableau ci-dessous établit le bilan hydrique actuel du Grand Sud en synthétisant les apports annuels renouvelables et les prélèvements. Il ajoute aussi à ce bilan la réduction potentielle du déficit actuel si 100 % des EUT étaient réutilisées. L'exercice est ensuite projeté pour les horizons 2020 et 2050.

Grand Sud ***Situation actuelle***	Apports annuels renouvelables (Mm3)	Prélèvements effectifs (Mm3)	Usages (Mm3)				*Déficit **sans REUT** (Mm3)*	REUT		
			AEP	IRR	Recharge	Autre / Indéfini		REUT - Dispo Pot 2020	REUT - Dispo Pot 2050	Part REUT / Déficit
Ecoulement	*104*									
dont stock. barrages coll.	**0,3**	**0,3**		0,3			***0***			
dont stock. grds barrages	**24**	**0**					***0***			
Dessalement	**18**	**8**	8				***0***			
Nappes phréatiques	**138**	**140**		140			***1***			
Nappes profondes	**770**	**1121**	141	979			***351***			
Divers	**3**	**3**		2,5			***0***			
Bilan Ress. Ren. - Usages 2020	**953**	**1271**	149	1122	0	0	***381***	35		**9%**
Bilan Ress. Ren. - Usages 2050	**953**	**1450**	216	1122	0	0	***497***		99	**20%**
				Part EUT / Usages				**3%**	**7%**	

Actuellement, une exploitation de la REUT à son plein potentiel actuel (**35 Mm^3**) permettrait de **réduire de 9% le déficit hydrique (passage de 381 Mm^3 à 346 Mm^3).**

A l'horizon 2050, l'augmentation des besoins en eau potable conduira à dégrader fortement le bilan de la zone **(déficit de près de 500 Mm^3**). **La REUT permettrait de le réduire potentiellement de 20%, à près de 400 Mm^3.**

Les 2 tableaux ci-dessous modifient le bilan en situation actuelle en y **intégrant des projections climatiques selon 2 scénarios de changement climatique différents** : le scénario 4.5 qui induirait une réduction modérée des ressources en eau et le scénario 8.5 qui induirait une plus forte réduction de ces ressources. Il faut cependant noter que ces bilans ne prennent pas en compte les autres ressources non conventionnelles comme les projets de dessalement qui permettront de réduire le déficit hydrique.

Projections climatiques – RCP 4.5 2050

Grand Sud *CC - RCP 4.5 2050*	Apports annuels renouvelables (Mm3)	**Prélèvements effectifs (Mm3)**	Usages (Mm3)				*Déficit **sans REUT** (Mm3)*	REUT		*Déficits **avec REUT** (Mm3)*	
			AEP	IRR	Recharge	Autre / Indéfini		REUT - Dispo Pot 2020	REUT - Dispo Pot 2050		
Ecoulement (-10%)	*94*										
dont stock. barrages coll.	**0**	**0**	0	0	0	0	***0***				
dont stock. grds barrages	**22**	**0**	0	0	0	0	***0***				
Dessalement	**64**	**64**	64	0	0	0	***0***				
Nappes phréatiques	**125**	**147**	0	147	0	0	***22***				
Nappes profondes	**693**	**1236**	208	1028	0	0	***543***				
Divers	**2**	**3**	0	2,6	0	0	***0,4***				
Bilan Ress. Ren. - Usages 2050	**906**	**1450**	216	1178	0	0	***544***	35	99	***445***	**18%**
				Part EUT / Usages				**2%**	**7%**		

Part REUT / Déficit

D'après le scénario 4.5, à l'horizon 2050, les apports annuels renouvelables du Grand Sud tendent à baisser **(-10% pour les ressources locales**) et les besoins pour l'irrigation (à surfaces constantes) tendent à augmenter **(+5%)** – du fait de la hausse de l'évapotranspiration. La combinaison de ces tendances dégrade fortement **le déficit de la zone (qui atteint 544 Mm^3). La REUT permettrait de réduire potentiellement ce déficit de 18%.**

Projections climatiques – RCP 8.5 2050

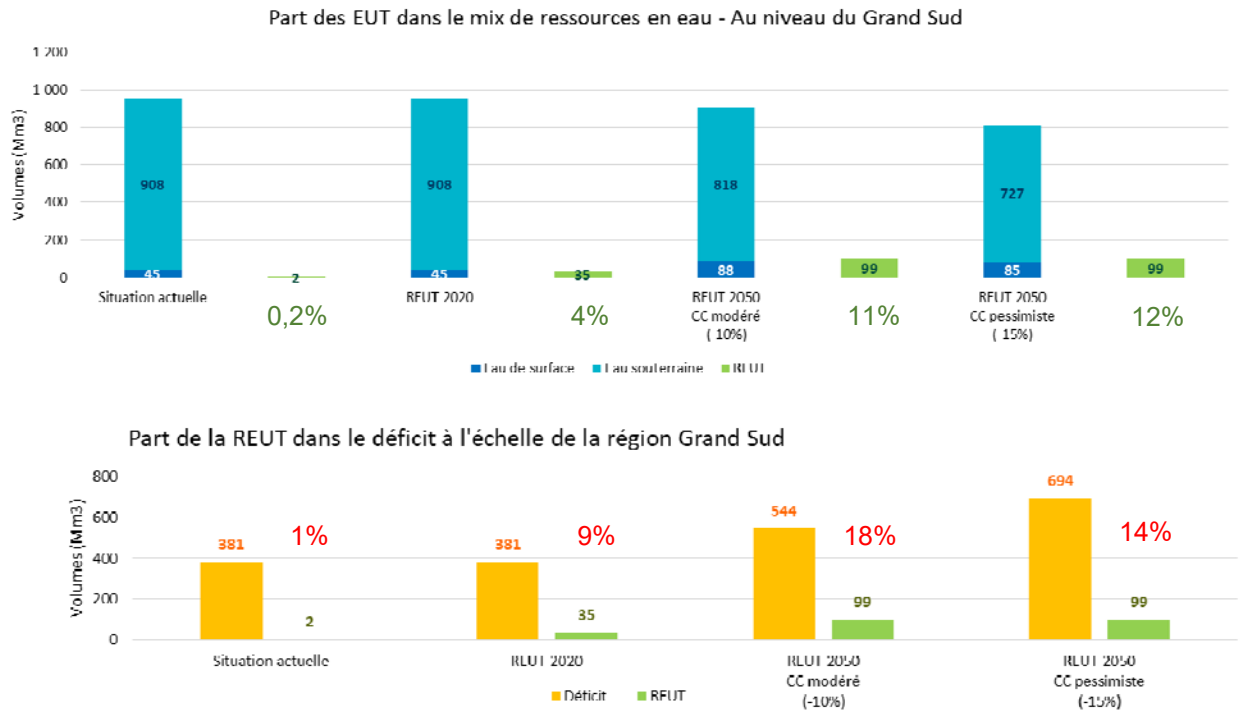
Grand Sud *CC - RCP 8.5 2050*	Apports annuels renouvelables (Mm3)	**Prélèvements effectifs (Mm3)**	Usages (Mm3)				*Déficit **sans REUT** (Mm3)*	REUT		*Déficits **avec REUT** (Mm3)*	
			AEP	IRR (+10%)	Recharge	Autre / Indéfini (+10%)		REUT - Dispo Pot 2020	REUT - Dispo Pot 2050		
Ecoulement (-20%)	*83*										
dont stock. barrages coll.	**0**	**0**	0	0	0	0	***0***				
dont stock. grds barrages	**19**	**0**	0	0	0	0	***0***				
Dessalement	**64**	**64**	64	0	0	0	***0***				
Nappes phréatiques	**111**	**154**	0	154	0	0	***43***				
Nappes profondes	**616**	**1285**	208	1077	0	0	***669***				
Divers	**2**	**3**	0	2,75	0	0	***1***				
Bilan Ress. Ren. - Usages 2050	**812**	**1506**	216	1234	0	0	***694***	35	99	***595***	**14%**
				Part EUT / Usages				**2%**	**7%**		

Part REUT / Déficit

D'après le scénario 8.5, à l'horizon 2050, les tendances s'amplifient, à la baisse pour la ressource **(-20% pour les ressources locales)** et à la hausse pour les besoins (**+10% pour les besoins pour l'irrigation**, à surfaces constantes). La combinaison de ces tendances dégrade fortement le déficit de la zone **qui atteint près de 700 Mm³**, qui pourrait être très partiellement compensé, par la REUT **(réduction potentielle de 15%).**

Les 2 graphiques ci-dessous résument à l'échelle du Grand Sud **la part de REUT dans le bilan global des ressources en eau de la région** et dans le déficit à différents horizons et sous différentes hypothèses : en situation actuelle (2 Mm³ réutilisés), en situation actuelle si 100 % des EUT étaient réutilisées et à l'horizon 2050 selon les 2 scénarios de projections climatiques.

Figure 83 : Part des EUT dans le mix de ressources en eau (haut) et dans le déficit (bas) à l'échelle du Grand Sud



Les analyses ci-dessous conduites à l'échelle d'une zone très vaste seraient à repréciser selon qu'on se trouve sur la zone littorale ou dans l'intérieur des terres. La part des EUT dans le mix hydrique est en effet potentiellement bien plus élevé sur la zone littorale.

13.2 CONTEXTE SOCIO-ECONOMIQUE AU GRAND SUD ET SES PERSPECTIVES D'EVOLUTION D'ICI 2050 EN LIEN AVEC LA REUT. QUELLE ACCEPTABILITE SOCIALE POUR LA REUT AUPRES DES USAGERS POTENTIELS ?

13.2.1 Des agriculteurs sans autres ressources en eau motivés pour irriguer avec les EUT

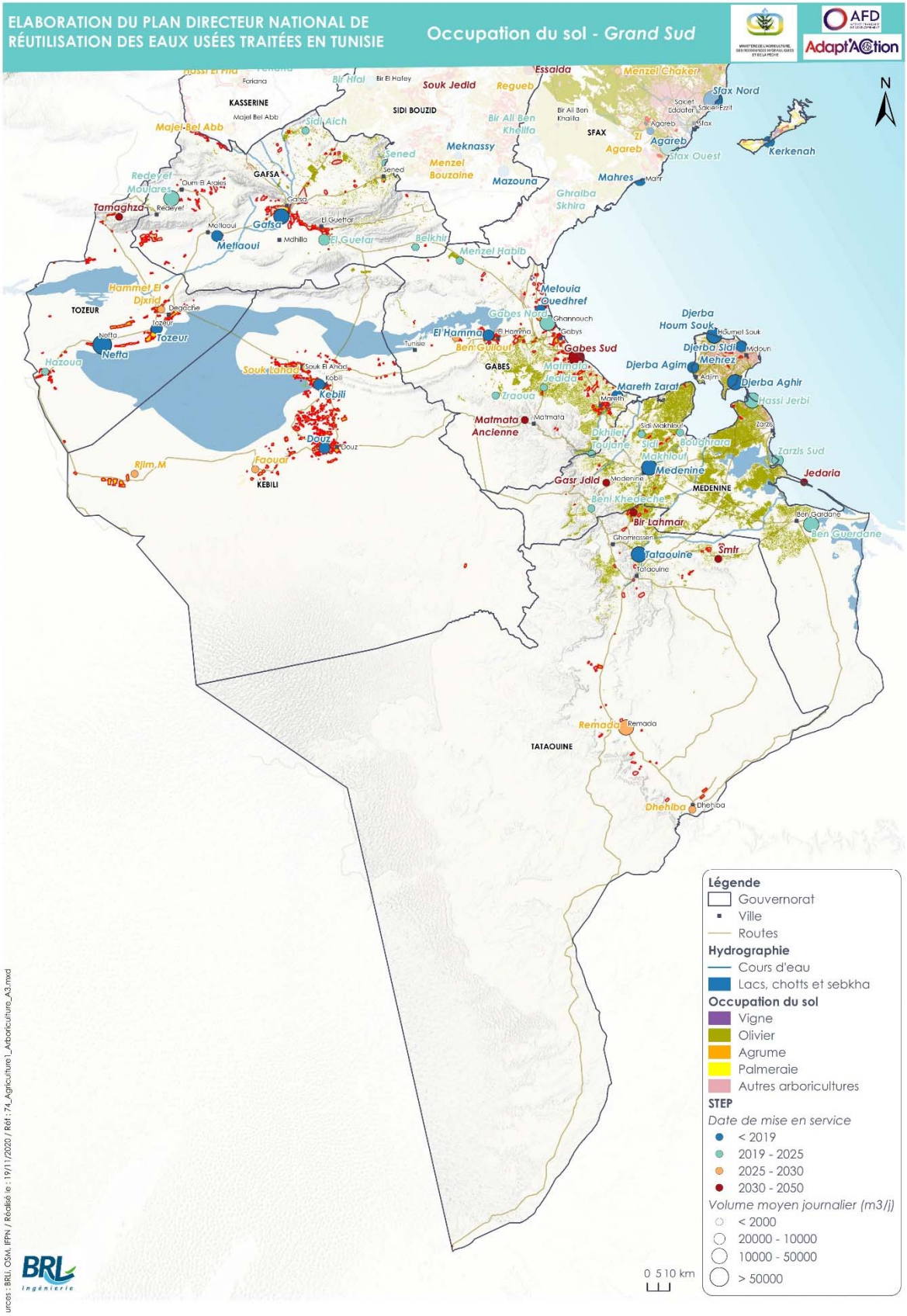
PLACE DU SECTEUR AGRICOLE AU GRAND SUD

Le Grand Sud regroupe près de **43 % des terres agricoles de la Tunisie** dont la grande majorité sont des parcours. Les **terres labourables représentent 850 000 ha** répartis dans des zones socio-agro-écologiques très variées (hautes steppes, chaîne de l'Atlas, lacs salés, mers de sable, plateaux, plaines, etc.). **L'arboriculture domine** avec **les palmiers dattiers à Tozeur et Kebili** et **les oliviers à Medenine**. Des cultures maraîchères hors saison utilisant des ressources géothermales sont de plus en plus développées. Les zones de pâturages ont une importance cruciale pour l'**élevage extensif des ovins, caprins et surtout des camelins**. Elles regroupent 94 % de l'effectif du pays. Les **périmètres irrigués** avec une agriculture intensive occupent une superficie d'environ **93 000 ha**, soit **23 % de la superficie totale des périmètres irrigués du pays**. **L'arboriculture occupe 84% des superficies irriguées** avec notamment **56 000 ha de palmiers dattiers** (DGEDA, 2018).

Le contexte environnemental de la région n'est déjà pas très favorable au développement agricole avec des **conditions climatiques arides** ainsi que **l'insuffisance des ressources hydriques et des terres fertiles**. La production de dattes, produit phare de la région, exporté à l'international, est aussi **fortement consommatrice en eaux souterraines**. **L'exploitation excessive des nappes profondes** dont les ressources ne sont pas renouvelables est largement observée avec des **extensions illicites des périmètres irrigués** pour la monoculture de palmiers dattiers. Cette surexploitation entraine aussi une **salinisation des sols des oasis et des eaux des nappes phréatiques**. De plus, les terres agricoles sont soumises aux **risques de désertification**.

La carte ci-dessous est issue de la carte agricole de la Tunisie. Elle présente les périmètres irrigués de la région, indiqués par un zonage rouge, et les cultures arboricoles. Elle permet ainsi d'illustrer l'occupation des terres agricoles pour la zone du Centre et de croiser ces éléments avec la localisation des STEP existantes et projetées.

Figure 84 : Zone Grand Sud : Carte agricole – Arboriculture et périmètres irrigués (en rouge)



PERSPECTIVES AGRICOLES ET PROJETS DE REUT

A court terme, des projets de REUT agricoles sont en cours dans le Grand Sud (DGGREE, 2018) :

- La **réhabilitation et l'extension** du périmètre existant de **El Aguila** est prévue. L'extension doit concerner 120 nouveaux ha à la suite de la mise en route de la nouvelle STEP à boues activées de Gafsa.
- Des projets de **création de nouveaux petits périmètres irrigués** dans le Gouvernorat de Gafsa : 60 ha sur la STEP programmée de El Guetar et 60 ha sur la STEP existante de Metlaoui.
- Le **périmètre irrigué à El Hamma** doit être **étendu** sur 90 ha. La STEP alimentera aussi **des oasis** grâce à la séparation des **eaux usées des bains maures** sur un total de 110 ha.

Concernant l'évolution de l'agriculture de la région à plus long terme, on liste ci-dessous quelques idées émises par les acteurs régionaux rencontrés dans le cadre de l'étude :

- Le développement de **l'agriculture biologique pour l'huile d'olive, les dattes et les autres fruits**. Globalement, une meilleure mise avec valeur de ces produits avec la création de **marques régionales** visant le marché mondial ;
- Le **renforcement des élevages d'ovins et de camelins** et le développement de **filières d'élevages laitiers. La demande en cultures fourragères risque donc d'augmenter ;**
- La culture et la commercialisation de produits à plus forte valeur ajoutée comme **les légumes hors-saison** avec le recours aux ressources géothermiques et **les plantes médicinales et aromatiques ;**
- Des efforts pour **limiter l'extension des superficies irriguées actuelles** et économiser l'eau dans les périmètres irrigués existants.

MATURITE DE LA DEMANDE POUR LA REUT DANS LE SECTEUR AGRICOLE

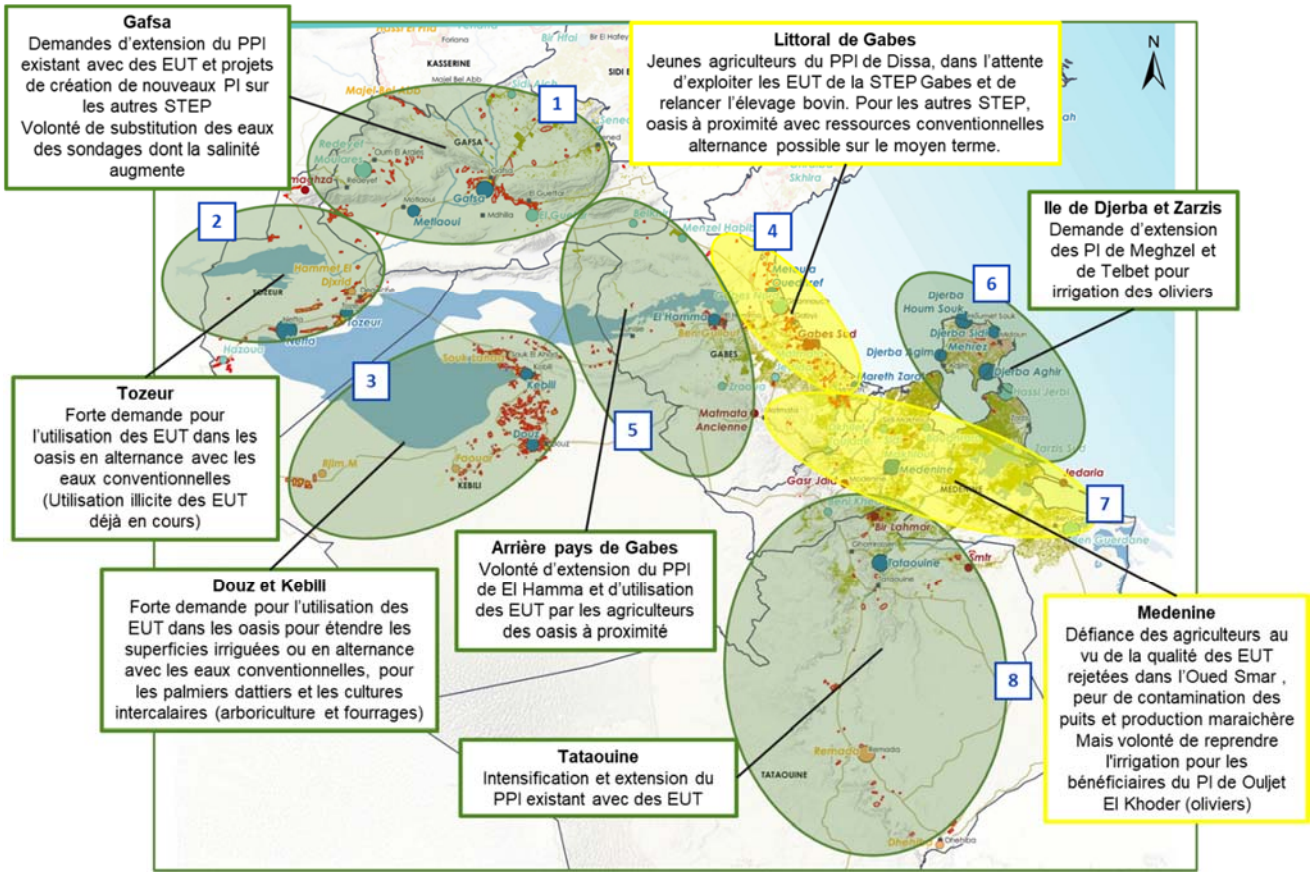
Près de 70 agriculteurs aux profils variés (agriculture irriguée, mixte ou pluviale) ont été interrogés, répartis dans 6 délégations différentes. Globalement, les agriculteurs ont **conscience des menaces sur le secteur agricole avec notamment la surexploitation des ressources hydriques**. La REUT apparaît donc comme une opportunité pour la **durabilité des spéculations stratégiques** comme les dattes, les olives et autres cultures fruitières. Les agriculteurs ont aussi présenté un intérêt pour **irriguer des cultures fourragères avec des EUT** afin de sécuriser l'approvisionnement de leurs élevages (Gabes, Tataouine, en intercalaire dans les oasis de Kebili, etc.).

Des **fortes demandes ont notamment été enregistrées à Tozeur et Kebili** d'exploiter les EUT, soit pour étendre les superficies irriguées existantes, soit pour les mélanger avec les eaux de puits trop salées. Des agriculteurs utilisent même déjà les EUT de la STEP de Tozeur, autrefois réservées au golf qui est aujourd'hui fermé. Il a été observé par les agriculteurs un développement plus rapide des palmiers irrigués avec des EUT et une production plus importante de dattes grâce aux nutriments présents dans les EUT. Leur intérêt pour réutiliser ces eaux de manière légale est donc fort.

Les zones où les agriculteurs se sont montrés **plus réticents** sont des **zones où il y a eu des mauvaises expériences de REUT et où les rejets des eaux usées des STEP provoquent des dégâts environnementaux**. C'est le cas en aval de la STEP de Medenine où le périmètre de Ouljet Khoder est en arrêt à cause de la qualité des EUT qui ne respecte pas la norme NT 106.03. Les agriculteurs riverains du périmètre ne souhaitent pas substituer les eaux de leurs puits par les EUT. Des problèmes de contamination de la nappe phréatique, dont l'ONAS est accusé d'être responsable, n'a pas amélioré la confiance. Cependant, les agriculteurs du périmètre de Ouljet El Khoder restent en attente du retour des EUT avec une qualité acceptable, ce qui montre leurs forts besoins en eau pour irriguer.

La carte ci-dessous synthétise les résultats des enquêtes en fonction des sous zones agricoles du Grand Sud. Ce découpage de la région en sous zones est explicité dans la partie 13.4.

Figure 85 : Niveaux d'acceptabilité des agriculteurs pour exploiter les EUT en fonction des sous zones du Grand Sud



13.2.2 Le secteur des phosphates, principal consommateur d'eau au niveau industriel

PLACE DU SECTEUR INDUSTRIEL DANS LE GRAND SUD

L'activité industrielle du Grand Sud se concentre surtout au niveau du **pôle industriel de Gabes**. Un des secteurs économiques phares de la région est la **production d'engrais phosphatés**. L'extraction du minerai de phosphates est réalisée à Gafsa. Ce minerai est aussi présent en quantité dans le Gouvernorat de Tozeur mais n'est pas encore exploité. Ce phosphate est ensuite traité à Gabes où se concentre l'essentiel du secteur chimique de la région. **Les industries agro-alimentaires** quant à elles sont présentes surtout à Gabes, Medenine et Tozeur et représentent 61 % des industries de la région. **L'industrie textile** est plutôt concentrée à Gabes et Gafsa.

La consommation d'eau potable pour des usages industriels est réduite sauf à **Gabes où elle atteint près de 3 Mm³ par an** (ODS, 2018).

Le secteur des phosphates reste un gros consommateur en eau et son impact sur les ressources hydriques des nappes profondes est élevé. La Compagnie des Phosphates de Gafsa (CPG) prélève ainsi chaque année près de **18 Mm³ dans les nappes profondes.** Le Groupe Chimique Tunisien (GCT), quant à lui, consomme près de **700 000 m³/an à Gafsa et 4 Mm³/an à Gabes** pour ses unité de transformation du phosphate en engrais (DGRE, 2018).

PERSPECTIVES INDUSTRIELLES

D'après les projections de l'AFI, **les superficies des zones industrielles vont augmenter significativement, les portants de 1 050 ha à environ 1 420 ha**, ce qui augmentera la demande sur les ressources en eau (APII, 2019). Ces aménagements concerneront particulièrement les Gouvernorats de Medenine, Kebili, Tataouine et Gafsa. De plus, les volumes importants de ressources minérales de la région (pierre à chaux, dolomite, silice, marbre, et gypse) et les stocks restants de phosphates risquent d'être exploités à l'avenir.

13.2.3 Un secteur touristique, concentré autour du pôle balnéaire de Djerba et de Zarzis, qui cherche à se diversifier

PLACE DU SECTEUR TOURISTIQUE AU GRAND SUD

Le **tourisme balnéaire de masse** a été développé de manière significative à **Djerba et Zarzis**. Les 3 zones touristiques de cette zone concentrent **25 % de la capacité hôtelière du pays** (55 000 lits). Le tourisme saharien s'est aussi développé en parallèle à Tozeur et Kebili mais à une bien moindre échelle. Les zones touristiques de ces gouvernorats ont une capacité hôtelière respective de 5 000 et 3 000 lits (AFT, 2020). Si les gouvernorats de Medenine, Tozeur et Kebili ont une activité touristique annoncée, ceux de Gabes, Gafsa et Tataouine ont une capacité hôtelière limitée.

L'eau potable utilisée pour l'activité touristique dans la région est donc consommée à **87 % par les zones touristiques de Djerba et Zarzis** pour un volume proche des **3 Mm^3 par an** (SONEDE, 2018). La situation de stress hydrique dans cette zone lors des années sèches a des conséquences importantes sur l'activité hôtelière. Les nouveaux forages pour puiser l'eau de la nappe sont interdits et l'eau de la SONEDE pour les grands consommateurs est chère. Les hôteliers recherchent donc à sécuriser leur approvisionnement en eau lors de la période estivale (entretien FTH).

D'après une analyse sous SIG d'images satellitaires de Google Earth réalisée dans le cadre de la présente étude, la **superficie des espaces verts existants** (sans les golfs) pour les principales zones touristiques s'élève à **460 ha pour Djerba/Zarzis et est négligeable à Tozeur et Kebili.**

Comme vu lors de la phase de Diagnostic, il existe actuellement **deux terrains de golf** dans la zone Grand Sud : celui de Djerba Midoune, d'une superficie de 120 ha et alimenté par la STEP de Djerba Sidi Mehrez, et celui de Tozeur, de 150 ha, actuellement fermé.

PROSPECTIVES TOURISTIQUES

L'AFT a pour projet d'aménager **plusieurs nouvelles zones touristiques** (AFT, 2020) :

- La zone touristique de **Chott Hamrouni** au Sud de la ville de Gabes avec une capacité de **10 000 lits**. L'objectif est de créer une zone balnéaire d'importance régionale afin de valoriser le potentiel touristique du Golfe de Gabes. Cette zone touristique sera à proximité de la STEP projetée de Gabes Sud.
- La zone touristique **à Khebayet**, toujours dans le Gouvernorat de Gabes, d'une capacité de **2 000 lits.**
- Des **nouvelles zones touristiques à Djerba et Zarzis** qui seront des prolongements des zones existantes : Lella Hadria, Lella Mariem, Lella Hlima et Sidi Jmour, pour une **capacité totale supplémentaire de 53 000 lits**. Cela reviendrait à doubler les capacités existantes. Ces prévisions semblent cependant très optimistes au vu des difficultés actuelles rencontrées par le secteur pour remplir les logements existants.

Nous estimons que ces zones ne seront pas aménagées avant le moyen terme (2030). D'après les enquêtes auprès des hôteliers de la région, les extensions des capacités hôtelières des zones existantes et des superficies des espaces verts ne sont pas encore à l'ordre du jour des gestionnaires au vu du contexte actuel.

Il est prévu d'aménager 4 golfs dans les zones de Chott Hamrouni, Khebayet, Lella Hadria et Lella Mariem à moyen terme (AFT, 2020) La stratégie du ministère du tourisme prévoit de réaliser un golf pour chaque 10 000 lits afin d'assurer aux golfeurs l'accès à 3 golfs dans un rayon ne dépassant les 45 min lors de leur séjour. Ainsi, il est prévu d'aménager **2 golfs additionnels dans la région de Djerba Zarzis** sur le long terme (STDG, 2018)**.**

13.2.4 Des expérimentations en cours pour réutiliser les EUT en milieu urbain

La **municipalité de Gabes** dispose de **12 espaces verts** couvrant une superficie de **146 ha**. Ils sont irrigués à partir des **eaux potables de la SONEDE** et **d'un puit**. Depuis 2018, un **parc urbain ouvert au public est irrigué sur 8 ha par des EUT**. Il s'agit d'un expérimentation portée par l'Association Citoyenneté et Développement Durable en partenarait avec l'Université de Gabes. L'objectif est de valoriser des EUB qui débordaient et stagnaient dans une zone basse de la ville quand le réseau d'assainissement de l'ONAS était surchargé. La solution trouvée a été de drainer ces EUB ; de les traiter via un filtre à roseau et d'irriguer en gouttes à gouttes le parc urbain. La quantité moyenne réutilisée est de 80 m^3/j. Cela est peu au regard des eaux usés produites par la ville de Gabes, mais **le projet permet de répondre à une problématique environnementale locale qui avait des répercussions importantes sur les riverains et engendraient des coûts simportants pour la municipalité.** Cette dernière a d'ailleurs été d'un appui important, ainsi que le CRDA de Gabes pour lancer le projet. L'ONAs a accepté de faire une convention pour le prélèvement des EUB sur son réseau. Le projet est une réussite mais il reste toujours en recherche de financements sur le long terme.

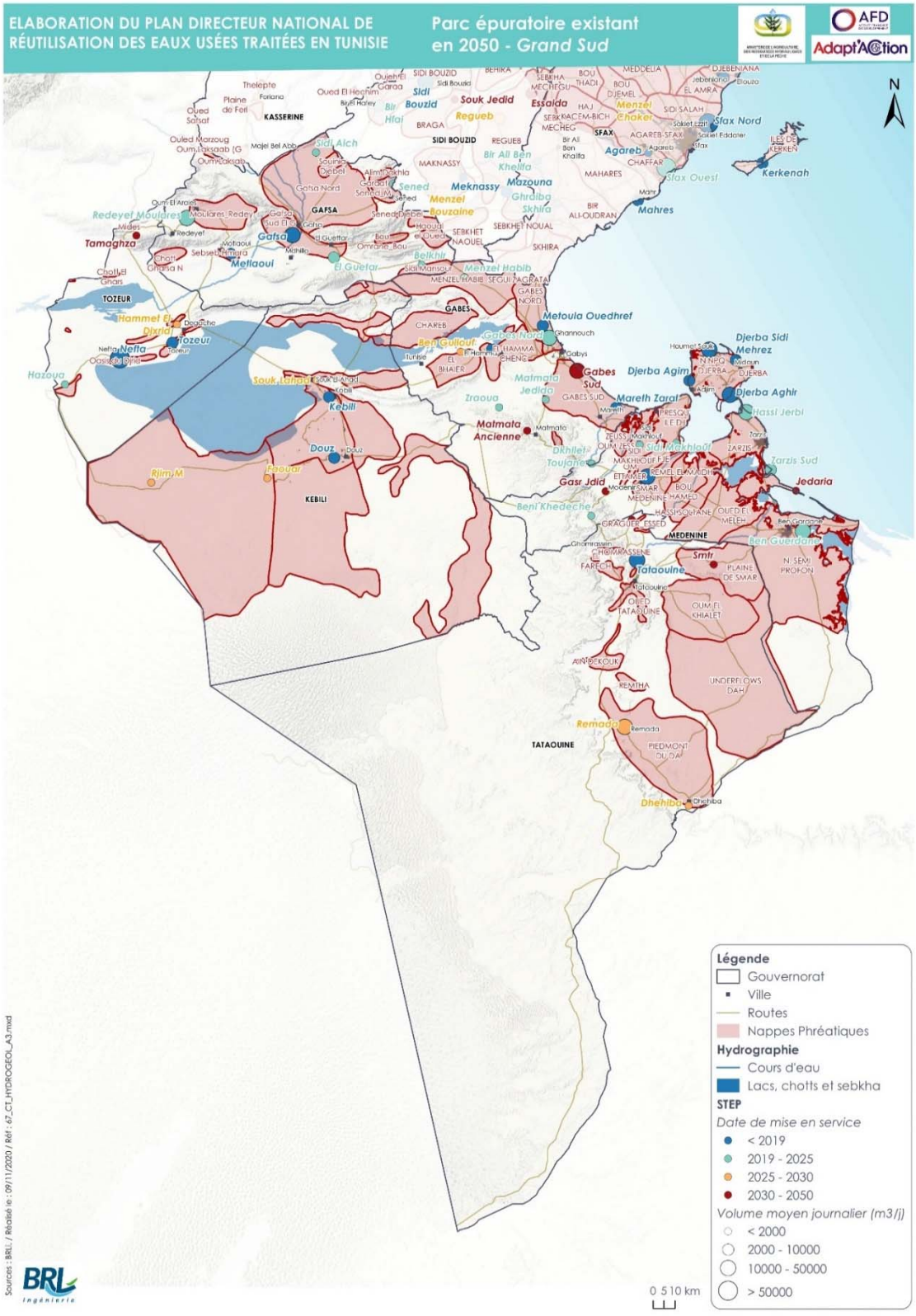
A Djerba, les **municipalités de Houmt Essouk et Midoun** sont intéressées pour trouver des sources en eau alternatives pour l'irrigation des espaces verts qui sont nombreux dans cette zone touristique (55 espaces verts pour la municipalité de Midoun). A **Medenine**, la superficie irriguée pour des espaces verts est faibles (**12 à 16 ha**) mais les responsables municipaux rencontrés sont favorables à la REUT pour étendre ces espaces.

D'après le Schéma Directeur d'Aménagement (SDA) de la région économique du Sud-Ouest (DGAT, 2010), qui comprend les Gouvernorats de Gafsa, Tozeur et Kebili, **la création de parcs urbains aménagés est visée dans chaque chef-lieu de délégation pour améliorer la qualité de vie des citoyens**.

La **municipalité de Gafsa** dispose de **90 espaces verts** couvrant une superficie de **108 ha.** Ils sont irrigués à partir des **eaux potables de la SONEDE et d'un forage**, de la **piscine romaine de Gafsa** et de la **source d'eau chaude et sulfureuse de Sidi Ahmed Zarrouk**. La REUT est acceptée par les responsables municipaux et la Direction Régionale de l'Environnement.

13.2.5 Un potentiel de recharge faible face aux déficits existants des nappes phréatiques les plus surexploitées

La carte ci-dessous met en regard les STEP et les différentes nappes phréatiques du Grand Sud.



14 nappes phréatiques sont surexploitées dans la région du Grand Sud. Le déficit cumulé s'élève à 29 Mm³/an. Les nappes d'El Hamma Chenchou, de Gabès Sud et de Gafsa accusent les déficits les plus élevés (3,8 Mm³, 3,8 Mm³ et 10 Mm³ respectivement).

Les **aquifères phréatiques de Kebili** montrent tous un bilan positif. Au vu de leur salinité relativement élevée, **toute recharge ne réussirait pas à rabattre la salinité** pour que ces eaux soient exploitables à des fins agricoles. Les nappes phréatiques sont donc exclues de toute option de recharge dans ce Gouvernorat.

Le **rejet de la STEP de Medenine dans l'oued Smar** est considéré comme un **site de recharge avec les EUT**. En effet, au vu du contexte hydrogéologique, l'infiltration dans la nappe des EUT est un **gain quantitatif pour la nappe Oued Smar** à hauteur de **90 %**, ce qui permet de **couvrir le déficit** de près de **1 Mm^3**. Cependant, au niveau qualitatif, cette recharge a provoqué une **augmentation de la salinité et de la teneur en nitrates** (DGRE, 2017).

Il existe **6 autres sites de recharge artificielle** dans la région mais **avec des eaux conventionnelles**. Il s'agit de lâchers dans les oueds à partir de barrages (nappe de Gafsa Nord à Gafsa et Tameghza à Tozeur), d'infiltration des eaux de crue via des barrages souterrains (nappe de Oum Laksab à Gafsa) ou des puits filtrants (nappes de Zeus Koutine, Gabes Sud et El Hamma Chenchou à Gabes). Le potentiel de recharge de ces sites est très variable en fonction des ressources disponibles et donc de la pluviométrie annuelle. Les sites avec de puits filtrants ne sont pas adaptés aux EUT, et ne sont donc pas retenus, notamment celui de la nappe de Zeus Koutine où l'eau prélevée est utilisée en partie pour un usage AEP.

Les renseignements sur ces sites de recharges, les données actuelles sur l'état quantitatif et qualitatif des nappes phréatiques, les études antérieures sur la recharge de nappe avec les EUT et la localisation des STEP existantes et projetées ont permis de dresser le tableau ci-dessous. Il synthétise les recharges possibles par des EUT (liste de STEP avec les flux d'EUT produites aux différents horizons) pour les différentes nappes pour lesquelles une recharge est jugée potentiellement utile.

Globalement, le recours au stockage souterrain dans cette région n'est pas envisageable de façon élargie car le contexte hydrogéologique n'y est pas favorable. Les quelques nappes potentiellement rechargeables au vu du contexte hydrogéologique et foncier sont les **nappes de Gafsa Nord (STEP de Gafsa et Sidi Aich), El Hamma Chanchou (STEP de El Hamma), Oued Smar et nappe Oum Tmar et Djorf (STEP de Medenine) et Oued Tataouine (STEP de Tataouine)**

Tableau 97 : Liste des STEP associées à chaque nappe et potentiel de recharge par les EUT

Nappe	Enjeux auxquels pourrait répondre la recharge*					STEP pouvant être utilisées pour la recharge de la nappe	Contexte pour la recharge**		Production EUT 2018 (Mm^3)	Production EUT 2050 (Mm^3)	Ratio recharge potentielle / déficit quantitatif		Technique de recharge proposée	Usages indirects possibles
	Lutte contre l'intrusion du biseau salé (barrière hydraulique)	*Amélioration de la qualité des eaux de la nappe (dilution)*	*Fin d'un rejet en mer ou dans une zone sensible*	*Augmentation de la quantité d'eau disponible pour un usage indirect*	*Amélioration de la gestion de l'eau avec un stockage intersaisonnier hors période d'irrigation*		*Hydrogélogique*	*Foncier*			2020	2050		
El Hamma-Chenchou (déficit de – 3. 8 Mm3)		x	x	x	x	El Hamma	Favorable	Favorable	1,6	3,8	42%	100%	Infiltration dans l'oued	Agriculture (zone agricole, puits de surface existants
Oued Smar (déficit de – 1.5 Mm3)		x	x	x	x	Medenine	Favorable	Favorable	2,2	6,5	147%	433%	Infiltration dans l'oued	Agriculture (zone agricole, puits de surface existants
N. Oum Tamr et Djorf (déficit de – 0.3 Mm3)	x	x	x	x	x	Medenine	Favorable	Favorable	2,2	6,5	7 33%	2 167%		
Oued Tataouine (déficit de – 0.25 Mm3)		x		x	x	Tataouine	Favorable, mais partiel	Favorable	3,4	4,9	1 360%	1 960%	Infiltration dans l'oued	Agriculture (puits de surface existants)
Gafsa Nord (deficit de – 10 Mm3)		x	x	x	x	Gafsa	Favorable	Favorable	6,4	13,3	64%	134%	Infiltration dans l'oued	Agriculture (zone agricole, puits de surface existants
		x	x	x	x	Sidi Aich	Favorable	Favorable	0	0.1			Infiltration dans l'oued	Agriculture (zone agricole, puits de surface existants

13.3 IMPACTS ACTUELS DES REJETS D'EAUX USEES SUR L'ENVIRONNEMENT ET LES ACTIVITES SOCIO-ECONOMIQUES AU GRAND SUD

L'objectif de cette partie est de dresser un inventaire global des principaux rejets d'eaux usées qui impactent actuellement l'environnement et/ou des activités socio-économiques. Cet inventaire a été enrichi par les acteurs locaux lors des entretiens régionaux et de l'atelier de concertation du Grand Sud qui a eu lieu le 1er avril 2021.

13.3.1 Des milieux de rejets sensibles

10 STEP rejettent actuellement en mer dans la région du Grand Sud, notamment au niveau du littoral de Gabes et de Medenine. La zone de Djerba et de Zarzis a actuellement 7 STEP qui rejettent à **proximité de zones touristiques balnéaires d'importance nationale** et de **zones de pêche**. Les volumes d'EUB reçues par ces STEP sont fortement variables et augmentent en période estivale. Ces eaux contiennent souvent des graisses provenant des restaurants ou des **rejets d'abattoirs** (STEP de Houmt Souk), ce qui limite le bon fonctionnement des STEP.

La STEP de **El Hamma** dans le Gouvernorat de Gabes reçoit des ea**ux grises provenant des bains maures** de la ville. Ces eaux apportent des **déchets solides spécifiques à traiter** qui provoquent des dysfonctionnements à l'entrée de la STEP, qui est de plus est saturée hydrauliquement. La séparation de ces eaux grises avec les autres eaux domestiques est en cours. Elles vont être collectées dans un bassin pour être traitées spécifiquement. Les bains maures prélèvent chaque année dans la nappe près de 500 000 m^3 (DGRE, 2018).

A Medenine au niveau de **l'oued Smar**, la **situation environnementale est alarmante**. Les rejets de la STEP qui ne répondent pas aux normes de rejets stagnent dans l'oued qui nécessiterait d'être curé et aménagé. Cela provoque des nuisances importantes auprès des riverains (mauvaises odeurs, proliférations d'insectes…) et le périmètre de Ouljet El Khoder, qui doit recevoir une partie des EUT, est en arrêt. Des rejets illicites provenant d'abattoirs notamment sont déversés dans le réseau de collecte de la STEP. De plus, la **nappe phréatique est contaminée** comme l'a montré une campagne d'analyses de la direction régionale de la santé sur différents puits de surface. Au vu de la qualité des rejets de la STEP, l'ONAS est mis en cause par les habitants concernant cette contamination microbiologique. Cette situation pose un problème important de santé publique, surtout que les puits étaient utilisés pour l'irrigation de cultures maraichères.



Figure 86 : Rejet de la STEP de Medenine dans l'Oued Smar

Source : BRLi, octobre 2020

Pour finir, il a été notifié au niveau de la STEP de Tataouine que les rejets dans l'oued provoquent des désagréments pour les habitants de la ville (mauvaises odeurs, stagnations des EUT…).

13.3.2 Des zones rurales intérieures avec peu d'infrastructures d'assainissement collectif

Les eaux usées des zones intérieures (notamment dans les gouvernorats de Gabes, Medenine, Tataouine…), où peu de STEP existent actuellement, sont raccordées à des puits perdus qui risquent de contaminer les nappes.

Des utilisations d'EUB ou d'EUT en sortie des STEP, via des branchements illicites, pour irriguer les oasis ont été notifiées par les CRDA (Tozeur, Kebili).

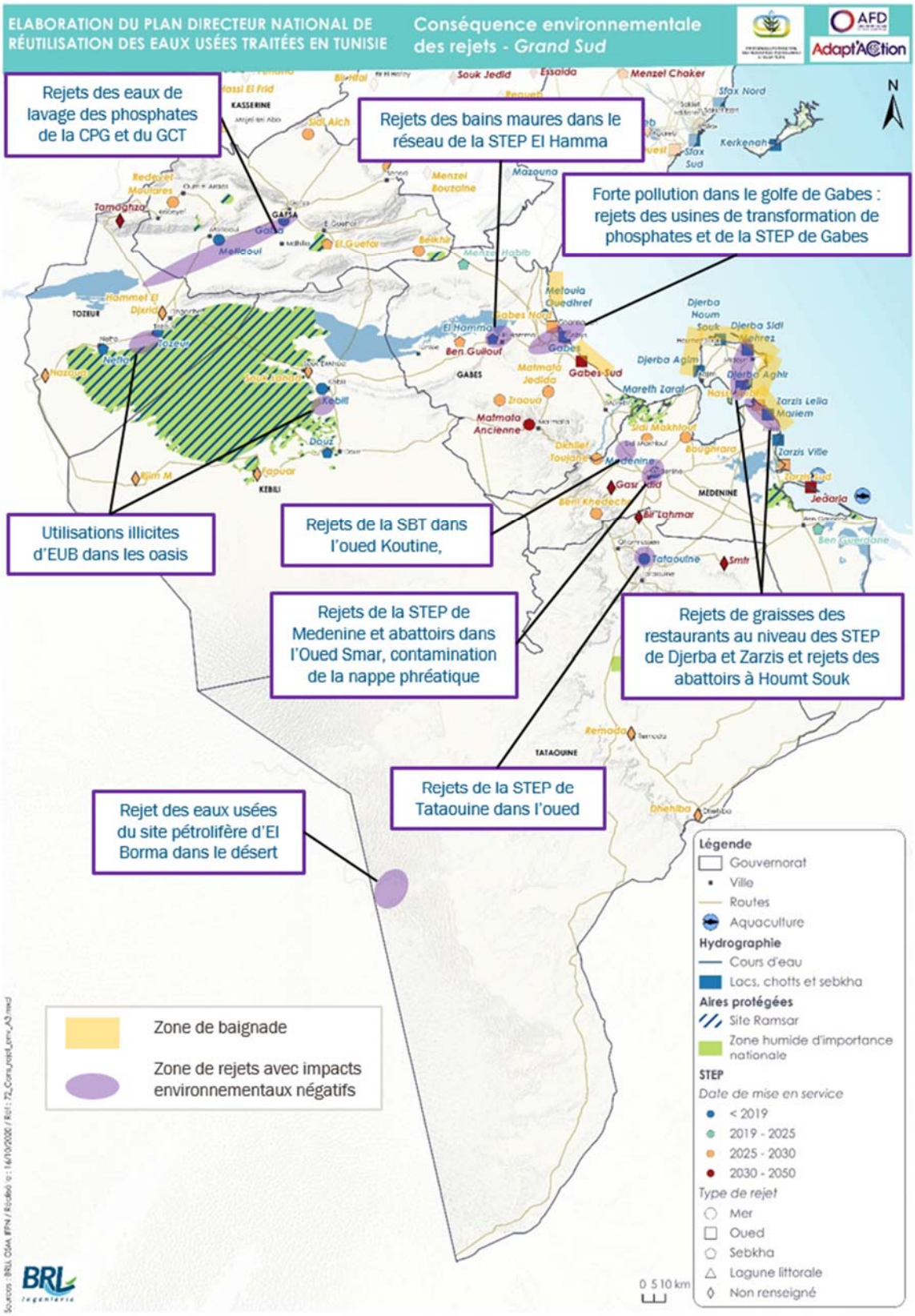
13.3.3 Des rejets de l'industrie du phosphate sources de pollution hydrique

Les rejets industriels dans cette région concernent surtout les **industries du phosphate**. Comme déjà cité plus haut, la Compagnie des Phosphates de Gafsa (CPG) prélève chaque année près de **18 Mm^3 dans les nappes profondes** (DGRE, 2018). La majorité de ces prélèvements permettent le **lavage des phosphates**. Les effluents, chargés en sels minéraux et métaux lourds, sont ensuite rejetés dans **l'oued Gouifla**, dont les impacts concernent le gouvernorat de Gafsa et le nord de celui de Tozeur (Brahmi, 2014). Le Groupe Chimique Tunisien (GCT) rejette aussi des eaux usées en aval des unités de transformation, ainsi que des **phosphogypses** déversés dans le Golfe de Gabes. I**l prélève 700 000 m^3/an à Gafsa et 4 Mm^3/an à Gabes** (DGRE, 2018).

Une autre source de pollution hydrique industrielle est la **société nationale de boissons de Koutine**. Et ce malgré le prétraitement qui a dû être mis en place, les rejets dans **l'oued Koutine** ne respectant pas toujours la norme. Les eaux rejetées dégagent des mauvaises odeurs et provoquent des proliférations d'insectes. La société prélève dans la nappe près de **150 000 m^3/an** (DGRE, 2018).

Le **problème des rejets des margines**, comme au Sahel et à Sfax, touche aussi les **oueds de Gabes et de Zarzis**. D'autres rejets industriels sans prétraitements ont été souvent notifiés par les acteurs régionaux comme les **rejets illicites d'abattoirs**.

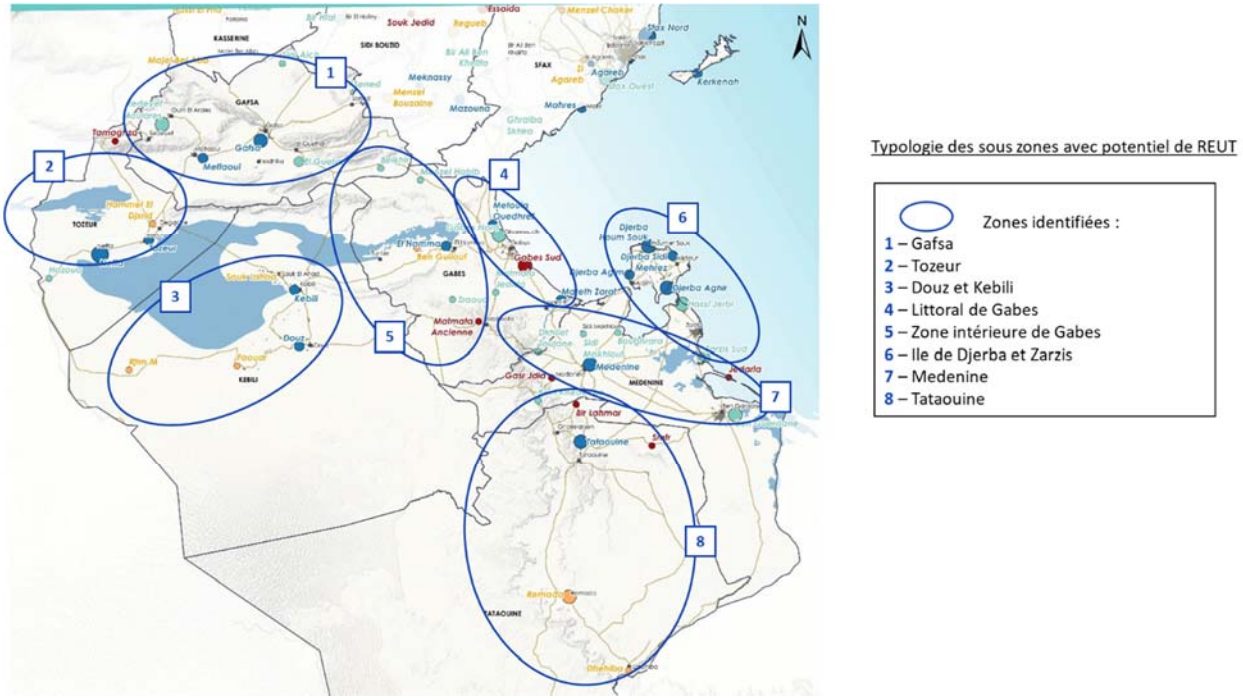
La carte ci-après synthétise les problématiques environnementales liées aux rejets d'eaux usées dans le Grand Sud.


ELABORATION DU PLAN DIRECTEUR NATIONAL DE RÉUTILISATION DES EAUX USÉES TRAITÉES EN TUNISIE
Conséquence environnementale des rejets - Grand Sud
AFD
Adapt'Action
Rejets des eaux de lavage des phosphates de la CPG et du GCT
Rejets des bains maures dans le réseau de la STEP El Hamma
Forte pollution dans le golfe de Gabes : rejets des usines de transformation de phosphates et de la STEP de Gabes
Utilisations illicites d'EUB dans les oasis
Rejets de la SBT dans l'oued Koutine,
Rejets de la STEP de Medenine et abattoirs dans l'Oued Smar, contamination de la nappe phréatique
Rejets de graisses des restaurants au niveau des STEP de Djerba et Zarzis et rejets des abattoirs à Houmt Souk
Rejets de la STEP de Tataouine dans l'oued
Rejet des eaux usées du site pétrolifère d'El Borma dans le désert
Zone de baignade
Zone de rejets avec impacts environnementaux négatifs
Légende
Gouvernorat
Ville
Routes
Aquaculture
Hydrographie
Cours d'eau
Lacs, chotts et sebkha
Aires protégées
Site Ramsar
Zone humide d'importance nationale
STEP
Date de mise en service
< 2019
2019 - 2025
2025 - 2030
2030 - 2050
Type de rejet
Mer
Oued
Sebkha
Lagune littorale
Non renseigné
0 5 10 km
BRL ingénierie

13.4 VALORISATIONS POSSIBLES DES EUT EN FONCTION DES DIFFERENTS CONTEXTES TERRITORIAUX DU GRAND SUD

Le territoire du Grand Sud (Gouvernorats de Gafsa, Gabes, Medenine, Tozeur, Kebili, Tataouine) a été découpé en pratique en 8 sous-zones, cohérentes en termes d'assainissement, de contexte environnemental et socio-économique, indiquées sur la carte suivante :

Figure 87 : Découpage de la région du Grand Sud en sous zones d'étude



L'inventaire des valorisations possibles des EUT présentées dans cette partie a été alimenté par **l'atelier de concertation régional** qui a eu lieu le 01/04/2021. Cet atelier a été l'occasion d'échanger avec les acteurs du territoire sur les valorisations des EUT à privilégier dans chacune des sous zones étudiées.

13.4.1 Sous-zone 1 : Gouvernorat de Gafsa

Ressources en eau

Le gouvernorat de Gafsa se caractérise par des **ressources souterraines importantes** (**116 Mm³/an**). Ces eaux sont largement **surexploitées**, les **prélèvements atteignant une moyenne de 177 Mm³/an**. Cela représente **153% du potentiel renouvelable** des ressources en eau du gouvernorat. Ces prélèvements sont très majoritairement **agricoles**. Seuls **28 Mm³** issus des **nappes profondes** sont dédiés à l'**AEP**. Le **bilan hydrique est ainsi déficitaire à hauteur 61 Mm³/an**. Les nappes phréatiques présentent également une dégradation chimique importante, pouvant générer des **pics de salinité** jusqu'à 10 g/l, les rendant localement et temporairement inutilisable pour l'agriculture. **Le contexte hydrogéologique est plutôt favorable à la recharge des nappes phréatiques déficitaires.**

Les EUT produites localement représentent à ce jour un gisement de **7 Mm³** ; principalement issues de la STEP de Gafsa (6.5 Mm³). Il y a un potentiel de **24 Mm³ à l'horizon 2050**, généré par les extensions de capacité des STEP de Gafsa et Metlaoui et les futures STEP de El Guettar et Redeyef Oum El Araies.

Agriculture

L'agriculture constitue une activité fondamentale dans l'économie du gouvernorat malgré l'aridité et l'espace agricole limité. **L'arboriculture domine largement (78% des terres cultivées**), avec des oliviers, des amandiers, des pistachiers et des figuiers. Pour le reste, il s'agit surtout de **cultures annuelles en sec** et de **parcours pour l'élevage extensif**. Les dégradations piézométrique et chimique (salinité) des ressources en eau souterraines sont une préoccupation majeure des acteurs du secteur.

Activités minières et industrielles

Le gouvernorat de Gafsa est abondant en **minerais** (sable à quartz, argile rouge, gypse, phosphate, etc) et le secteur minier, organisé principalement autour de **l'extraction du phosphate**, revêt un **caractère stratégique pour l'économie nationale**. Ce secteur est par ailleurs un **usager important des ressources en eau**, avec environ **15 Mm^3 prélevés chaque année**, principalement dans les **nappes profondes**, et générant **d'importantes dégradations piézométriques locales**. Cet usage représente par exemple 62% des prélèvements de la nappe de Oum El Araies - Redeyef. Afin de réduire ces impacts et de s'appuyer sur une ressource durable, le Groupe Chimique Tunisien (GCT) s'intéresse à la REUT. Un projet d'exploitation des EUT de la STEP de Gafsa à hauteur de 4 000 m^3/j est actuellement à l'étude.

Le tableau ci-dessous liste les idées de valorisations des EUT possibles pour le gouvernorat de Gafsa, idées établies à l'issue des entretiens et enquêtes régionaux ainsi qu'au regard du contexte qui vient d'être exposé.

Tableau 98 : Possibilités de valorisation des EUT pour la sous-zone 1 : Gouvernorat de Gafsa

Idées de valorisation des EUT	Traduction des flux d'EUT en valorisations potentielles
Idée 1.a : Réhabilitation et intensification du PPI existant avec des EUT et création de nouveaux PPI proches des STEP *PPI El Aguila* *Nouveaux périmètres arboricoles et fourrages en intercalaire*	El Aguila : 137 ha irrigués (arbo et fourrages), utilisation de 13 % des EUT de la STEP de Gafsa en 2020, 11 % en 2050 Nouveaux PI potentiels, en utilisant 100% des EUT : Arboricoles : en 2020, 800 ha ; en 2050, 2 400 ha Oliviers : en 2020, 2 200 ha ; en 2050, 6 600 ha Fourrages : en 2020, 760 ha ; en 2050, 2 300 ha
Idée 1.b : Substitution des eaux conventionnelles dans les PI existants *Substitution par des EUT (ou mélange avec ces EUT) des eaux de nappes trop salées pour l'irrigation des périmètres existants*	Part de la superficie irriguée actuellement, substituable, en utilisant 100% du potentiel EUT : Oliviers : 17% en 2020, 53% en 2050 Arboriculture : 10% en 2020, 30% en 2050 Fourrages : 30% en 2020 (930 ha), 90% en 2050 (2000 ha)
Idée 1.c : Réutilisation industrielle dans les usines de production de phosphate *Projet en cours du GCT*	Projet en cours du GCT : utilisation de 25% des EUT produites par la STEP de Gafsa Si utilisation à 100 % des EUT de la STEP de Gafsa : Substitution de 43% des eaux souterraines prélevées par le GCT + CPG en 2020, 90% en 2050

Idées de valorisation des EUT	Traduction des flux d'EUT en valorisations potentielles
Idée 1.d : Recharge de la nappe de Gafsa Nord *Lâchers dans les oueds ou bassins d'infiltration*	Comblement du déficit à hauteur de 100 % de la nappe en 2050 avec les EUT des STEP de Gafsa et Metlaoui

Plusieurs orientations sont envisageables pour répondre aux principaux enjeux locaux, selon les modalités d'exploitation du potentiel des EUT.

Une première possibilité serait de privilégier un usage direct des EUT pour la satisfaction du besoin en eau de la production agricole locale. Comme mentionné lors de l'atelier régional, les zones irriguées du gouvernorat ne sont pas situées à proximité des STEP. Les acteurs ont donc appuyé l'idée d'orienter les EUT vers **la création de nouveaux périmètres irrigués à proximité des STEP et d'étendre le PPI existant d'El Aguila**. Le potentiel actuel d'EUT permettrait d'irriguer environ 2 200 ha d'oliviers ou 790 ha de cultures arboricoles. A l'horizon 2050, cette stratégie permettrait de satisfaire les besoins pour environ 6 600 ha et 2 400 ha de ces mêmes types de culture.

Une seconde possibilité serait d'orienter les EUT vers les sites d'extraction et de traitement des phosphates. Le flux d'EUT de la STEP de Gafsa représente aujourd'hui l'équivalent de 43% des prélèvements du GCT et de la CPG. A l'horizon 2050, les flux issus de la STEP de Gafsa représenteront jusqu'à 90% des besoins du groupement (à besoins constants). Cette valorisation pourra également se faire à partir de la STEP Metlaoui. Pour les acteurs régionaux, cet usage industriel est à privilégier afin de limiter les prélèvements dans les nappes profondes et au regard de la capacité à payer des industriels. Cette réutilisation serait aussi un bon signal à envoyer à tous les usagers potentiels des EUT.

Les deux possibilités ne s'opposent pas. Une variante pourrait ainsi consister en un **mix**, en exploitant une partie des EUT pour satisfaire directement le besoin en eau de périmètres lors des périodes d'irrigation, et en orientant une partie des EUT restantes vers les sites d'extraction et de traitement des phosphates.

13.4.2 Sous-zone 2 : Gouvernorat de Tozeur

Ressources en eau

Le gouvernorat de Tozeur se caractérise par des **ressources souterraines assez importantes.** Le potentiel total s'élève à **221 Mm^3/an** alors que l'**exploitation** est évaluée à plus de **196 Mm^3/an** ; soit un **taux d'exploitation de 88%.** Ces prélèvements sont très majoritairement **agricoles**. Seuls **11 Mm^3** issus des **nappes profondes** sont dédiés à l'**AEP**. Si le bilan hydrique est globalement excédentaire, la **nappe phréatique d'Ain El Karma** présente **un déficit local d'environ 1 Mm^3**. Les nappes profondes sont caractérisées par le fait que leurs **ressources en eau sont non renouvelables**. Elles présentent également une **dégradation qualitative**, pouvant générer des **pics de salinité** jusqu'à 6 g/L, les rendant localement et temporairement inutilisables pour l'agriculture. **Le contexte hydrogéologique est plutôt favorable à la recharge des nappes phréatiques déficitaires.**

Le flux d'EUT est très modeste dans ce gouvernorat peu peuplé. Il représente actuellement **2,5 Mm^3 et un potentiel de 4.7 Mm^3**, soit près de 2% des ressources en eau locales.

Agriculture

L'économie du gouvernorat s'articule autour de **l'agriculture oasienne**. Ce système agricole est structuré sur 3 étages : le maraîchage ou les fourrages au sol, les arbres fruitiers puis les palmiers-dattiers. Une très grande majorité des zones cultivées (**91% des terres cultivées, soit 9 900 ha**) sont **en arboriculture**, dont **8 500 ha de palmiers-dattiers**. Cette production est exportée et constitue un enjeu économique important pour la Tunisie. Les palmeraies consomment de très grands volumes d'eau souterraine. L**'intensification des périmètres irrigués**, conduit à la **salinisation des sols** et à la **formation de petites nappes salées sous ces périmètres**. La baisse continue de la disponibilité et de la qualité des ressources locales engendre un **contexte tendu autour des ressources en eau**.

Tourisme

Des zones touristiques se développent à Tozeur et Nefta pour accompagner le tourisme saharien. Elles ne comprennent que peu d'espaces verts et le golf existant n'est pas exploité. Un autre golf est en projet à long terme. **Le potentiel de valorisation des EUT dans le secteur touristique y est donc réduit**.

Le tableau ci-dessous liste les idées de valorisations des EUT possibles pour le gouvernorat de Tozeur, idées établies à l'issue des entretiens et enquêtes régionaux ainsi qu'au regard du contexte qui vient d'être exposé.

Tableau 99 : Possibilités de valorisation des EUT pour la sous-zone 2 : Gouvernorat de Tozeur

Idées de valorisation des EUT	Traduction des flux d'EUT en valorisations potentielles
Idée 2.a : Substitution des eaux conventionnelles pour l'irrigation *Substitution par des EUT (ou mélange avec ces EUT) des eaux de nappes pour l'irrigation des périmètres oasiens existants (zones sans maraîchage)*	Part de la superficie irriguée actuellement, substituable, en utilisant 100% du potentiel EUT : Palmiers dattiers : en 2020, 2% (200 ha); en 2050, 4% (300 ha)
Idée 2.b : Création de nouveaux PPI proches des STEP *Nouveaux périmètres fourragers*	Nouveaux PI potentiels, en utilisant 100% des EUT : Fourrages : en 2020, 300 ha ; en 2050, 480 ha
Idée 2.c : Usage touristique, approvisionnement des golfs et des espaces verts *STEP de Tozeur et Nefta*	En 2020, utilisation de 50 % de la STEP de Tozeur si irrigation du golf, 45 % n 2050 si irrigation de 2 golfs Superficie potentielle d'espaces verts irrigable, hors golfs : 320 ha en 2020, 550 ha en 2050

Il est proposé que la valorisation de ces flux d'EUT soit essentiellement agricole, sous forme directe à travers la substitution totale ou partielle des eaux conventionnelles au niveau de périmètres existants. Les deux STEP principales de Tozeur et Nefta sont en effet situées en pleine zone oasienne. Les flux d'EUT permettraient d'irriguer - actuellement - l'équivalent de 190 ha de palmiers-dattiers et environ 300 ha à l'horizon 2050. Les acteurs régionaux ont aussi mentionné la possibilité de **créer de nouveaux périmètres fourragers** pour répondre aux besoins locaux comme une autre alternative possible. Le potentiel lié aux EUT est de 300 ha en 2020 et 480 ha en 2050.

13.4.3 Sous-zone 3 : Gouvernorat de Kebili

Ressources en eau

Le gouvernorat de Kebili se caractérise par des **ressources souterraines importantes (243 Mm^3**), dont la quasi-totalité provient des nappes profondes. Les **nappes profondes** sont très largement **surexploitées**, **pour satisfaire les besoins agricoles (630 Mm^3/an**). Seuls **9 Mm^3** sont prélevés pour l'AEP. En relation avec ce bilan hydrique grandement déficitaire, on enregistre une baisse des niveaux piézométriques. Cette baisse est spectaculaire au niveau des **nappes du complexe terminal** qui sont **exploitées à des taux dépassant les 200%.** Le potentiel des nappes phréatiques (5.5 Mm^3) n'est quasiment pas exploité (seulement 0,3 Mm^3) car elles accusent des salinités élevées. Toute recharge ne réussirait pas à rabattre cette salinité pour que ces eaux soient exploitables à des fins agricoles.

Le flux d'EUT est très modeste dans ce gouvernorat peu peuplé. Il représente actuellement **1,8 Mm^3 et un potentiel de 4 Mm^3 à l'horizon 2050**, soit moins de 2% des ressources en eau locales.

Agriculture

L'économie du Gouvernorat s'articule autour de **l'agriculture oasienne**. Une très grande majorité des zones cultivées (**76% des terres cultivées, soit 38 000 ha) sont des palmiers-dattiers**. Les problématiques hydriques sont les mêmes que celles exposées pour Tozeur. Certains périmètres irrigués sont agrandis de façon illicite, ce qui va à l'encontre de la volonté de limiter la création de nouvelles superficies irriguées.

Tourisme

Par ailleurs, le secteur touristique se développe à Douz pour accompagner le tourisme saharien. Le potentiel de valorisation des EUT dans le secteur touristique y est faible au vu de la capacité hôtelière.

Le tableau ci-dessous liste les idées de valorisations des EUT possibles pour le Gouvernorat de Kebili à l'issu des entretiens et enquêtes régionaux ainsi qu'au regard du contexte qui vient d'être exposé

Tableau 100 : Possibilités de valorisation des EUT pour la sous-zone 3 : Gouvernorat de Kebili

Idées de valorisation des EUT	Traduction des flux d'EUT en valorisations potentielles
Idée 3.a : Substitution ou mélange des eaux conventionnelles pour l'irrigation dans les PI existants *Oasis près des STEP, zones sans maraîchage*	Part de la superficie irrigable substituable, en utilisant 100% du potentiel EUT 2020 et 2050 : Dattiers : en 2020, 0,4% (130 ha); en 2050, 1% (250 ha) sur les 38 000 ha irrigués
Idée 3.b : Création de nouveaux PPI proches des STEP *Nouveaux périmètres fourragers*	Nouveaux PI potentiels, en utilisant 100% des EUT : Fourrages : en 2020, 210 ha ; en 2050, 400 ha
Idée 3.c : Usage touristique, approvisionnement des espaces verts *STEP de Douz*	Superficie potentielle d'espaces verts irrigable à Douz : 130 ha en 2020, 240 ha en 2050

Il est proposé que la valorisation de ces flux d'EUT soit essentiellement agricole, sous forme directe à travers la substitution totale ou partielle des eaux conventionnelles au niveau de la palmeraie. Les STEP actuelles et futures sont en effet située à proximité des oasis (Mansoura, Tembib, Telmine et Rabta, par exemple, pour la STEP de Kebili). Les flux d'EUT permettraient d'irriguer actuellement l'équivalent de 135 ha de palmiers-dattiers et environ 250 ha à l'horizon 2050. Les acteurs régionaux ont aussi mentionné la possibilité de créer de **nouveaux périmètres fourragers** pour répondre aux besoins locaux comme une autre alternative possible. Le potentiel est de 210 ha en 2020 et 400 ha en 2050.

13.4.4 Sous-zone 4 : Littoral de Gabes

Ressources en eau

Le littoral de Gabès se caractérise par des **ressources en eaux souterraines relativement importantes (174 Mm^3/an**). Les nappes phréatiques sont exoréiques, avec pour exutoire la mer. Elles sont soumises à une forte surexploitation (déficit annuel de l'ordre de 7 Mm^3). Cela explique l'intrusion du biseau salé. Ces nappes présentent donc une **dégradation quantitative et qualitative**. Les prélèvements dans les nappes phréatiques sont exclusivement dédiés à **l'irrigation**, alors que ceux dans les nappes profondes alimentent également la production d'eau potable (18%) et les besoins en eau du GCT pour le traitement des phosphates.

Les **EUT produites localement représentent un gisement significatif**. A ce jour, les volumes d'EUT sont estimés à plus de **8 Mm^3** et leur potentiel serait de plus de **17 Mm^3 à l'horizon 2050**. Cela s'explique par la forte concentration de la population du gouvernorat de Gabès sur le littoral.

Activités industrielles

Le **secteur de l'industrie chimique est l'un des piliers du tissu industriel de la région**. Ce secteur est par ailleurs un usager important des ressources en eau, avec environ **4 Mm^3 prélevés chaque année dans les nappes profondes**, et générant d'importantes **dégradations piézométriques locales**. De plus, ces activités industrielles génèrent une importante pollution atmosphérique et hydrique, causées par les rejets de phosphogypse.

Agriculture

L'agriculture revêt une importance secondaire dans l'économie locale. Les délégations du littoral, à l'exception de Mareth et El Métouia, ont des superficies agricoles réduites tant par leurs superficies limitées que par l'étendue des espaces urbains. **L'arboriculture est la culture la plus répandue**, avec majoritairement de **l'olivier en sec, des dattiers, grenadiers ou amandiers**. Les délégations de Mareth et El Métouia abritent des zones de production agricole plus intensives, en particulier au niveau des **oasis littoraux** (Mareth, El Métouia, Zarat, plaine côtière de Kettana).

Tourisme

Le secteur touristique est peu développé dans la région. Cependant, le projet d'aménagement d'une zone touristique au sud de la ville de Gabes, dans une zone proche de la nouvelle STEP de Gabes Sud, va demander des ressources en eau.

Le tableau ci-dessous liste les idées de valorisations des EUT possibles pour le littoral de Gabes à l'issu des entretiens et enquêtes régionaux ainsi qu'au regard du contexte qui vient d'être exposé

Tableau 101 : Possibilités de valorisation des EUT pour la sous-zone 4 : littoral de Gabes

Idées de valorisation des EUT	Traduction des flux d'EUT en valorisations potentielles
Idée 4.a : Réhabilitation et intensification de l'existant *PPI de Dissa, STEP de Gabes*	Dissa : 300 ha aménagés (oliviers et fourrages), utilisation de 14 % des EUT de la STEP de Gabes en 2017 avec une intensification de 50 % Potentiel d'utilisation de 25 % de la STEP de Gabes Nord en 2050 si intensification à 100 %
Idée 4.b : Substitution ou mélange des eaux conventionnelles pour l'irrigation dans les PI existants *Oasis littoraux de Mareth et Metouia*	Part de la superficie irrigable substituable, en utilisant 100% du potentiel (à l'échelle du Gouvernorat de Gabes) Arboriculture : en 2020, 20% ; en 2050, 45% Dattiers : en 2020, 7% ; en 2050, 15%
Idée 4.c : Création de nouvelles zones irriguées avec les EUT en périphérie des villes *Nouveaux PI d'oliveraie et arboricoles*	Nouveaux PI potentiels, en utilisant 100% des EUT : Arboricoles : en 2020, 900 ha ; en 2050, 1 750 ha Oliviers : en 2020, 2 400 ha ; en 2050, 4 800 ha
Idée 4.d : Approvisionnement des espaces verts et golfs à partir de la STEP de Chott Hamrouni + autres usages hôteliers *Zone touristique de Gabes projetée*	En 2050, utilisation de 10 % de la STEP de Gabes Sud si irrigation de 1 golf Superficie potentielle d'espaces verts irrigables, hors golfs : 780 ha en 2050 Potentiel d'alimenter les blocs sanitaires de 60 000 lits en 2050 (10 000 lits prévus)
Idée 4.e : Réutilisation industrielle dans les usines de traitement des phosphates *Projet du GCT*	Projet en cours GCT : utilisation de 50% des EUT produites par la STEP de Gabes Si utilisation des EUT de la STEP de Gabes Nord en 2050, substitution de 100% des eaux souterraines prélevées par le GCT + 50 % des EUT de la STEP restantes

Plusieurs orientations sont envisageables pour exploiter ce potentiel conséquent d'EUT et répondre aux principaux enjeux locaux :

<u>Une première orientation</u> pourrait être d'accompagner les projets de valorisation agricole et industrielle, actuellement à l'étude et de privilégier la substitution dans les périmètres irrigués existants. Le **PPI de Dissa** utilise aujourd'hui 14% des EUT de la STEP de Gabès (2017) pour un niveau d'intensification de 50%. Une fois réhabilité, et pour une intensification à 100%, le PPI de Dissa pourrait potentiellement utiliser jusqu'à **25% des EUT de la STEP de Gabès Nord** projetée à la place de la STEP actuelle de Gabes. Par ailleurs, **le raccordement des sites du GCT avec les EUT de la STEP de Gabès Nord** permettrait de valoriser **50% des EUT** qui y sont produites, tout en substituant la totalité des eaux souterraines prélevées par le GCT. Cette option de réutilisation industrielle a été appuyée par les acteurs lors de l'atelier de concertation régional. Concernant la substitution dans les périmètres irrigués existants**, les EUT des STEP restantes pourraient être orientées vers la plaine côtière de Gabès et ses oasis littoraux sur le long terme** (Mareth, El Métouia, Zarrat, Kettana). Le flux d'EUT permettrait d'irriguer –actuellement - l'équivalent de 500 ha de palmiers-dattiers et plus de 1 000 ha à l'horizon 2050.

Une autre possibilité est d'orienter **les flux d'EUT vers les usages touristiques futurs.** Cela consiste à satisfaire les besoins touristiques des golfs et des espaces verts de la région, dans la mesure de la faisabilité technique qui sera à préciser. La **future zone touristique de Chott Hamrouni** n'étant pas encore construite, il pourrait aussi être envisagé de la REUT au niveau des blocs sanitaires des hôtels. La satisfaction des besoins identifiés à l'horizon 2050 pour les espaces verts et le golf, et pour les blocs sanitaires des hôtels prévus (10 000 lits) correspond à l'exploitation de **10 % des EUT de Gabes Sud** (1,7 Mm^3).

13.4.5 Sous-zone 5 : Zone intérieure de Gabes

Ressources en eau

La zone intérieure de Gabès est très aride et le désert progresse. Ses ressources en eau conventionnelles se limitent à des **petites entités aquifères phréatiques** (**6,6 Mm^3**) et à des **nappes profondes**, partagées avec le littoral, dont les réserves sont plus importantes (**156 Mm^3**). Les nappes phréatiques sont globalement peu exploitées (20% à 80%) du fait de leur forte salinité mais une baisse des niveaux piézométriques peut être enregistrée localement. Pour les mêmes raisons, les nappes profondes ne sont pas non plus exploitées au maximum de leur potentiel. Les p**rélèvements dans les nappes phréatiques** sont exclusivement dédiés à **l'irrigation**, alors que ceux dans **les nappes profondes** alimentent également la **production d'eau potable.**

Le flux d'EUT est relativement modeste. Il représente actuellement **1,6 Mm^3 et un potentiel de près de 5 Mm^3 à l'horizon 2050**. Ce potentiel provient essentiellement de la STEP d'El Hamma (3.8 Mm^3 à l'horizon 2050). Le reliquat est produit par une série de petites STEP projetées, disséminées sur le territoire.

Agriculture

La zone intérieure de Gabès est **essentiellement agricole**. De très grandes surfaces de **parcours** permettent d'alimenter les cheptels, ovins essentiellement. L'aridité et les épisodes de sécheresse engendrent régulièrement une **pénurie de fourrages**, que l'irrigation avec les EUT permettrait de réduire. Sur le reste du territoire, la **culture d'oliviers, principalement en sec, domine** (73 000 ha). Les zones de cultures intensives sont limitées aux **oasis traditionnelles** de la zone de Chenchou (délégation d'El Hamma) et aux abords des ouvrages traditionnels de mobilisation des eaux de ruissellement (Jessours), au niveau des Monts de Matmata.

Le tableau ci-dessous liste les idées de valorisations des EUT possibles pour la zone intérieure de Gabes, liste établie à l'issue des entretiens et enquêtes régionaux ainsi qu'au regard du contexte qui vient d'être exposé.

Tableau 102 : Possibilités de valorisation des EUT pour la sous-zone 5 : zone intérieure de Gabes

Idées de valorisation des EUT	Traduction des flux d'EUT en valorisations potentielles
Idée 5.a : Réhabilitation et intensification de l'existant *PPI d'El Hamma et eaux des bains maures*	El Hamma : 100 ha aménagés (oliviers, arboriculture et fourrages), utilisation de 14 % des EUT de la STEP de El Hamma en 2017 avec une intensification de 50 % Potentiel d'utilisation de 45 % des EUT en 2050 si intensification à 100 % et extension à 400 ha
Idée 5.b : Création de nouvelles zones irriguées avec les EUT à proximité des STEP projetées *Nouveaux PI d'oliviers et fourrages*	Nouveaux PI potentiels, en utilisant 100% des EUT : Fourrages : en 2020, 160 ha ; en 2050, 480 ha Oliviers : en 2020, 470 ha ; en 2050, 1 360 ha

Idées de valorisation des EUT	Traduction des flux d'EUT en valorisations potentielles
Idée 5.c : Recharge de la nappe de El Hamma Chenchou *Lâchers dans les oueds ou bassins d'infiltration*	Comblement du déficit à hauteur de 43 % avec la STEP de El Hamma en 2020, 100 % en 2050

Il est proposé pour la STEP de El Hamma d'orienter les flux d'EUT vers un usage agricole autant que possible. Les flux à l'horizon 2050 permettraient d'irriguer jusqu'à 350 ha de fourrages ou jusqu'à 1 000 ha d'oliviers. Cela peut comprendre la **réhabilitation et l'extension du périmètre d'El Hamma**, ainsi que **l'aménagement de nouvelles zones pour l'irrigation**. Dans les périodes où l'irrigation n'est pas pratiquée, il est proposé de recourir à la **recharge de la nappe**. Les EUT de cette STEP sont en effet actuellement déversées dans le lit de l'oued de façon spontanée, en l'absence de tout aménagement spécifique et ces eaux s'infiltrent entièrement après un parcours de plusieurs centaines de mètres. Il pourra être envisagé d'aménager des aires d'infiltration dans le domaine public de l'oued pour optimiser la recharge. Les acteurs locaux lors de l'atelier régional ont indiqué que pour les autres STEP il sera difficile de recourir à la REUT avec des créations de périmètres irrigués au vu de leur emplacement et de leur faible débit. Des solutions d'irrigation d'appoint à petite échelle pourront être proposées.

13.4.6 Sous-zone 6 : Ile de Djerba et Zarzis

Ressources en eau

L'alimentation en eau potable de l'île de Djerba et la région de Zarzis repose essentiellement sur le **dessalement de l'eau de mer** depuis 2018 (50 000 m^3/j, extension possible jusqu'à 75 000 m^3/j). Les **nappes phréatiques** (nappe de l'île de Djerba, nappe de Zarzis) et les **nappes profondes** locales représentent de **faibles volumes (4,4 Mm^3/an) et sont surexploitées**, principalement pour **l'irrigation**.

Les **EUT produites localement représentent un gisement significatif** en comparaison à la taille du territoire. A ce jour, les volumes d'EUT sont estimés à **8 Mm^3** et leur **potentiel serait de plus de 17 Mm^3** à l'horizon 2050.

Tourisme

L'île de Djerba et le littoral de Zarzis constituent un **pôle touristique d'importance nationale**. Ce pôle continue à se développer avec des **extensions projetées des zones touristiques** et le développement de **nouveaux golfs**. Les rejets des EUT à proximité des zones de baignade est problématique.

Agriculture

L'aménagement du territoire et les conditions climatiques sont **peu propices au développement agricole** dans la région. Le secteur agricole se limite à la **culture de l'olivier** autour de Zarzis (67 000 ha) et à l'**arboriculture** (figuiers, amandiers, grenadiers, raisins), principalement **en sec**.

Le tableau ci-dessous liste les idées de valorisations des EUT possibles pour l'île de Djerba et Zarzis, liste établie à l'issue des entretiens et enquêtes régionaux ainsi qu'au regard du contexte qui vient d'être exposé.

Tableau 103 : Possibilités de valorisation des EUT pour la sous-zone 6 : île de Djerba et Zarzis

Idées de valorisation des EUT	Traduction des flux d'EUT en valorisations potentielles

Idée 6.a : Création de nouvelles zones irriguées avec les EUT *Nouveaux PI d'oliviers et arboricoles, extension des PI avec des EUT déjà existants*	Nouveaux PI potentiels, en utilisant 100% des EUT : Arboricoles : en 2020, 970 ha ; en 2050, 1 860 ha Oliviers : en 2020, 2 640 ha ; en 2050, 5 100 ha
Idée 6.b : Approvisionnement des espaces verts des zones touristiques et urbains à partir des STEP voisines	Superficie des espaces verts irrigables substituable, en utilisant 100% des EUT : 1 000 ha en 2020 à 2 200 ha en 2050, soit 2 et 5 fois les surfaces existantes si la moitié est irriguée (850 ha en tout)
Idée 6.c : Approvisionnement des golfs *1 existant et 4 projetés*	En 2020, utilisation de 100 % de la STEP de Sidi Mehrez pour irriguer le golf En 2050, utilisation de 22 % du volume produit par toutes les STEP pour alimenter les 6 golfs
Idée 6.d : Réutilisation dans les blocs sanitaires des hôtels *Circuit fermé ou redistribution à partir de la STEP*	En 2020 : possibilité de substituer la consommation de 75 000 lits (soit 1,3 fois l'existant) En 2050 : possibilité de substituer la consommation de 165 000 lits (soit 1,5 fois l'existant + ce qui est projeté)

Plusieurs orientations sont envisageables pour exploiter ce potentiel conséquent d'EUT et répondre aux principaux enjeux locaux :

Eu égard à l'importance économique du secteur touristique, une **orientation** évidente serait de valoriser les EUT de la zone au niveau des infrastructures touristiques, valorisation largement évoquée lors des échanges de l'atelier régional. Les EUT peuvent permettre d'irriguer des espaces verts et des golfs. Cela peut s'envisager soit par un traitement puis un retour des EUT des STEP de Djerba et Zarzis, soit par des petites unités de traitement à l'échelle des grandes unités hôtelières avec séparation des eaux grises et des eaux vannes. La satisfaction des besoins identifiés à l'horizon 2050 pour les espaces verts et les golfs, soit respectivement 230 ha et 395 ha irrigués, correspond à l'exploitation de 35% du potentiel d'EUT du secteur (6,2 Mm^3). Pour les zones touristiques projetées, il peut même être envisagé d'alimenter les blocs sanitaires avec les EUT.

Une autre orientation consisterait à **étendre les périmètres irrigués existants et de créer de nouvelles zones irriguées**. Le flux d'EUT permettrait d'alimenter –actuellement- l'équivalent de 2 600 ha d'oliviers ou 900 ha de fourrages et près de 5 000 ha d'oliviers et 1 800 ha de fourrages à l'horizon 2050.Cette stratégie de valorisation permettrait de soulager le déficit de la nappe de Djerba, que l'usage agricole tend à surexploiter, et de fournir aux agriculteurs une eau moins salée que celle de la nappe.

Ces deux orientations possibles ne s'opposent pas et des solutions de valorisation combinant les deux sont envisageables.

13.4.7 Sous-zone 7 : Medenine

Ressources en eau

La zone intérieure du gouvernorat de Medenine est **très aride**. Ses ressources en eau conventionnelles se limitent à de **petites entités aquifères phréatiques (8,3 Mm^3)** et à des **nappes profondes** dont les réserves sont plus importantes (**près de 70 Mm^3**). Le taux de prélèvements reste relativement modeste à l'échelle de l'ensemble de ces entités aquifères, mais **quelques nappes phréatiques sont largement surexploitées** (148 % pour Ben Guerdane, ou 207 % pour Smar Medenine par exemple). Ce bilan hydrique globalement excédentaire s'explique par **la salinité très importante** de l'ensemble de ces ressources souterraines. Les prélèvements dans les nappes phréatiques sont exclusivement dédiés à l'irrigation, alors que ceux dans les nappes profondes le sont très largement pour l'eau potable.

Le **flux d'EUT** représente actuellement **2,2 Mm³ et un potentiel de plus de 13 Mm³ à l'horizon 2050**, soit tout de même 17% des ressources en eau renouvelables locales. Ce potentiel provient essentiellement de la STEP de Médenine (6,5 Mm³) et de la nouvelle STEP de Ben Guerdane (6,1 Mm³). Le reliquat est produit par une série de petites STEP projetées et disséminées sur le territoire.

Agriculture

La zone est **essentiellement agricole,** avec de grandes surfaces de parcours (cheptels d'ovins, de caprins et de camélidés). L'aridité et les épisodes de sécheresse engendrent régulièrement une **pénurie de fourrages**, que l'irrigation avec les EUT permettrait de réduire. Sur le reste du territoire, la **culture de l'olivier** (71 000 ha) et des céréales domine, le tout majoritairement en sec.

Le tableau ci-dessous liste les idées de valorisations des EUT possibles pour Medenine, liste établie à l'issue des entretiens et enquêtes régionaux ainsi qu'au regard du contexte qui vient d'être exposé.

Tableau 104 : Possibilités de valorisation des EUT pour la sous-zone 7 : Medenine

Idées de valorisation des EUT	Traduction des flux d'EUT en valorisations potentielles
Idée 7.a : Réhabilitation et intensification de l'existant *PPI de Ouljet El Khoder*	30 ha aménagés (oliviers, fourrages), utilisation de 3 % des EUT de la STEP de Medenine avec une intensification de 100 %
Idée 7.b : Création de nouvelles zones irriguées avec les EUT *Nouveaux PI d'oliveraie et fourrages, extension des PI avec des EUT déjà existants*	Nouveaux PI potentiels, en utilisant 100% des EUT : Oliviers : en 2020, 700 ha ; en 2050, 3 800 ha Fourrages : en 2020, 250 ha ; en 2050, 1 300 ha
Idée 7.c : Recharge des nappes de l'Oued Smar et N. Oum Tamr et Djorf *Lâchers dans les oueds*	Comblement du déficit à hauteur de 100 % avec la STEP de Medenine en 2020 et 2050

L'environnement immédiat de chaque STEP étant très différent, les propositions de valorisations sont à envisager à l'échelle de chaque STEP.

L'environnement urbain de la STEP de Medenine et la méfiance des riverains vis-à-vis des EUT incite à envisager un **usage agricole indirect**, par l'intermédiaire de la **recharge des nappes de l'Oued Smar, N. Oum Tamr et Djorf**. Le contexte hydrogéologique étant favorable, la recharge pourra se faire au travers de **lâchers dans les oueds**, ou par la mise en place de **bassins d'infiltration**. Une amélioration des processus de traitement, afin d'absorber les surcharges, notamment issus des rejets industriels, est cependant nécessaire pour garantir la qualité des EUT.

Pour les EUT de la STEP de Ben Guerdane et des autres petites STEP, si le stockage souterrain est envisageable, il est suggéré d'orienter ces volumes vers un **usage agricole direct**, en particulier dans la région agricole de Binniri, où se trouve une tradition d'irrigation à partir de puits de surface de faible productivité et de salinité relativement élevée. Les EUT seraient exploitées dans des **nouveaux périmètres irrigués à proximité des STEP** pour **l'irrigation des oliviers et des fourrages en intercalaire**. Lors de l'atelier de concertation régional, il y avait un consensus pour dire que les EUT devait être considérée comme une ressource propres à **réduire le déficit fourrager** actuel de la région. En effet, la **demande des agriculteurs est forte pour approvisionner leurs élevages** (camelins, ovins, caprins). Les volumes actuels d'EUT issus de ces STEP permettraient d'irriguer environ 700 ha d'oliviers ou 250 ha de fourrages, et jusqu'à 3 900 ha d'oliviers ou 1 300 ha de fourrages à l'horizon 2050.

Outre la création de périmètres fourragers autour des STEP, d'autres solutions de valorisations complémentaires peuvent être envisagées : **alimentation de pépinières pour lutter contre la désertification** (par exemple le parc boisé géré par l'Institut des Régions Arides (IRA) pour la multiplication et la préservation des espèces autochtones de la région), **l'arrosage des alignements d'arbres au bord des routes** ou **l'alimentation de productions de plantes médicinales**.

13.4.8 Sous-zone 8 : Gouvernorat de Tataouine

Ressources en eau

Le gouvernorat de Tataouine est **très aride**. Les **ressources en eau conventionnelles y sont réduites**, avec un potentiel renouvelable de **15 Mm³/an** pour les nappes phréatiques et **52 Mm³/an** pour les nappes profondes. Avec un niveau de **prélèvement à hauteur de 46 Mm³/an**, le bilan hydrique reste excédentaire. Cela recouvre cependant des réalités très diverses, et notamment le bilan déficitaire des nappes de Tataouine et de Smar.

Les EUT représentent aujourd'hui **3,4 Mm³**, produits par la STEP de Tataouine. Le **potentiel à l'horizon 2050 serait de 5,7 Mm³**, du fait de l'augmentation de la capacité de la STEP de Tataouine principalement (5 Mm³) et de l'installation de petites STEP dans le reste du gouvernorat.

Agriculture

L'économie de la région repose essentiellement sur l'agriculture. Celle-ci est peu diversifiée du fait des conditions climatiques très rudes. Il s'agit principalement **d'arboriculture en sec**, avec surtout des **oliviers (75%)** et de la **céréaliculture, également en sec**. **L'agriculture oasienne**, irriguée, représente 7 300 ha. Le secteur de l'élevage fait face à de grandes **difficultés d'approvisionnement en fourrages** pour les ovins et camélidés.

Le tableau ci-dessous liste les idées de valorisations des EUT possibles pour le Gouvernorat de Tataouine, liste établie à l'issue des entretiens et enquêtes régionaux ainsi qu'au regard du contexte qui vient d'être exposé.

Tableau 105 : Possibilités de valorisation des EUT pour la sous-zone 8 : Gouvernorat de Tataouine

Idées de valorisation des EUT	Traduction des flux d'EUT en valorisations potentielles
Idée 8.a : Création de nouvelles zones irriguées avec les EUT *Nouveaux périmètres d'oliveraie et fourrages, extension des périmètres déjà irrigués actuellement avec des EUT*	Nouveaux périmètres potentiels, en utilisant 100% des EUT : Oliviers : en 2020, 1 100 ha ; en 2050, 1 600 ha Fourrages : en 2020, 400 ha ; en 2050, 575 ha
Idée 8.b : Recharge de la nappe de Oued Tataouine *Lâchers dans les oueds*	Comblement du déficit à hauteur de 100 % avec la STEP de Tataouine en 2020 et 2050

Malgré sa localisation en milieu péri-urbain, la STEP de Tataouine est relativement proche de zones agricoles. Les volumes d'EUT de cette STEP pourront donc être **orientés vers un usage agricole direct**, et local. Comme pour l'intérieur du gouvernorat de Medenine, le **déficit fourrager** actuel de la zone a été souligné lors de l'atelier de concertation. Il a donc été préconisé la **création de nouveaux périmètres fourragers**. La localisation prévue des futures STEP est similaire et l'usage de leurs volumes d'EUT pourra également être orienté vers l'agriculture. Le potentiel total permettrait de développer l'équivalent de 1 640 ha d'oliviers ou 575 ha de fourrages à l'horizon 2050.

Le recours à un usage indirect, par l'intermédiaire de la **recharge de la nappe de Oued Tataouine** est envisageable, en complément, pour une petite partie des flux d'EUT. Ces volumes sont en effet très largement supérieurs au potentiel renouvelable annuel de ces nappes. La recharge pourra se faire au travers du réseau hydrographique ou d'aires d'infiltration à identifier et aménager.

13.4.9 Synthèse des valorisations possibles des EUT par sous zones

La carte ci-dessous permet de rappeler de manière illustrée les idées de valorisations possibles des EUT qui ont été proposées pour chaque sous zones et de montrer la variété des possibilités en fonction des contextes territoriaux.

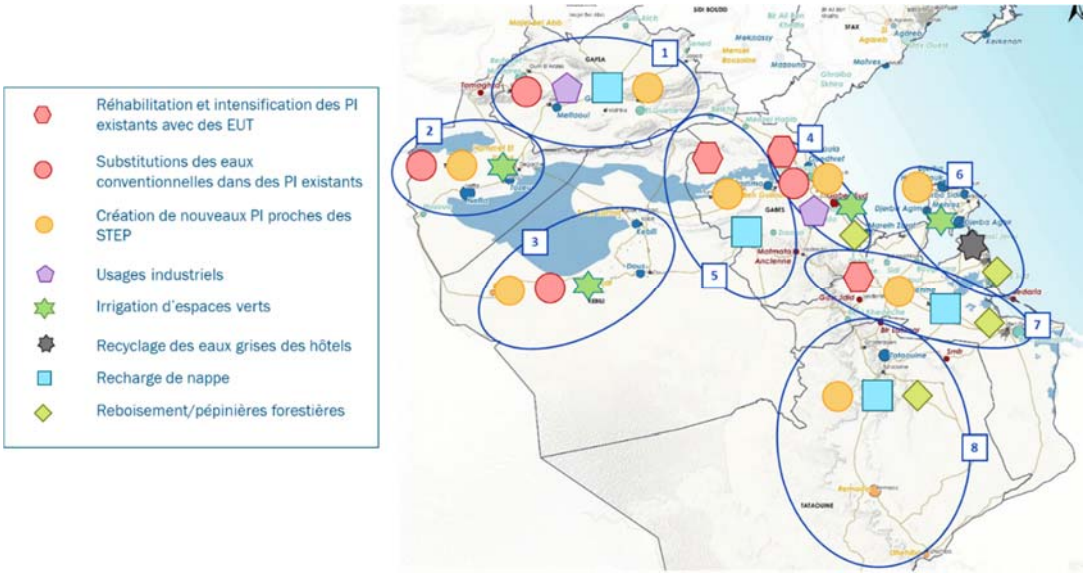


Figure 88 : Synthèse des valorisations des EUT possibles par sous zones du Grand Sud

13.5 QUELS SONT LES SCENARIOS POSSIBLES ET COHERENTS POUR VALORISER LES EUT DE LA ZONE DU GRAND SUD ?

13.5.1 Formulation des scénarios prospectifs proposés

VALORISATIONS DES EUT COMMUNES AUX SCENARIOS PROPOSES

Il est proposé que certaines valorisations des EUT soient appliquées à l'ensemble des scénarios. Ces propositions concernent surtout le maintien de certains périmètres existants qui ne sont pas dans les grands centres urbains et industriels (Tataouine, Djerba, El Hamma) ainsi que l'irrigation du golf existant à Djerba. Lors de l'atelier de concertation régional, l'utilisation des EUT pour le reboisement afin de lutter contre la désertification a été très souvent citée par les participants. Pour chacun des scénarios proposés, 5 % du volume d'EUT produit à l'échelle de la région a donc été réservé au reboisement ou à l'irrigation de pépinières.

13.5.1.1 Scénario 1 : Les EUT, une ressource pour réduire la pression sur les nappes souterraines surexploitées

L'état de stress hydrique s'impose aux acteurs régionaux qui décident de limiter les nouveaux usages consommateurs en eau pour préserver les eaux souterraines. Les EUT sont utilisées pour tout un panel d'usages existants dont la nature dépend de leur niveau de consommation d'eau. Pour Gabes et Gafsa par exemple, au regard du poids dans le bilan hydrique du secteur des phosphates, c'est la réutilisation industrielle qui est favorisée afin de limiter les prélèvements dans les nappes profondes. Pour les zones littorales touristiques (Djerba, Zarzis) où il y a peu d'irrigation agricole, les EUT permettent d'irriguer des espaces verts existants. Dans les zones intérieures plus agricoles, les EUT alimentent des périmètres irrigués existants et notamment les palmeraies dans les oasis de Tozeur, Kebili et Gabes où il n'y a pas de maraîchage. La priorité est donc donnée à la substitution des eaux conventionnelles par les EUT (ou au mélange de ces deux ressources). Dans le cas des zones rurales où il n'y a pas de possibilités de substitution à proximité, les EUT permettent de recharger de façon marginale les nappes phréatiques. Tous ces usages demandent des efforts d'investissement pour améliorer les niveaux de traitement des STEP urbaines avec des procédés filtrants et de désinfection.

13.5.1.2 Scénario 2 : Les EUT, une ressource pour aider au développement local agricole et touristique

Les impacts de la diminution des ressources conventionnelles et du changement climatique sur le secteur agricole de la zone, déjà fragile au vu des faibles ressources disponibles naturellement, amène à prioriser la REUT pour l'usage agricole à proximité des STEP. Les périmètres existants avec des EUT au niveau des grandes STEP urbaines sont réhabilités, intensifiés et étendus. Pour les nouvelles STEP, des périmètres irrigués sont créés à proximité en fonction des opportunités et des demandes des agriculteurs. Ils permettent surtout d'intensifier les productions existantes des oliviers ou de réduire le déficit fourrager des zones qui souffrent de la dégradation des parcours. Pour les zones touristiques où il y a peu de potentialités agricoles, les EUT permettent le développement de nouveaux golfs et de nouveaux espaces verts afin d'améliorer le cadre de vie et soutenir le secteur touristique, notamment pour les nouvelles zones projetées (extension à Djerba, Sud de Gabes, El Hamma, Douz, Tozeur, etc.).

13.5.1.3 Vue d'ensemble des composantes considérées pour la construction des scénarios

Le schéma ci-dessous synthétise les principales composantes qui ont permis de construire des scénarios, à savoir l'éloignement des usages par rapport à la STEP, le niveau d'ambition technologique pour le traitement des EUT, l'impact sur le bilan en eau (substitution d'usages existants ou création de nouveaux usages) et les types d'usages en fonction de leur localisation en milieu rural ou urbain.

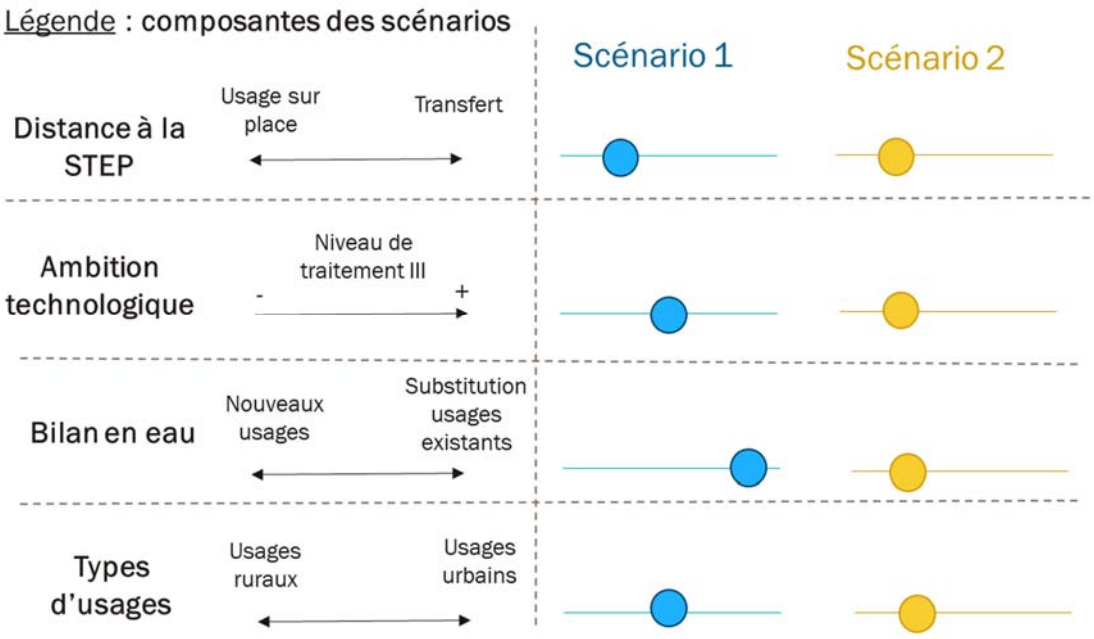


Figure 89 : Principales composantes considérées pour la construction des scénarios

13.5.2 Traduction locale à l'échelle des sous-zones des scénarios

Afin d'illustrer plus en détails le contenu des scénarios décrits ci-avant, le tableau et les cartes ci-dessous reprennent, pour chacun d'eux, quelles sont les idées de valorisations des EUT à favoriser pour chacune des sous-zones de la région du Grand Sud.

Tableau 106 : Valorisations des EUT proposées pour chacun des 2 scénarios

Valorisations des EUT à favoriser		Sous zones de la région							
		Gafsa	Tozeur	Kebili et Douz	Littoral de Gabes	Zone intérieure de Gabes	Ile de Djerba et Zarzis	Medenine	Tataouine
Scénario 1 : les EUT, une ressource pour réduire la pression sur les nappes souterraines surexploitées									
Extension et/ou intensification des PI existants avec des EUT						**X** *(Idée 5.a, El Hamma)*	**X** *(Idée 6.a)*		
Substitutions / mélanges dans des PI	**Palmiers dattiers**		**X** *(Idée 2.a)*	**X** *(Idée 3.a)*	**X** *(Idée 4.b)*				
	Arbo/fourrages				**X** *(Idée 4.b)*				
Golfs							**X** *(Idée 6.c, golf existant)*		
Espaces verts							**X** *(Idée 6.b, seulement EV existants)*		
Réutilisation industrielle		**X** *(Idée 1.c)*			**X** *(Idée 4.e)*				
Recharge de nappe		**X** *(Idée 1.d)*				**X** *(Idée 5.c)*		**X** *(Idée 7.c)*	**X** *(Idée 8.b)*
Scénario 2 : les EUT, une ressource pour aider au développement local agricole et touristique									
Extension et/ou intensification des PI existants avec des EUT					**X** *(Idée 4.a)*	**X** *(Idée 5.a, El Hamma)*	**X** *(Idée 6.a)*	**X** *(Idée 7.a)*	
Création de nouveaux PI		**X** *(Idée 1.a)*	**X** *(Idée 2.b)*	**X** *(Idée 3.b)*	**X** *(Idée 4.c)*	**X** *(Idée 5.b)*	**X** *(Idée 6.a)*	**X** *(Idée 7.b)*	**X** *(Idée 8.a)*
Golfs			**X** *(Idée 2.c)*		**X** *(Idée 4.d, golfs projetés)*		**X** *(Idée 6.c, golfs existants et projetés)*		
Espaces verts			**X** *(Idée 2.c)*	**X** *(Idée 3.c)*	**X** *(Idée 4.d, EV projetés)*		**X** *(Idée 6.b, EV existants et projetés)*		

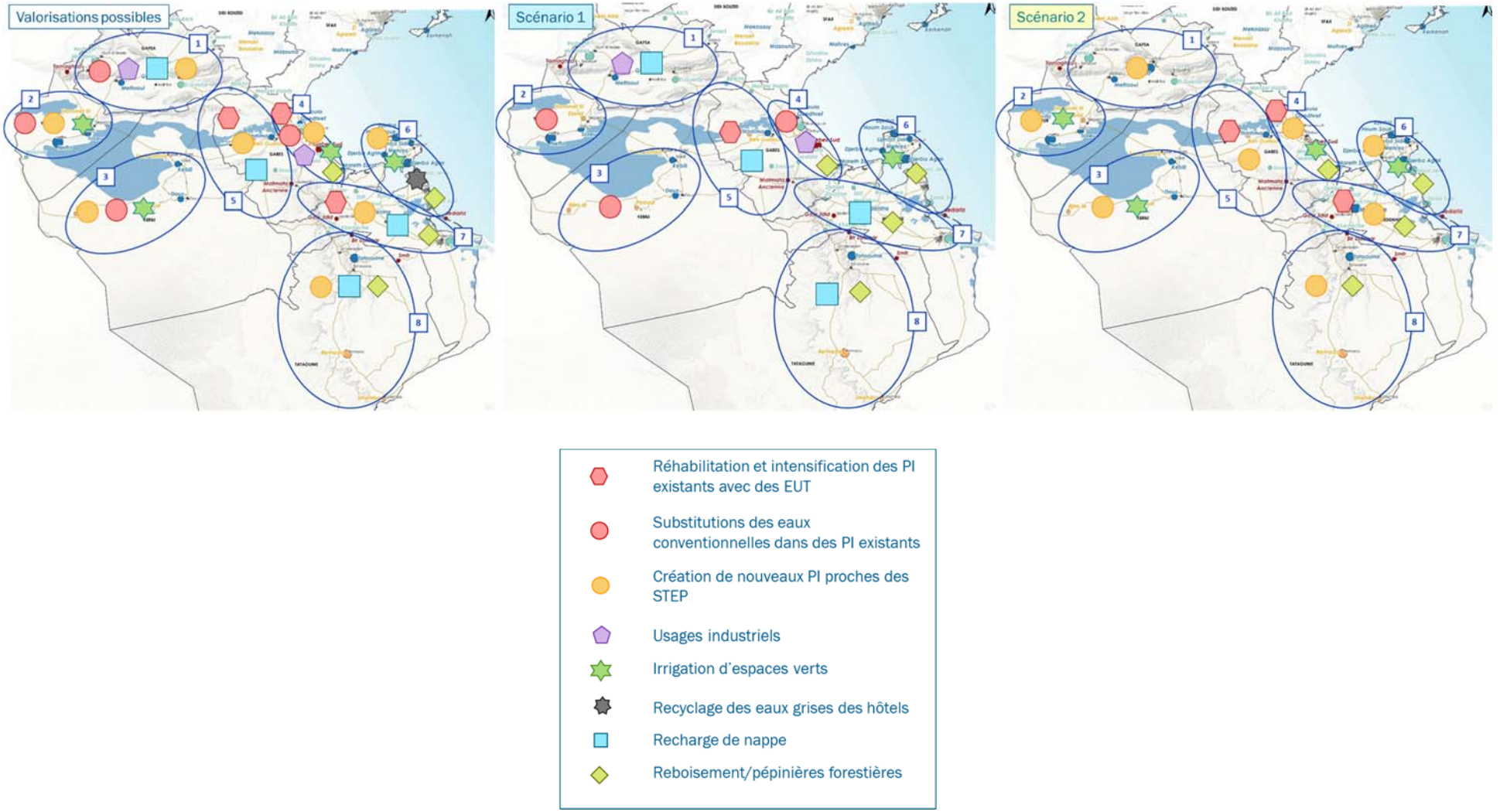


Figure 90 : Valorisations des EUT proposées pour chacun des 3 scénarios (cartographie)

13.5.3 Description technique des scénarios et part de réutilisation des EUT produites en fonction des usages et des horizons temporels

Le tableau ci-dessous indique l'évolution possible dans le temps des valorisations des EUT par scénario, avec la quantification des volumes réutilisés et des superficies irriguées aux horizons 2025, 2030, 2040 et 2050. Comme expliqué dans le chapitre méthodologique (voir chapitre 0), il indique quels sont les **besoins technologiques** par scénarios pour différents sujets :

- *Les niveaux de qualité (A/B/C/D/E) à atteindre*. Ces niveaux font référence à l'échelle de qualité des EUT définie plus haut dans le rapport, dans les chapitres consacrés à la réglementation et aux traitements possibles.

  Le niveau de qualité est fonction de la nature des valorisations et correspondra à une ou plusieurs options technologiques, tel qu'exposé dans le chapitre consacré au options technologiques possibles.

  On peut par exemple lire dans le tableau, pour le scénario 1 que, en 2025, 100 % du volume des EUT réutilisé (8,7 Mm^3) est traité au niveau B. En 2050, dans ce même scénario, 62 % du volume réutilisé (38,5 Mm^3) devra être traité au niveau B, 30 % au niveau C+ (18,4 Mm^3) et 8 % au niveau C (4,9 Mm^3).
- *Le besoin en transfert*. Le tableau mentionne la part du volume d'EUT devant être transféré à plus de 5 km, pour trois classes de distances.
- *Le besoin en stockage intersaisonnier*. Le tableau mentionne le volume d'EUT qui devra faire l'objet d'un stockage intersaisonnier.

Certaines hypothèses utilisées pour la formulation des scénarios sont exposées en annexe 4.

Dans **le scénario 1**, près de **57 % des EUT sont réutilisées en 2050**, dont **90 % pour la substitution des eaux conventionnelles pour des usages déjà existants** (palmiers dattiers irrigués, usages industriels pour le secteur des phosphates, irrigation d'espaces verts). Cela représente **un taux de substitution d'ici 2050 de 2 % dans les oasis existants** (1 300 ha sur les 56 000 ha existants dans toute la région). Il est estimé que cette substitution se fait au fur et à mesure à partir de 2030 dans les oasis de Tozeur, Kebili et Gabes sur des superficies sans maraîchage. Pour **l'usage industriel**, **les EUT viennent remplacer 68 % des prélèvements des industries du phosphate dans les nappes à Gafsa et Gabes** (13 Mm^3 d'EUT remplacés sur les 19 Mm^3 prélevés dans les nappes). La **recharge de nappe**, effectuée pour les EUT des STEP de Medenine, Metlaoui, El Hamma et Tataouine, **représente 30 % des EUT réutilisées** dans ce scénario. En termes de stockage, des infrastructures sont nécessaires afin d'utiliser les EUT au maximum. **Les palmiers dattiers ont besoin que 23 % du flux annuel d'EUT soit en effet stocké** pendant la période hivernale quand il n'y pas d'irrigation afin d'être exploité pendant l'été.

Le taux de réutilisation dans **le scénario 2** est supérieur à celui du scénario 1, avec **81 % des EUT produites valorisées**. **65 % de ces EUT réutilisées le sont en irrigation agricole directe pour des cultures actuellement autorisées** (oliviers et fourrages en intercalaire). Cependant, parmi ces 81 % réutilisés, 0 % des périmètres existants avec des eaux conventionnelles sont substitués par des EUT. La réutilisation dans ce scénario ne concerne que des **nouveaux usages**. Les STEP produisent à **94 % des EUT de niveau de qualité B** pour éviter les risques sanitaires lors de l'irrigation des fourrages. La création de nouveaux périmètres se fait au fur et à mesure à partir de 2025 avec la création des 230 ha projetés à court terme (PI à El Guettar, Metlaoui et oasis près de El Hamma). Puis, d'autres PI sont créés sur les EUT des STEP restantes, sauf à Djerba où les terres agricoles irrigables sont limitées et près des petites STEP en zones montagneuses qui produisent moins de 0,1 Mm^3/an. **Le total irrigué en agriculture avec des EUT atteint près de 4 400 ha en 2050**. **L'exploitation des EUT dans le secteur touristique est aussi conséquente** car elle représente **29 % du volume réutilisé** dans ce scénario. Près de **2 000 ha d'espaces verts et 500 ha de golfs sont irrigués avec des EUT** avec l'extension des zones touristiques de Djerba et Gabes. **Les besoins en stockage**, calculés sur les besoins en eau mensuels des fourrages, sont estimés **à 27 % du flux,** pour une utilisation maximale des EUT.

Tableau 107 : Valorisations des EUT à favoriser et besoins technologiques par scénario aux différents horizons temporels

Scénarios		Volume EUT produit (Mm3)		Horizons temporels																	
				2020				2025				2030				2040				2050			
				31				50				65				86				99			
				Volume réutilisé (Mm3) (b)	Superficies irriguées (ha)	Pourcentage (%)		Volume réutilisé (Mm3) (b)	Superficies irriguées (ha)	Pourcentage (%)		Volume réutilisé (Mm3) (b)	Superficies irriguées (ha)	Pourcentage (%)		Volume réutilisé (Mm3) (b)	Superficies irriguées (ha)	Pourcentage (%)		Volume réutilisé (Mm3) (b)	Superficies irriguées (ha)	Pourcentage (%)	
						(b)/(c)	(b)/(a)			(b)/(c)	(b)/(a)			(b)/(c)	(b)/(a)			(b)/(c)	(b)/(a)			(b)/(c)	(b)/(a)
1	Valorisations des EUT	Préservation des PPI existants avec des EUT (arbo/fourrages)		2,2	440	83%	7%	2,4	490	27%	5%	0,6	152	1%	1%	0,6	152	1%	1%	0,6	152	1%	1%
		Substitution ou mélange	Palmiers dattiers									4,8	335	12%	1%	16,6	1 108	30%	19%	19,9	1 274	32%	20%
		Golfs	Existants	0,4	44	17%	1%	0,4	44	5%	1%	0,5	44	1%	6%	0,5	44	1%	1%	0,5	44	1%	1%
		Espaces verts	Existants dont aéroport									4,1	485	10%	20%	4,3	485	8%	5%	4,5	485	7%	5%
		Réutilisation industrielle	Phosphatiers					5,8	-	67%	12%	12,9	-	32%	21%	12,9	-	23%	15%	12,9	-	21%	13%
		Recharge de nappe										13,8	-	35%	5%	16,5	-	30%	19%	18,4	-	30%	19%
		Reboisement										3,2	-	8%	5%	4,3	-	8%	5%	4,9	-	8%	5%
		TOTAL (c)		**2,6**	**484**	**100%**	**8%**	**8,7**	**534**	**100%**	**17%**	**39,9**	**1 016**	**92%**	**59%**	**55,7**	**1 790**	**92%**	**65%**	**61,8**	**1 956**	**100%**	**62%**
	Options technologiques	Besoins traitements	C	0,0	0	0%	0%	0,0	0	0%	0%	3,2	-	8%	5%	4,3	-	8%	5%	4,9	-	8%	5%
			C+	0,0	0	0%	0%	0,0	0	0%	0%	13,8	-	35%	21%	16,5	-	30%	19%	18,4	-	30%	19%
			B	2,6	484	100%	8%	8,7	534	100%	17%	22,8	1 016	57%	35%	34,9	1 790	63%	40%	38,5	1 956	62%	39%
			A	0,0	0	0%	0%	0,0	0	0%	0%	0,0	0	0%	0%	0,0	0	0%	0%	0,0	0	0%	0%
			A+	0,0	0	0%	0%	0,0	0	0%	0%	0,0	0	0%	0%	0,0	0	0%	0%	0,0	0	0%	0%
		Besoins transferts																					
		Besoins stockage	Palmiers dattiers									1,1	335	3%	2%	3,8	1 108	7%	4%	4,5	1 274	7%	5%
			TOTAL									**1,1**	**335**	**3%**	**2%**	**3,8**	**1 108**	**7%**	**4%**	**4,5**	**1 274**	**7%**	**5%**
2	Valorisations des EUT	Extension et intensification des PPI existants avec des EUT (arbo/fourrages)		2,2	440	83%	7%	4,7	892	53%	10%	5,0	892	12%	8%	5,2	892	7%	6%	5,4	892	6%	5%
		Création de nouveaux PI	Oliviers/fourrages					2,8	230	32%	6%	17,9	1 381	43%	28%	43,3	3 189	57%	50%	50,1	3 526	59%	51%
		Golfs	Existants et projetés	0,4	44	17%	1%	1,3	134	15%	3%	3,7	354	9%	6%	5,7	519	7%	7%	6,0	519	7%	6%
		Espaces verts	Existants et projetés									11,5	1 368	28%	18%	17,9	2 030	23%	21%	18,7	2 030	22%	19%
		Reboisement										3,2	-	8%	5%	4,3	-	6%	5%	4,9	-	6%	5%
		TOTAL (c)		**2,6**	**484**	**100%**	**8%**	**8,9**	**1 256**	**100%**	**18%**	**41,3**	**3 995**	**100%**	**64%**	**76,4**	**6 630**	**100%**	**89%**	**85,1**	**6 967**	**100%**	**86%**
	Options technologiques	Besoins traitements	C	0,0	0	0%	0%	0,0	0	0%	0%	3,2	-	8%	5%	4,3	-	6%	5%	4,9	-	6%	5%
			C+	0,0	0	0%	0%	0,0	0	0%	0%	0,0	0	0%	0%	0,0	0	0%	0%	0,0	0	0%	0%
			B	2,6	484	100%	8%	8,9	1 256	100%	18%	38,1	3 995	92%	59%	72,1	6 630	94%	84%	80,2	6 967	94%	81%
			A	0	0	0%	0%	0	0	0%	0%	0	0	0%	0%	0	0	0%	0%	0	0	0%	0%
			A+	0	0	0%	0%	0	0	0%	0%	0	0	0%	0%	0	0	0%	0%	0	0	0%	0%
		Besoins transferts	Oliviers/fourrages																				
		Besoins stockage	Fourrages					0,8	230	9%	2%	4,9	1 381	12%	7%	11,8	3 189	15%	14%	13,6	3 526	16%	14%
			TOTAL					**0,8**	**230**	**9%**	**2%**	**4,9**	**1 381**	**12%**	**7%**	**11,8**	**3 189**	**15%**	**14%**	**13,6**	**3 526**	**16%**	**14%**

13.5.4 Comparaison des scénarios proposés

COUTS GLOBAUX

Le tableau ci-dessous indique les coûts des différents scénarios pour leurs différentes composantes (traitement complémentaire, transfert éventuel, stockage éventuel, distribution des EUT par exemple dans le cas de la création d'un nouveau périmètre irrigué).

Le contenu des différentes colonnes a été explicité plus haut (pour le cas de la zone Cap Bon, au chapitre 10.5.4).

Tableau 108 : Coûts globaux (investissement et exploitation) des principaux maillons des filières de REUT à mettre en place dans chaque scénario

		Scénario 1								
		Volume réutilisé	Coût total annuel	%	Coût unitaire global	Inv initial	Inv (avec renouvellement)	Fonc	Energie	
		Mm3	DT		DT/m3	DT	DT/m3	DT/m3	kWh/m3	kWh
TOTAL		**61,8**	**11 777 900**	**100%**	**0,19**	**80 519 271**	**0,15**	**0,05**	**0,20**	**12 161 000**
Traitements complémentaires	C	4,9	347 900	3%	0,07	3 447 708	0,05	0,02	0,03	147 000
	C+	18,4	5 152 000	44%	0,28	24 570 000	0,22	0,06	0,21	3 864 000
	B	38,5	5 390 000	46%	0,14	30 001 563	0,11	0,03	0,08	3 080 000
Stockage	Bassins de surface	4,5	810 000	7%	0,18	22 500 000	0,15	0,03		
Distribution des EUT	Périmètres irrigués	19,5	78 000	1%	0,04	0	0,00	0,04	0,26	5 070 000

		Scénario 2								
		Volume réutilisé	Coût total annuel	%	Coût unitaire global	Inv initial	Inv (avec renouvellement)	Fonc	Energie	
		Mm3	DT		DT/m3	DT	DT/m3	DT/m3	kWh/m3	kWh
TOTAL		**85,1**	**18 866 229**	**100%**	**0,22**	**173 724 896**	**0,15**	**0,07**	**0,25**	**21 123 000**
Traitements complémentaires	C	4,9	343 000	2%	0,07	3 447 708	0,05	0,02	0,03	147 000
	C+									
	B	80,2	11 228 000	60%	0,14	62 477 188	0,11	0,03	0,08	6 416 000
Stockage	Bassins de surface	13,6	2 488 800	13%	0,18	68 000 000	0,15	0,03		
Distribution des EUT	Périmètres irrigués	56,0	4 806 429	25%	0,09	39 800 000	0,04	0,05	0,26	14 560 000

NB : les coûts d'investissement pour les périmètres irrigués ne concernent pas les périmètres irrigués avec substitution des eaux conventionnelles car les infrastructures sont déjà existantes. Ils sont cependant comptés dans les coûts de fonctionnement.

L'investissement initial pour le scénario 2 est plus de 2 fois supérieur à celui nécessaire pour le scénario 1. Cela s'explique par l'investissement pour la création de nouveaux périmètres sur plus de 3 500 ha, des besoins en stockage 3 fois plus conséquents et un volume réutilisé supérieur de 14 Mm^3. **Le cout global unitaire reste cependant dans les mêmes ordres de grandeur** avec 0,19 DT/m^3 pour le scénario 1 et 0,22 DT/m^3 pour le scénario 2. Pour le scénario 1, près de 93 % des coûts sont liés aux traitements complémentaires.

BENEFICES TERRITORIAUX

Chaque scénario répond à différents enjeux territoriaux, notamment les enjeux de stress hydrique et d'adaptation au changement climatique. Les 3 tableaux ci-dessous reprennent le bilan hydrique du Sahel et de Sfax et son évolution potentielle en 2050 (RCP 4.5). Pour chaque scénario, il est indiqué le volume réutilisé projeté. Il est précisé la part de ce volume qui se substitue à des usages existants. Enfin, le volume qui se substitue à des usages existants est comparé avec le déficit hydrique projeté en 2050 de la zone.

Tableau 109 : Impact des scénarios sur le déficit hydrique du Grand Sud à l'horizon 2050

Grand Sud *CC - RCP 4.5 2050*		Apports annuels renouvelables (Mm3)	Prélèvements effectifs (Mm3)	Projections REUT		Déficit avec volume substitué par EUT (Mm3)	Part substitution / déficit
				Volume réutilisé (Mm3)	*dont substitution*		
Bilan en eau 2050	**sans REUT**	**906**	**1450**	0	0	***544***	**0%**
	Scénario 1			62	56	***488***	**10%**
	Scénario 2			85	13	***531***	**2%**

Le scénario 1 privilégie la substitution qui représente 56 Mm^3, soit près de 90% du volume réutilisé en 2050. Ce volume permettrait de réduire le déficit hydrique de 10% pour la région en diminuant les prélèvements dans les ressources fossiles des nappes profondes. En apportant une nouvelle ressource en eau dans des périmètres déjà impactés par **le stress hydrique**, ces substitutions sont un moyen **d'adaptation au changement climatique**.

Dans **le scénario 2**, bien que le volume réutilisé total soit supérieur au scénario 1, la contribution de la REUT à la réduction du stress hydrique n'est que de 2 %. En effet, cette réutilisation concerne en majorité de nouveaux prélèvements pour des usages agricoles et touristiques. D'autres bénéfices territoriaux sont cependant apportés comme **le développement de certaines zones agricoles** qui n'ont pas ou plus accès à d'autres ressources en eau, avec des **réductions localisées du déficit fourrager, ainsi que la préservation de zones agricoles périurbaines**. Ce scénario, en aidant à développer de nouveaux golfs et des superficies d'espaces verts, permet aussi de **d'aider au développement touristique** et **d'améliorer le cadre de vie des habitants**.

Le détail des volumes substitués par usages et par scénario est exposé en annexe 5.

Le tableau ci-dessous résume pour chacun des scénarios les bénéfices territoriaux auxquels elles contribuent.

Tableau 110 : Bénéfices territoriaux apportés dans les différents scénarios proposés

Bénéfices territoriaux / Scénarios	Lutte contre le stress hydrique	Adaptation au CC	Préservation des eaux conventionnelles pour l'AEP	Préservation des eaux souterraines (qualité)	Protection des zones littorales sensibles	Dynamisation du secteur agricole	Préservation des terres agricoles périurbaines	Aide au développement des zones rurales intérieures	Aide au développement du secteur touristique	Aide au développement du secteur industriel	Amélioration du cadre de vie	Lutte contre la désertification	Sécurité alimentaire nationale
Scénario 1 : Les EUT, une ressource pour réduire la pression sur les nappes souterraines surexploitées	■	■	■	▒	■	▒			▒	■		▒	▒
Scénario 2 : Les EUT, une ressource pour aider au développement agricole et touristique					■	■	■	■	▒		■	▒	▒

■ Le scénario contribue fortement au bénéfice territorial

▒ Le scénario contribue modéremment au bénéfice territorial

Le scénario ne contribue pas ou peu au bénéfice territorial

NIVEAUX D'AMBITION POUR LEVER LES CONTRAINTES REGLEMENTAIRES, INSTITUTIONNELLES, SANITAIRES, ENVIRONNEMENTALES ET SOCIALES

Les 2 scénarios proposés pour la région du Grand Sud ne présentent pas de fortes ambitions en termes de niveau de traitement des EUT. En effet, il y a eu peu de demandes des usagers pour développer des usages à forte valeur ajoutée (maraîchage) alors qu'il y a un potentiel important de valorisation des EUT dans le secteur industriel et pour l'irrigation des palmiers dattiers ou des fourrages. Pour la substitution dans des périmètres existants, les enquêtes ont montré que les agriculteurs ayant déjà accès à des ressources conventionnelles exploiteront plus difficilement les EUT que pour des créations de périmètres dans des zones dépourvues de ressources en eau, sauf si l'accès à ces ressources est déjà menacé. Le **scénario 2** sera donc probablement plus acceptable socialement sur le court terme mais la dégradation des ressources souterraines en termes qualitatifs et quantitatifs a déjà amené des agriculteurs à exploiter des EUT de manière illicite.

L'option de recharge des nappes proposée dans le **scénario 1** demandera la mise en place d'un cadre réglementaire et institutionnel aujourd'hui inexistant pour suivre cet usage et éviter les impacts environnementaux avec la dégradation de la qualité des eaux de nappes. De même que pour les usages industriels, le cadre réglementaire reste à définir.

Tableau 111 : Comparaison des scénarios proposées pour le Grand Sud en fonction des niveaux d'ambitions par contraintes

Scénarios	Ambition technologique		Contraintes				
	2030	2050	Besoins réglementaires	Besoins institutionnels	Risques sanitaires	Risques environnemen - taux	Acceptabilité sociale
1 : les EUT, une ressource pour réduire la pression sur les nappes souterraine surexploitées	●	●	●	●	●	●	●
2 : les EUT, une ressource pour aider au développement local agricole et touristique	●	●	●	●	●	●	●



13.5.5 Conclusion sur la situation du Grand Sud et les opportunités de développement de la REUT

13.5.5.1 Un déficit hydrique régional alarmant auquel la REUT n'apportera qu'une réponse marginale…

Le niveau de **surexploitation des nappes souterraines** et notamment des **ressources fossiles** dans le Sud tunisien ont atteint des **niveaux alarmants**. Ce **bilan hydrique grandement déficitaire** risque de **continuer à se dégrader** car l'arrêt de l'extension des superficies irriguées n'est pas encore maîtrisé malgré la volonté politique.

Les **volumes d'EUT** produits à l'échelle de tout le Sud tunisien ne seront **pas négligeables d'ici 2050** puisqu'ils représenteront près de **100 Mm^3 produits**. Cependant, la production sera éparpillée sur un vaste territoire en comparaison d'autres pôles de production d'EUT comme le Grand Tunis, Nabeul, Sousse ou Sfax.

Pratiquement, vue les usages des EUT pouvant être pratiquement développés, **la REUT restera, en grand, pour la région Grand Sud une solution marginale pour remédier** à son important déficit hydrique. Plus localement, sur le littoral en particulier, **la REUT pourra toutefois contribuer plus significativement à sa résorption.**

13.5.5.2 …Mais des potentiels de réutilisation locaux à considérer pour répondre à des problématiques spécifiques et limiter la pollution

Les enjeux de la REUT pour cette région se concentrent en effet surtout sur le littoral avec la **ville de Gabes** et le **pôle touristique Djerba/Zarzis**. Ces deux zones regrouperont potentiellement **en 2050 40 % des flux d'EUT du Grand Sud**. Les choix d'orientation de ces flux devront se faire entre la **substitution d'usages qui prélèvent actuellement dans les nappes**, comme les usages industriels ou touristiques existants, ou la **création de nouveaux usages** pour répondre à des demandes comme la production fourragère ou la création d'espaces verts. L'avis du Consultant est que ces choix de valorisations devront être étudiés en parallèle lors du lancement d'un projet de REUT au niveau de ces STEP. Le choix devra ensuite se faire au cas par cas en fonction des enjeux territoriaux à proximité de la STEP étudiée.

Pour les zones restantes, outre les chefs-lieux des Gouvernorats (Gafsa, Medenine, Tataouine, etc…), l'assainissement de la région concernera des **STEP aux capacités modestes où les potentiels de réutilisation seront à étudier au cas par cas.** Les valorisations concerneront surtout de **l'irrigation agricole directe**. Une autre alternative sera la **recharge de nappe** par des procédés d'infiltration simples dans les oueds si les volumes ne sont pas suffisants pour créer un périmètre irrigué ou s'il n'y a pas de demandes agricoles. La REUT pour ces STEP représentera plus des enjeux locaux que nationaux. Un de ces enjeux sera notamment de **limiter les nuisances au niveau des milieux de rejets des STEP**, que ce soit des eaux stagnantes pour les milieux continentaux (STEP de Medenine, Gafsa, Tataouine, etc.) ou les pollutions littorales (Gabes, Djerba, Zarzis). D'autres enjeux pourront être la poursuite ou le **développement d'activités économiques cruciales**, comme, par exemple, **l'exploitation phosphatière** à Gafsa.

14. ETUDE PROSPECTIVE DE LA REUT POUR LA ZONE DU CENTRE

14.1 OFFRE POTENTIELLE EN EUT DANS LE CENTRE D'ICI 2050. COMMENT CETTE OFFRE S'INSCRIT DANS LE MIX DE RESSOURCES EN EAU GLOBAL DE LA REGION ?

14.1.1 Une production d'EUT de 15 Mm³ à plus de 30 Mm³ d'ici 2050

FLUX LIES AU PARC EPURATOIRE MUNICIPAL EN MILIEU URBAIN

Le parc épuratoire de la région du Centre est aujourd'hui peu développé avec un total (chiffre 2018) de **11 STEP pour les 3 gouvernorats**. Il n'y a pas de schéma directeur d'assainissement de l'ONAS pour ces régions mais un programme à court terme pour réhabiliter les STEP existantes et en créer des nouvelles pour assainir les zones rurales non raccordées au réseau jusqu'à présent.

Les principales interventions prévues par ce programme pour les STEP déjà existantes sont les suivantes :

- La **STEP de Kairouan 2**, qui est la STEP à la capacité la plus importante de la région, sera étendue à l'horizon 2030 ;
- La **STEP de Kasserine** sera réhabilitée. Le traitement actuel par lagunage sera remplacé par des boues activées d'ici 2025. Aucune extension n'est prévue au vu de la décroissance démographique de la ville depuis 20 ans ;
- La **STEP de Sidi Bouzid** sera délocalisée et, comme pour Kasserine, le lagunage actuel sera remplacé par une STEP à boues activées. L'extension est prévue jusqu'à une capacité de 7 300 m³/j ;
- Les autres STEP existantes du Gouvernorat de Sidi Bouzid vont être toutes dotées d'un traitement III. Certaines vont être étendues (Mazouna 900 m³/j, Jelma 1 400 m3/j et Meknassi 2 300 m³/j).

Concernant les créations de nouvelles STEP, le programme prévoit une augmentation importante du nombre de STEP du parc épuratoire qui pourrait atteindre **24 STEP d'ici 2030**. Il est à noter notamment la réalisation d'une STEP d'une capacité importante projetée à court terme à Kasserine. Elle raccordera les communes de Feriana et Thelept avec une capacité à la mise en eau de 3 800 m³/j. A Sidi Bouzid, les travaux de la STEP Bir Hfai sont presque achevés, un traitement III est prévu.

Au vu des projections démographiques calculées par le Consultant, 6 nouvelles STEP de faibles capacités, non projetées jusqu'à présent par l'ONAS, pourraient être construites à l'horizon 2040.

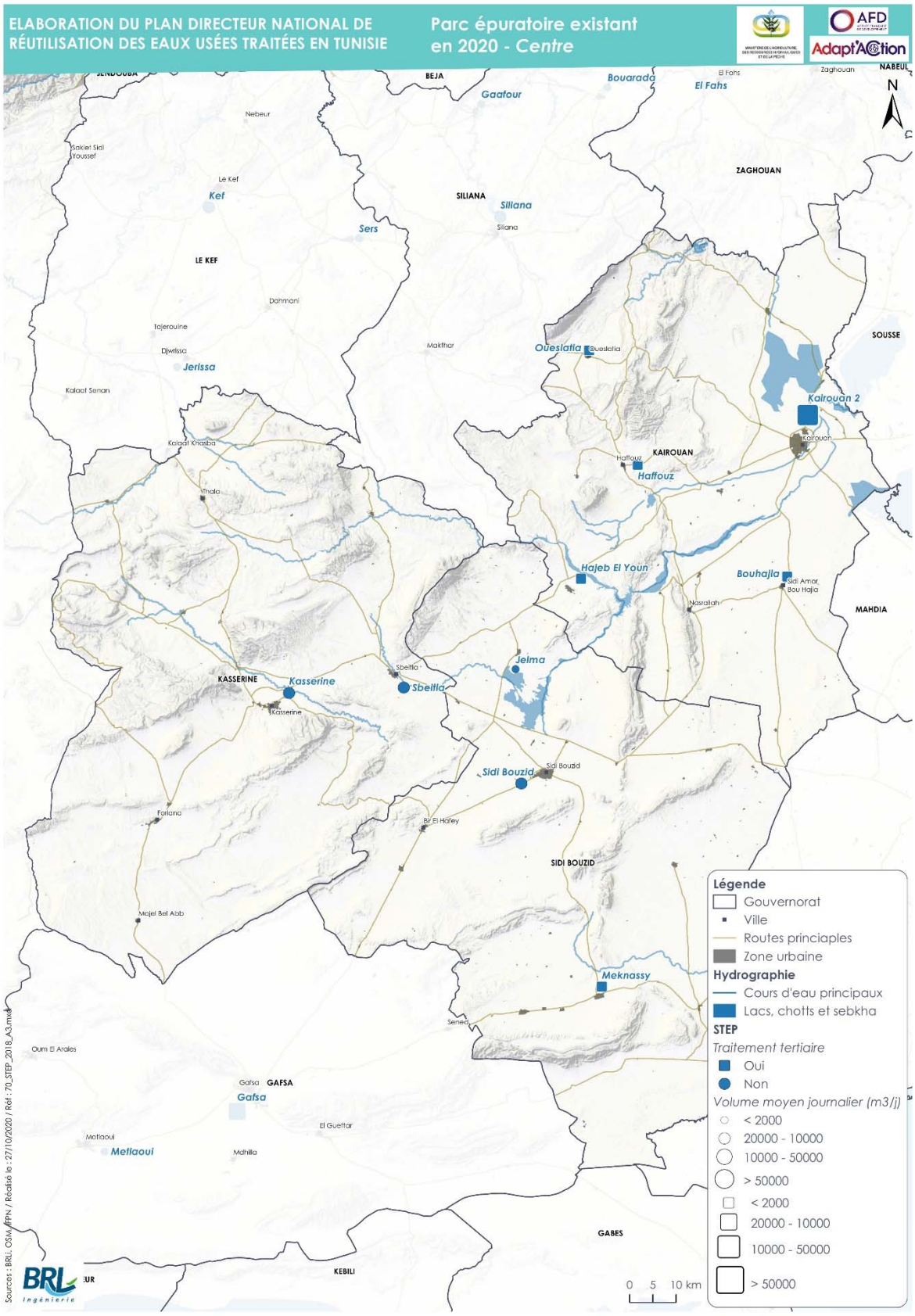
Le tableau suivant indique les flux d'EUT calculés aux différents horizons temporels, ainsi que l'évolution potentielle des traitements tertiaires.

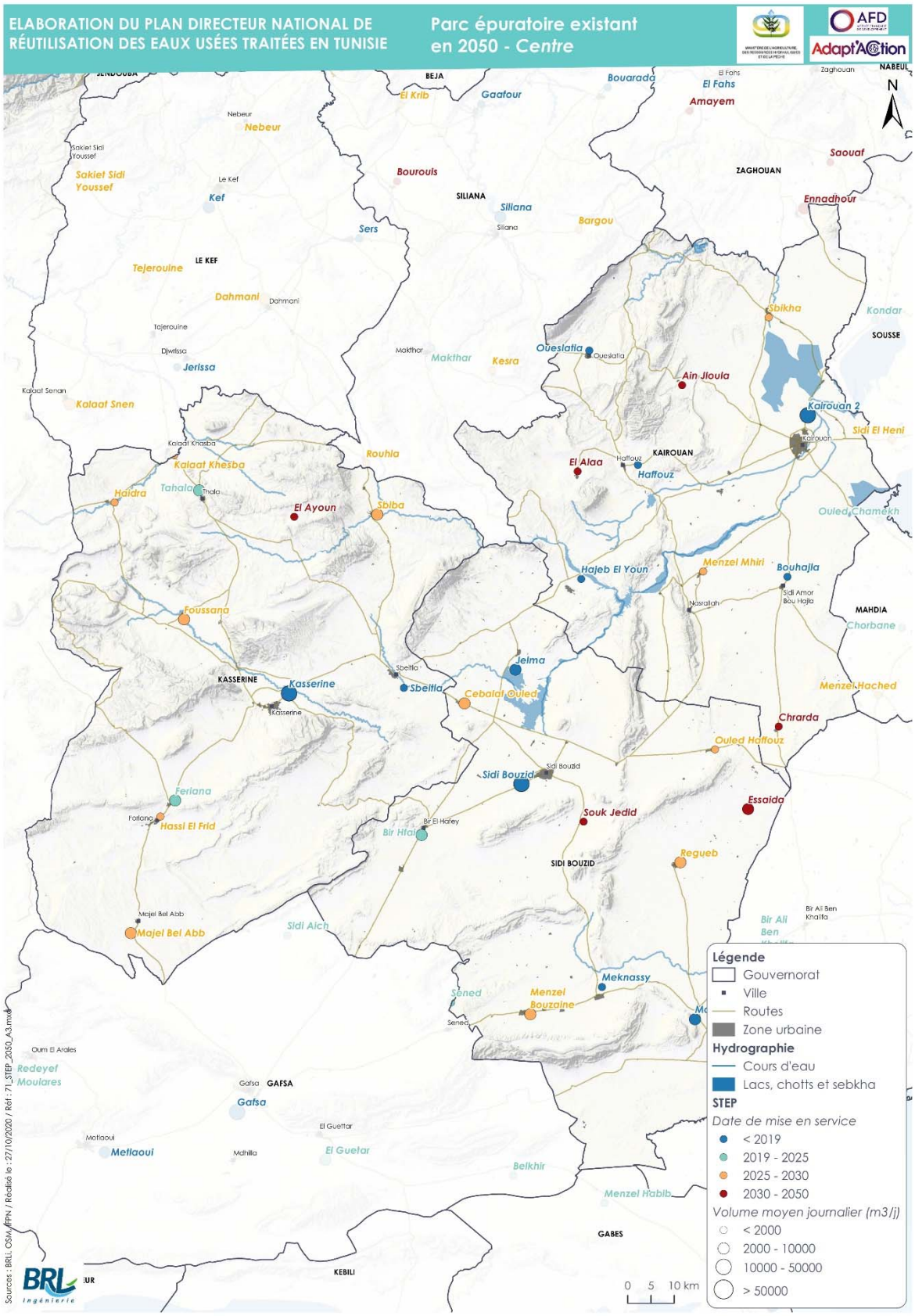
Le flux actuel total d'EUT est de l'ordre de 15 Mm³/an. Il pourrait atteindre près de 33 Mm³/an en 2050.

Les cartes associées présentent les STEP existantes et programmées dans la zone Centre.

Tableau 112 : Liste des STEP existantes et futures au Centre et flux d'EUT aux différents horizons temporels

					Traitement III						Flux total (Mm3/an)					
Région	Gouvernorat	STEP	Année de mise en service	Année de fin de fonct.	2018	2020	2025	2030	2040	2050	2018	2020	2025	2030	2040	2050
Centre	Kasserine	Kasserine	1994				?	?	x	x	3,3	2,8	2,3	2,4	2,3	2,3
Centre	Sidi Bouzid	Sidi Bouzid	1994				?	?	x	x	1,7	1,9	2,7	3,1	3,9	4,1
Centre	Kasserine	Sbeitla	2004				?	?	x	x	1,5	0,7	0,8	0,9	1,0	1,1
Centre	Kairouan	Oueslatia	2006		x	x	x	x	x	x	0,3	0,3	0,5	0,6	0,6	0,7
Centre	Kairouan	Haffouz	2006		x	x	x	x	x	x	0,3	0,2	0,2	0,3	0,3	0,3
Centre	Kairouan	Bouhajla	2006		x	x	x	x	x	x	0,2	0,2	0,2	0,3	0,4	0,5
Centre	Kairouan	Hajeb El You	2006		x	x	x	x	x	x	0,3	0,4	0,4	0,4	0,5	0,5
Centre	Kairouan	Kairouan 2	2008		x	x	x	x	x	x	5,8	7,7	8,7	9,6	10,7	11,3
Centre	Sidi Bouzid	Jelma	2010				x	x	x	x	0,2	0,2	0,2	0,3	0,3	0,3
Centre	Sidi Bouzid	Meknassy	2016		x	x	x	x	x	x	0,4	0,5	0,5	0,6	0,7	0,7
Centre	Sidi Bouzid	Mazouna	2017		x	x	x	x	x	x	0,0	0,0	0,2	0,3	0,4	0,4
Centre	Kasserine	Tahala	2025				x	x	x	x	0,0	0,0	0,7	0,8	0,9	1,1
Centre	Kasserine	Feriana	2025				x	x	x	x	0,0	0,0	2,1	2,8	3,5	4,0
Centre	Sidi Bouzid	Bir Hfai	2025				x	x	x	x	0,0	0,0	0,2	0,2	0,2	0,2
Centre	Kairouan	Sbikha	2030					x	x	x	0,0	0,0	0,0	0,3	0,4	0,4
Centre	Kairouan	Menzel Mhir	2030					x	x	x	0,0	0,0	0,0	0,7	0,9	1,1
Centre	Kasserine	Sbiba	2030					x	x	x	0,0	0,0	0,0	0,3	0,3	0,3
Centre	Kasserine	Haidra	2030					x	x	x	0,0	0,0	0,0	0,1	0,1	0,1
Centre	Kasserine	Foussana	2030					x	x	x	0,0	0,0	0,0	0,4	0,4	0,5
Centre	Kasserine	Majel Bel Ab	2030					x	x	x	0,0	0,0	0,0	0,2	0,3	0,4
Centre	Sidi Bouzid	Cebalat Oule	2030					x	x	x	0,0	0,0	0,0	0,1	0,1	0,2
Centre	Sidi Bouzid	Menzel Bouz	2030					x	x	x	0,0	0,0	0,0	0,3	0,4	0,4
Centre	Sidi Bouzid	Regueb	2030					x	x	x	0,0	0,0	0,0	0,6	0,7	0,8
Centre	Sidi Bouzid	Ouled Haffou	2030					x	x	x	0,0	0,0	0,0	0,1	0,1	0,1
Centre	Kairouan	Ain Jloula	2040						x	x	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1
Centre	Kairouan	El Alaa	2040						x	x	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	0,1
Centre	Kairouan	Chrarda	2040						x	x	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	0,1
Centre	Kasserine	El Ayoun	2040						x	x	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	0,1
Centre	Sidi Bouzid	Souk Jedid	2040						x	x	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	0,1
Centre	Sidi Bouzid	Essaida	2040						x	x	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	0,1
									TOTAL FLUX		14	15	20	26	30	33
									dont traitement III		7,3	9,3	14,0	19,2	30,0	32,7
									dont traitement III		53%	62%	71%	75%	100%	100%


ELABORATION DU PLAN DIRECTEUR NATIONAL DE RÉUTILISATION DES EAUX USÉES TRAITÉES EN TUNISIE
Parc épuratoire existant en 2020 - Centre
AFD
Adapt'Action
N
BEJA
Gaatour
Bouarada
El Fahs
Zaghouan
NABEUL
ZAGHOUAN
SILIANA
Siliana
Sers
Kef
LE KEF
Nebeur
Sakiet Sidi Youssef
Dahmani
Tajerouine
Djwissa
Jerissa
Kalaat Senan
Kalaat Khasba
Thala
Makthar
Ouesslatia
SOUSSE
Kairouan 2
Kairouan
KAIROUAN
Haffouz
Hajeb El Youn
Bouhajla
Sidi Amor Bou Hajla
Nasrallah
MAHDIA
Jelma
Sbeitla
KASSERINE
Kasserine
Sidi Bouzid
Sidi Bouzid
Bir El Hafey
Foriana
SIDI BOUZID
Majel Bel Abb
Meknassy
Sened
Oum El Arales
Gafsa
GAFSA
El Guettar
Metlaoui
Mdhilla
GABES
KEBILI
Légende
Gouvernorat
Ville
Routes principales
Zone urbaine
Hydrographie
Cours d'eau principaux
Lacs, chotts et sebkha
STEP
Traitement tertiaire
Oui
Non
Volume moyen journalier (m3/j)
< 2000
20000 - 10000
10000 - 50000
> 50000
< 2000
20000 - 10000
10000 - 50000
> 50000
0 5 10 km
Sources : BRLi, OSM, MPN / Réalisé le : 27/10/2020 / Réf : 70_STEP_2018_A3.mxd
BRL ingénierie


ELABORATION DU PLAN DIRECTEUR NATIONAL DE RÉUTILISATION DES EAUX USÉES TRAITÉES EN TUNISIE
Parc épuratoire existant en 2050 - Centre
AFD
Adapt'Action
N
BEJA
El Krib
Gaafour
Bouarada
El Fahs
Amayem
Nebeur
Sakiet Sidi Youssef
Kef
Bourouis
SILIANA
Siliana
Bargou
ZAGHOUAN
Saouaf
Ennadhour
Sers
LE KEF
Tejerouine
Dahmani
Jerissa
Kalaat Snen
Makthar
Kesra
Oueslatia
Sbikha
Kondar
SOUSSE
Ain Jloula
Kairouan 2
Sidi El Heni
KAIROUAN
El Alaa
Haffouz
Rouhia
Kalaat Khesba
Haidra
Tahala
El Ayoun
Sbiba
Ouled Chamekh
Hajeb El Youn
Menzel Mhiri
Bouhajla
Foussana
MAHDIA
Chorbane
Jelma
KASSERINE
Kasserine
Sbeitla
Cebalat Ouled
Menzel Hached
Chrarda
Ouled Haffouz
Sidi Bouzid
Feriana
Hassi El Frid
Souk Jedid
Essaida
Bir Hfai
SIDI BOUZID
Regueb
Majel Bel Abb
Sidi Aich
Bir Ali Ben Khalifa
Meknassy
Sened
Menzel Bouzaine
Redeyef Moulares
GAFSA
Gafsa
Metlaoui
El Guetar
Belkhir
Menzel Habib
GABES
KEBILI
0 5 10 km
Légende
Gouvernorat
Ville
Routes
Zone urbaine
Hydrographie
Cours d'eau
Lacs, chotts et sebkha
STEP
Date de mise en service
< 2019
2019 - 2025
2025 - 2030
2030 - 2050
Volume moyen journalier (m3/j)
< 2000
2000 - 10000
10000 - 50000
> 50000
Sources : BRLi, OSM, FPN / Réalisé le : 27/10/2020 / Réf : 71_STEP_2050_A3.mxd
BRL Ingénierie

En termes de salinité, aucune STEP du Centre ne présente des salinités en sortie incompatibles avec des usages de réutilisation des EUT comme le montre le tableau ci-dessous.

Tableau 113 : Salinité des eaux en sortie des STEP de la zone Centre pour l'année 2017 (ONAS, 2017)

STEP	Volume d'EUT produit (m3/an)	Taux de salinité en sortie de STEP (g/L)	Part du flux d'EUT en fonction des classes de salinité	Part du flux d'EUT en fonction du seuil de salinité 3 g/L
Bouhajla	144 000	0,2	4%	87%
Haffouz	96 000	0,7		
Oueslatia	308 000	0,9		
Hajeb El Youn	275 000	1,2	83%	
Kasserine	3 064 000	1,4		
Sbeitla	1 324 000	1,7		
Kairouan 2	5 723 000	1,8		
Meknassy	360 000	1,9		
Jelma	152 000	2,0		
Sidi Bouzid	1 700 000 (2018)	-	13%	13%

NB : pas de données concernant la STEP de Sidi Bouzid pour 2017

FLUX INDUSTRIELS NON RACCORDES

Le CADRIN de l'ONAS inventorie **19 industries non raccordées au réseau d'assainissement collectif**, dont 17 dans le Gouvernorat de Kairouan. **Seulement 3 d'entre elles réalisent des prétraitements**. Les milieux de rejets des effluents sont surtout des oueds. Les données concernant les volumes rejetés par ces industries ne sont pas disponibles dans le CADRIN de l'ONAS, sauf pour 3 industries qui rejettent moins de 1 000 m^3/an dans le milieu naturel.

14.1.2 Une offre en EUT qui pourrait réduire le déficit hydrique régional de près de 10 %

CLIMAT

La zone du Centre est caractérisée par une pluviométrie assez proche de la moyenne nationale. Elle dispose d'un climat aride (DGRE, 2019). En moyenne sur la période 1980-2009, **le cumul annuel de précipitation est de 280 mm/an (±110 mm/an)** (CHPclim, 2020).

D'après les projections climatiques du CMIP4 et du CMIP5, l'ouest du pays serait davantage impacté par une réduction de la pluviométrie à l'horizon 2050. **La diminution des précipitations serait entre 0% et -20%**. Comme toutes les autres zones du pays, celle-ci subira un réchauffement déjà à l'œuvre qui induira en particulier une évapotranspiration plus importante et conséquemment une hausse de la sécheresse pédologique, une réduction de la recharge des nappes et des besoins en eau plus élevées pour les cultures. L'élévation de température pourrait aller jusqu'à **+2°C** (avec une marge d'incertitude importante) à l'horizon 2050 dans le cadre du scénario d'émission le plus pessimiste, à savoir le RCP 8.5.

EAU DE SURFACE

Hydrologie

La zone Centre est principalement située à cheval sur la région hydrologique n°6 qui regroupe les bassins des oueds Nebhana, Merguelil et Zeroud ainsi que la Sebkha Sidi El Héni ; et sur la région hydrologique n°7 sur l'oued Leben. D'après les analyses et les modélisations hydrologiques de la troisième phase de l'étude CRET, les écoulements sur la zone du Centre représentent 22 mm/an, soit un **volume écoulé annuellement de 480 Mm^3/an**. Cette estimation est probablement surestimée. Selon d'autres sources bibliographiques l'apport moyen pour cette même zone serait plutôt de l'ordre de 210 Mm^3 (DGRE, 2017) voire 196 Mm^3/an (BPEH, 2019).

Les projections climatiques indiquent que les écoulements superficiels dans la zone du Centre pourraient diminuer de **-5% à -15% à l'horizon 2050** (BPEH, 2019) dans le scénario le plus pessimiste (RCP8.5).

Ouvrages de stockage

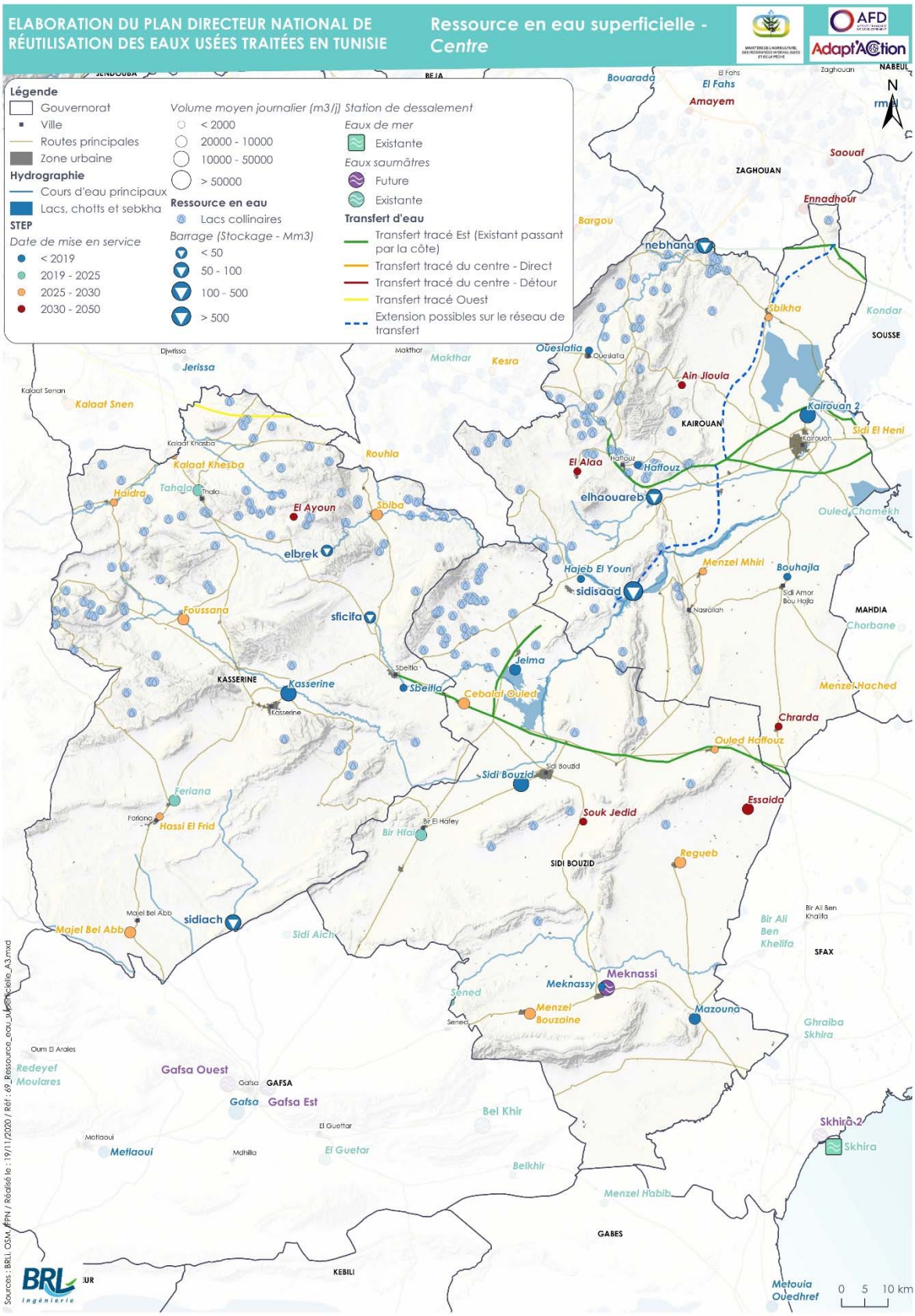
La zone du Centre compte **199 barrages et lacs collinaires** pour une capacité totale de stockage de **26 Mm^3**. Cette zone dispose aussi de **6 grands barrages en service et de un barrage au stade d'étude**. La capacité de stockage actuelle est de **380 Mm^3** en cumulé. Le barrage le plus important est celui de **Sidi Saad** situé dans le Gouvernorat de Kairouan. Ce dernier dispose actuellement d'une capacité de stockage de **130 Mm^3**. Sa **capacité initiale était de 210 Mm^3** lors de sa mise en service en 1981. Il a donc perdu un tiers de sa capacité par envasement de la retenue.

Transferts

Le Centre exporte une partie de ses eaux de surfaces et souterraines vers la zone du Sahel et Sfax. En effet, **le barrage de Nebhana**, initialement prévu pour l'irrigation, est utilisé depuis 2012 pour l'alimentation en eau potable de la zone du Sahel. Par ailleurs, les **forages du Kairouanais** produisent de l'eau également transférée pour l'AEP du Sahel et les **forages de Sbeitla-Jelma** dans le gouvernorat de Kasserine permettent de transférer de l'eau pour l'AEP de Sfax. A l'échelle annuelle, on comptabilise un transfert d'eau compris entre **60 et 70 Mm^3/an** depuis la zone du Centre vers la zone du Sahel et Sfax (BPEH, 2019).

Une étude a été menée pour évaluer la faisabilité d'un transfert des eaux du Nord vers le Centre (MARHP, 2019). Les conclusions de la phase 1 de cette étude ne permettent pas de définir clairement les volumes qui pourraient être transférés du Nord vers le Centre. Toutefois, il y est clairement indiqué qu'avec les scénarios de changement climatique RCP4.5 et RCP8.5, **les volumes mobilisables à l'horizon 2050 seront inférieurs à ceux mobilisés dans la situation actuelle** (année 2015 en référence).

La carte ci-dessous reprend la localisation des ouvrages de stockage des eaux superficielles et des transferts vers le Sahel pour la zone du Centre.


ELABORATION DU PLAN DIRECTEUR NATIONAL DE RÉUTILISATION DES EAUX USÉES TRAITÉES EN TUNISIE
Ressource en eau superficielle - Centre
AFD
Adapt'Action
Légende
Gouvernorat
Ville
Routes principales
Zone urbaine
Hydrographie
Cours d'eau principaux
Lacs, chotts et sebkha
STEP
Date de mise en service
< 2019
2019 - 2025
2025 - 2030
2030 - 2050
Volume moyen journalier (m3/j)
< 2000
20000 - 10000
10000 - 50000
> 50000
Ressource en eau
Lacs collinaires
Barrage (Stockage - Mm3)
< 50
50 - 100
100 - 500
> 500
Station de dessalement
Eaux de mer
Existante
Eaux saumâtres
Future
Existante
Transfert d'eau
Transfert tracé Est (Existant passant par la côte)
Transfert tracé du centre - Direct
Transfert tracé du centre - Détour
Transfert tracé Ouest
Extension possibles sur le réseau de transfert
N
Bouarada
El Fahs
Amayem
Zaghouan
NABEUL
ZAGHOUAN
Saouaf
Ennadhour
Bargou
nebhana
Sbikha
Kondar
SOUSSE
Oueslatia
Makthar
Kesra
Jerissa
Kalaat Senan
Kalaat Snen
Ain Jloula
Kairouan 2
KAIROUAN
Sidi El Heni
Kalaat Khasba
Rouhia
El Alaa
Haffouz
Haidra
Tahaja
Tmaia
El Ayoun
Sbiba
elhaouareb
Ouled Chamekh
elbrek
Hajeb El Youn
Menzel Mhiri
Bouhajla
sidisaad
Sidi Amor Bou Hajla
Nasrallah
MAHDIA
Foussana
sficifa
Chorbane
Jelma
Sbeitla
KASSERINE
Kasserine
Cebalat Ouled
Menzel Hached
Chrarda
Ouled Haffouz
Sidi Bouzid
Feriana
Hassi El Frid
Bir Hfaiet
Souk Jedid
Essaida
Regueb
SIDI BOUZID
Majel Bel Abb
sidiach
Sidi Aich
Bir Ali Ben Khelifa
SFAX
Meknassy
Sened
Menzel Bouzaine
Mazouna
Ghraiba
Skhira
Oum El Araies
Redeyef
Moulares
Gafsa Ouest
Gafsa
GAFSA
Gafsa Est
Bel Khir
Skhira 2
Metlaoui
El Guetar
Belkhir
Menzel Habib
GABES
KEBILI
Metouia
Ouedhref
0 5 10 km
Sources : BRLi, OSM, ANN / Réalisé le : 19/11/2020 / Réf : 69_Ressource_eau_superficielle_A3.mxd
BRL ingénierie

EAUX SOUTERRAINES

Sur la zone du Centre, on dénombre **43 nappes phréatiques**. Les principales nappes phréatiques en termes d'exploitation et de ressources sont celles de la Plaine de Kairouan, Hajeb Jelma et Amont de Sidi Bouzid. Pour l'ensemble des 43 nappes de la zone, le volume de ressources en eau pouvant être exploité de façon durable est de **172 Mm^3 par an**. Or, en 2015 le **volume total exploité** sur ces 43 nappes est de **456 Mm^3**. Il y a donc une **surexploitation globale des ressources en eau souterraine** de la zone du Centre, avec un **taux global d'exploitation de 146%.** La nappe de la Plaine de Kairouan est la nappe qui fait face au plus haut taux de surexploitation (258% en 2015).

Par ailleurs, en termes de qualité des eaux souterraines, les nappes les plus importantes connaissent des épisodes de forte salinité au-dessus de 4 g/L, à l'exception de la nappe de Sisseb el Alem. Le reste des nappes, d'importance mineure, ont des teneurs en sel moins élevées, pour la plupart toujours inférieures à 3 g/L.

Les nappes profondes sont elles aussi surexploitées : leurs ressources annuelles sont estimées à 264 Mm^3 tandis que leur exploitation est proche de 400 Mm^3, soit un **taux d'exploitation de près de 150 %**.

EXPLOITATION DES EAUX

Dans la situation actuelle les **prélèvements en eau** tous usages confondus dans la zone du Centre représentent **un volume total de plus de 1 000 Mm^3/an.**

Les prélèvements pour **l'alimentation en eau potable** s'élèvent à **40 Mm^3/an** en 2018. Ces prélèvements permettent l'AEP de la population des gouvernorats de Kairouan, Kasserine et Sidi Bouzid, soit environ 1,51 millions d'habitants en 2020. A l'horizon 2050, la population de la zone est projetée à 1,8 millions d'habitants. Si la consommation unitaire devait rester identique, la consommation en eau potable représenterait alors environ **47 Mm^3/an**. Actuellement les besoins en eau potable du Centre sont en totalité satisfaits par des forages.

94% (±5%) des prélèvements en eau sont destinés à l'irrigation des cultures, soit environ 960 Mm^3. Près de **95% de l'eau d'irrigation est issue des eaux souterraines**. Le reste de l'irrigation est alimenté à partir de grands barrages, des barrages collinaires ainsi que des EUT.

La recharge des nappes souterraines de la zone du Centre se fait uniquement via des **barrages collinaires**. Le volume annuel de recharge en 2015 était d'environ **26 Mm^3.**

VUE D'ENSEMBLE DES RESSOURCES EN EAU DU CENTRE ET DE LEURS USAGES ACTUELS ET POSITIONNEMENT DU POTENTIEL DE LA REUT

Situation actuelle et potentiel 2050

Le tableau ci-dessous établit à grands traits le bilan hydrique actuel de la zone du Centre en synthétisant les apports annuels renouvelables et les prélèvements. Il ajoute aussi à ce bilan la réduction potentielle du déficit actuel si 100 % des EUT étaient réutilisées. L'exercice est effectué pour les horizons 2020 et 2050.

Centre ***Situation actuelle***	Apports annuels renouvelables (Mm3)	Prélèvements effectifs (Mm3)	Usages (Mm3)				*Déficit **sans REUT** (Mm3)*	REUT		Part REUT / Déficit
			AEP	IRR	Recharge	Transfert Sahel/Sfax		REUT - Dispo Pot 2020	REUT - Dispo Pot 2050	
Ecoulement	*480*	**5**		5						
dont stock. barrages coll.	**26**	**30**		4	26		***3***			
dont stock. grds barrages (Cap. Stock. 381Mm3)	**54**	**54**		40		14	***0***			
Nappes phréatiques	**172**	**258**		258			***87***			
Nappes profondes	**264**	**399**	40	313		46	***135***			
Divers	**3**	**3**		3			***0***			
Bilan Ress. Ren. - Usages 2020	**519**	**749**	40	623	26	60	***230***	15		***7%***
Bilan Ress. Ren. - Usages 2050	**519**	**762**	53	623	26	60	***243***		33	***14%***
				Part REUT / Usages				**2%**	**4%**	

Une exploitation de la REUT à son plein potentiel actuel (**15 Mm³**) permettrait de **ramener le déficit à hauteur de à hauteur de 215 Mm³**, **soit une réduction faible de l'ordre de 7 %.**

A l'horizon 2050, l'augmentation des besoins en eau potable dégradera légèrement le déficit hydrique de la zone **(déficit de 243 Mm³**). **La REUT permettrait de le ramener potentiellement à 210 Mm³ (réduction proche de 14%).**

Les 2 tableaux ci-dessous reprennent le bilan en situation actuelle en y **intégrant des projections climatiques selon 2 scénarios de changement climatique** : le scénario 4.5 qui induirait une réduction modérée des ressources en eau et le scénario 8.5 qui induirait une plus forte réduction de ces ressources.

Projections climatiques – RCP 4.5 2050

Centre *CC - RCP 4.5 2050*	Apports annuels renouvelables (Mm3)	**Prélèvements effectifs (Mm3)**	Usages (Mm3)				*Déficit **sans REUT** (Mm3)*	REUT		*Déficits **avec REUT** (Mm3)*	Part REUT / Déficit
			AEP	IRR	Recharge	Transfert Sahel/Sfax		REUT - Dispo Pot 2020	REUT - Dispo Pot 2050		
Ecoulement (-10%)	*432*	**5**	0	5	0	0	*0*				
dont stock. barrages coll.	**24**	**30**	0	4	26	0	***6***				
dont stock. grds barrages	**49**	**57**	0	42	0	15	***8***				
Nappes phréatiques	**154**	**271**	0	271	0	0	***117***				
Nappes profondes	**237**	**430**	53	329	0	48	***193***				
Divers	**3**	**3**	0	3	0	0	***0***				
Bilan Ress. Ren. - Usages 2050	**467**	**796**	53	654	26	63	***324***	15	33	***291***	***10%***
				Part REUT / Usages			2050	**2%**	**4%**		

D'après le scénario 4.5, à l'horizon 2050, les apports annuels renouvelables du Centre tendent à baisser **(-10% pour les ressources locales**) et les besoins pour l'irrigation (à surfaces constantes) tendent à augmenter **(+5%)** – du fait de la hausse de l'évapotranspiration. La combinaison de ces tendances **dégrade le déficit de la zone (qui atteint 324 Mm³), partiellement compensé, potentiellement, par la REUT (déficit ramené à 291 Mm³, soit une réduction de de déficit d'environ 10%).**

Projections climatiques – RCP 8.5 2050

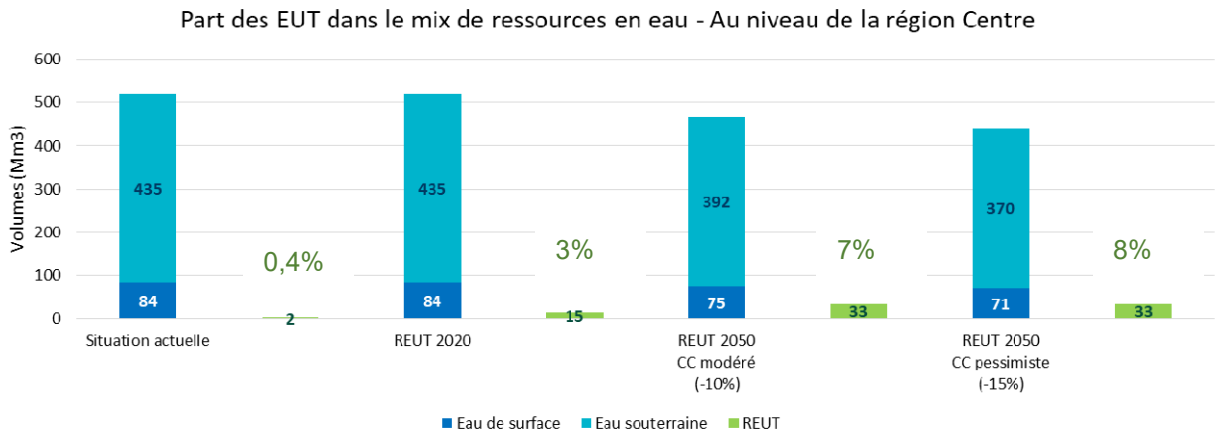
Centre CC - RCP 8.5 2050	Apports annuels renouvelables (Mm3)	Prélèvements effectifs (Mm3)	Usages (Mm3)				Déficit sans REUT (Mm3)	REUT		Déficits avec REUT (Mm3)	
			AEP	IRR (+10%)	Recharge	Autre / Indéfini (+10%)		REUT - Dispo Pot 2020	REUT - Dispo Pot 2050		
Ecoulement (-15%)	408	6	0	6	0	0	0				
dont stock. barrages coll.	22	30	0	4	26	0	8				
dont stock. grds barrages	46	59	0	44	0	15	14				
Nappes phréatiques	146	284	0	284	0	0	138				
Nappes profondes	224	448	53	344	0	51	224				
Divers	3	4	0	4	0	0	1				
Bilan Ress. Ren. - Usages 2050	441	830	53	685	26	66	384	15	33	351	9%
				Part REUT / Usages				2%	4%		

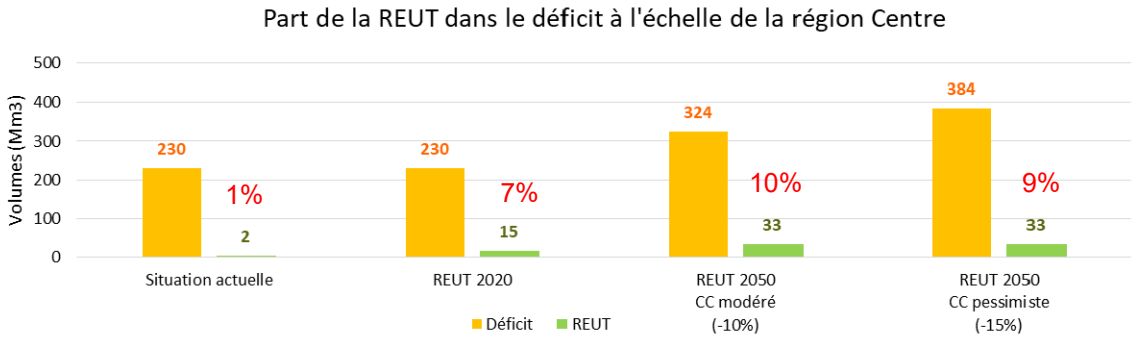
Part REUT / Déficit

D'après le scénario 8.5, à l'horizon 2050, les tendances s'amplifient, à la baisse pour les ressources en eau **(-20% pour les ressources locales)** comme à la hausse pour les besoins (**+10% pour les besoins pour l'irrigation**, à surfaces constantes). La combinaison de ces tendances dégrade fortement le déficit de la zone **(qui atteint près de 384 Mm³**), très partiellement compensé, potentiellement, par la REUT (**déficit ramené à près de 350 Mm³, soit une réduction de l'ordre de 9%).**

Les 2 graphiques ci-dessous résument à l'échelle du Centre **la part des EUT dans le bilan global des ressources en eau de la région** et dans le déficit selon différentes situation : la situation actuelle (2 Mm³ réutilisés), la situation potentielle si 100 % des EUT actuelles étaient réutilisées et la situation en 2050 selon les 2 scenarios de projections climatiques.

Figure 91 : Part des EUT dans le mix de ressources en eau (haut) et dans le déficit (bas) à l'échelle du Centre





14.2 CONTEXTE SOCIO-ECONOMIQUE DE LA ZONE CENTRE ET SES PERSPECTIVES D'EVOLUTION D'ICI 2050. QUELLE ACCEPTABILITE SOCIALE POUR LA REUT AUPRES DES USAGERS POTENTIELS ?

14.2.1 Des niveaux d'acceptabilité de la REUT divers chez les agriculteurs, en fonction de l'accessibilité des ressources conventionnelles et des craintes liées à la qualité

PLACE DU SECTEUR AGRICOLE POUR LA ZONE CENTRE

L'agriculture constitue l'un des piliers de la dynamique socio-économique du Centre. La superficie agricole utile (SAU) est de 1,3 millions ha et on compte 472 000 ha de forêts et surface alfatière, avec une large variété d'arbustes et de plantes médicinales. Pour les superficies cultivées, **l'arboriculture domine** avec 684 000 ha. Les superficies céréalières sont aussi importantes car elles représentent près de **20 % des emblavures céréalières du pays**, soit près de 228 000 ha. La région contribue à raison de **45% de la production fruitière nationale, 30% des légumes et 4% des céréales.** Le Centre dispose aujourd'hui de **153 000 ha irrigués, soit 32% du total des superficies irriguées du pays.** Les exploitants privés représentent le principal aménageur des périmètres irrigables. La troisième composante du système agricole de la région est **l'élevage**. Celui-ci est en mutation avec une réduction des élevages de petits ruminants sur les parcours naturels au profit des élevages intensifs de bovins pour la production laitière. **La région produit 25% des viandes rouges du pays et 14 % de la production laitière.**

L'introduction de **l'agriculture irriguée** dans la région a permis de pallier les difficultés rencontrées face aux **fortes irrégularités pluviométriques**. Cependant, l'extension non contrôlée des surfaces irriguées et le manque de pratiques favorisant les économies d'eau ont entrainé une surexploitation alarmante des nappes phréatiques et profondes. Le devenir de ces nappes va donc dépendre des mesures prises pour une **meilleure gestion des ressources en eau souterraines de la région**.

Les 3 cartes ci-dessous sont issues de la carte agricole de la Tunisie. Elles présentent différentes familles de cultures : arboriculture – céréales et fourrages – maraîchage. Pour chacune d'elles, les périmètres irrigués sont indiqués par un zonage rouge. Elles permettent ainsi d'illustrer l'occupation des terres agricoles pour la zone du Centre et de croiser ces éléments avec la localisation des STEP existantes et projetées.

Figure 92 : Zone Centre : Carte agricole – Carte 1 : Arboriculture et périmètres irrigués (en rouge)

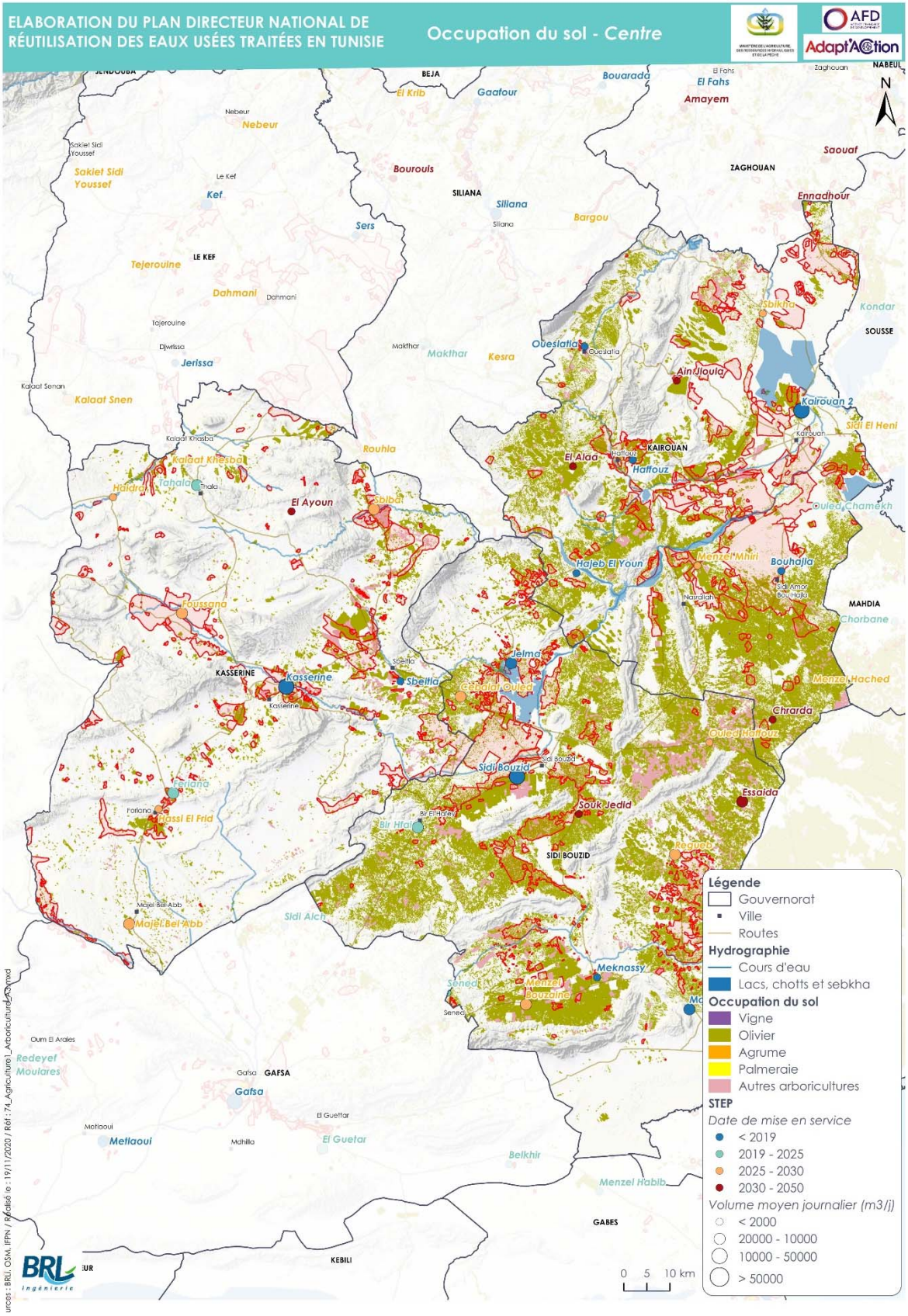


Figure 93 : Zone Centre : Carte agricole – Carte 2 : Céréales (en jaune) et fourrages (en violet), périmètres irrigués (en rouge)

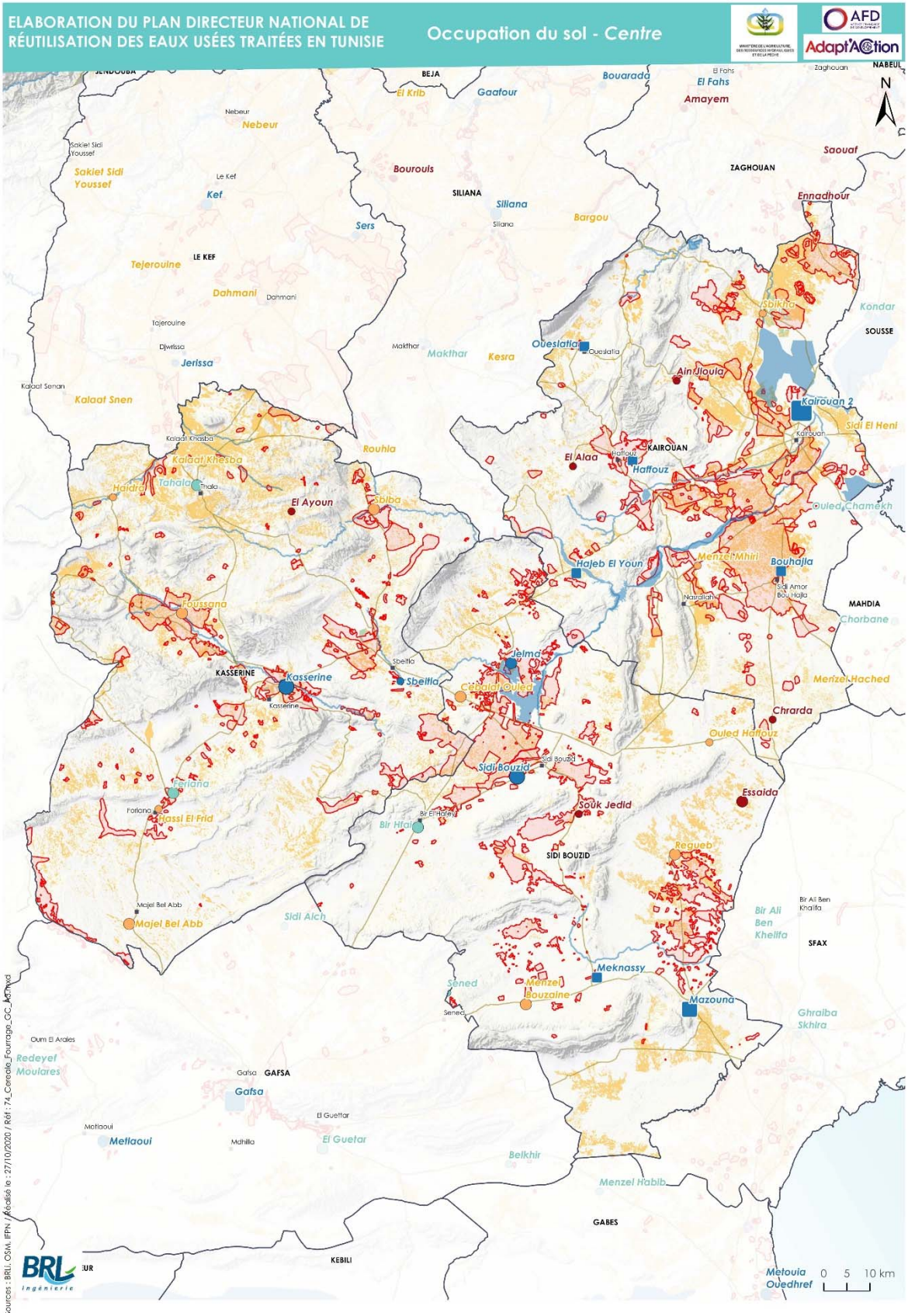
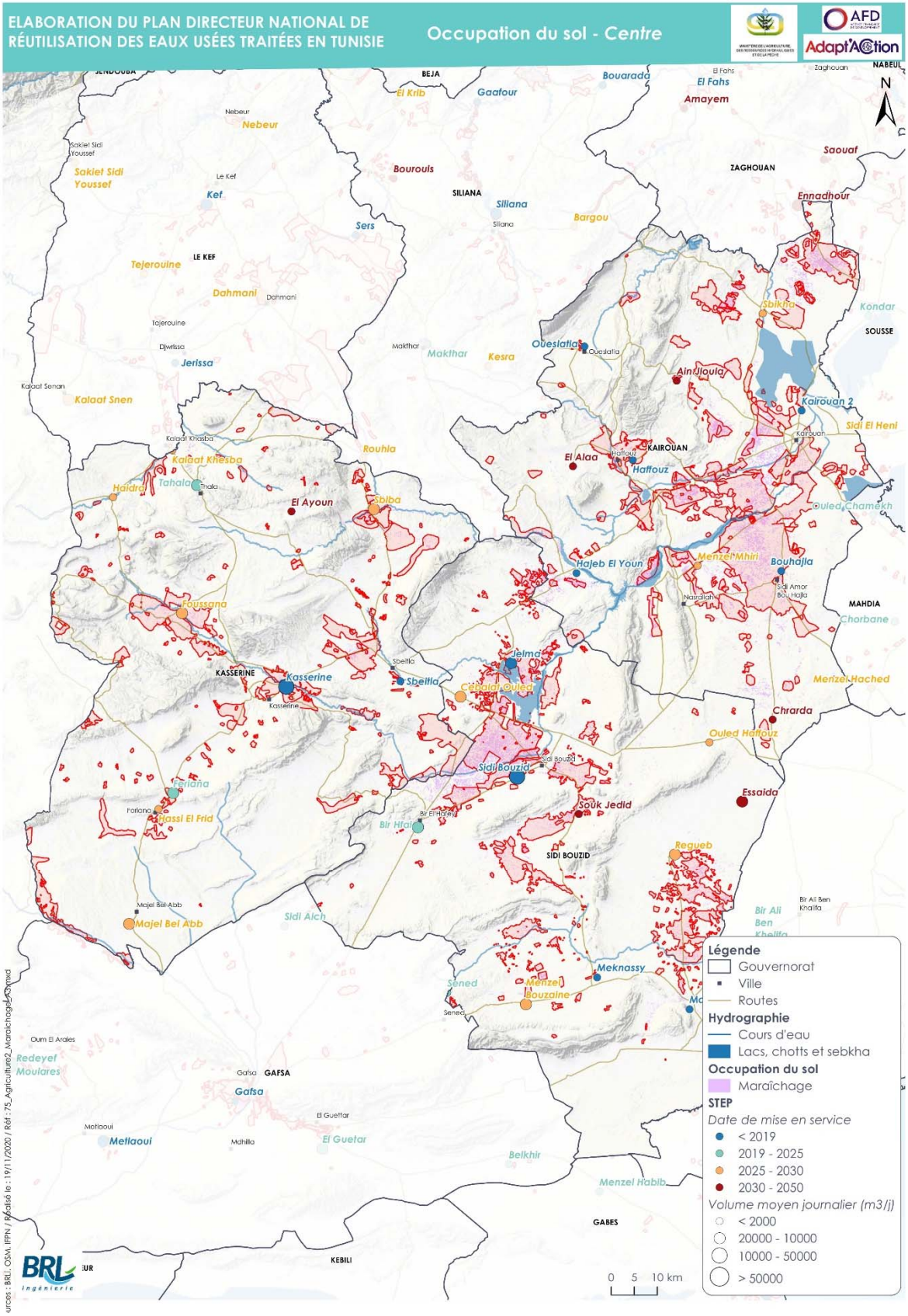


Figure 94 : Zone Centre : Carte agricole – Carte 3 : Maraîchage et périmètres irrigués (en rouge)



PERSPECTIVES AGRICOLES ET PROJETS DE REUT

A court terme, les projets en cours de REUT agricole dans le Centre concernent surtout le gouvernorat de Sidi Bouzid (DGGREE, 2018). Des études ont été lancées pour la création de **5 nouveaux périmètres irrigués** concernant les STEP de Jelma, Sidi Bouzid, Meknassy et Mazouna, ainsi que sur la future STEP de Bir Hfai. L'aménagement des périmètres devrait porter sur un total de **100 ha**.

Concernant l'évolution de l'agriculture de la région à plus long terme, on liste ci-dessous quelques idées émises par les acteurs régionaux rencontrés dans le cadre de l'étude et dans le SDA de la région économique du Centre Ouest (DGAT, 2009) :

- **Meilleur valorisation de l'arboriculture en sec et irriguée afin de maintenir les populations rurales** : certaines espèces arboricoles typiques de la région doivent être sauvegardées (pommiers à Sbiba, abricotiers à Kairouan, etc…). La production oléicole de la région doit aussi être mieux valorisée, sachant que Kairouan est le deuxième gouvernorat producteur du pays après Sfax. Pour cela, un rajeunissement du patrimoine arboricole est nécessaire ;
- **Développement de filières d'élevages laitiers,** récemment introduits dans la région. La demande en cultures fourragères risque donc d'augmenter ;
- **Limitation de l'extension des superficies irriguées** actuelles et économies **d'eau dans les périmètres irrigués existants** : les efforts devront plutôt porter sur la modernisation et l'intensification des périmètres existants. L'objectif est de préserver les nappes souterraines avant que la situation devienne irréversible.

MATURITE DE LA DEMANDE POUR LA REUT DANS LE SECTEUR AGRICOLE

Près de 25 agriculteurs ont été interrogés, répartis sur les gouvernorats de Kairouan et Sidi Bouzid. Globalement, les agriculteurs ont **conscience des menaces sur le secteur agricole avec notamment la surexploitation quantitative et la dégradation de la qualité (salinité) des eaux des nappes souterraines et la faible pluviométrie de la région**. Ils sont donc à la recherche de ressources en eau alternatives. **Des craintes existent vis-à-vis de l'exploitation des EUT, notamment dans le gouvernorat de Kairouan.** Cela s'explique au regard des impacts environnementaux négatifs des rejets d'EUT ou d'EUB dans la région (voir partie 14.3) ainsi que par l'expérience connue du PPI de Dhraa Tammar où la qualité des EUT de la STEP Kairouan 2 ne respecte pas toujours la norme. Cependant, les agriculteurs du périmètre irrigué continuent à vouloir exploiter les EUT. Les freins sont surtout liés à un manque d'eau fournie par le GDA, notamment en période estivale, et à l'interdiction d'irriguer le sorgho alimentaire avec les EUT, une des spécialités de la région. Les agriculteurs ne peuvent donc pas diversifier suffisamment leur assolement. La situation devrait cependant s'améliorer avec réhabilitation de la STEP d'après le CRDA de Kairouan. Des demandes ont aussi été enregistrées hors du périmètre pour l'irrigation d'oliviers et de cultures fourragères.

Dans le gouvernorat de **Sidi Bouzid**, des **exploitations illicites des EUT** ont été observées par pompage dans les oueds en aval des rejets de la STEP de la ville Sidi Bouzid. Des fortes demandes pour exploiter de manière légale ont été enregistrées à proximité des STEP de Mazouna et de Sidi Bouzid au niveau de périmètres existants. En effet, sur certaines zones, soit les eaux des puits titrent à près de 4 g/L, soit la quantité d'eau fournie n'est plus suffisante pour irriguer l'intégralité des terres.

La carte ci-dessous synthétise les résultats des enquêtes en fonction des sous zones agricoles du Centre.

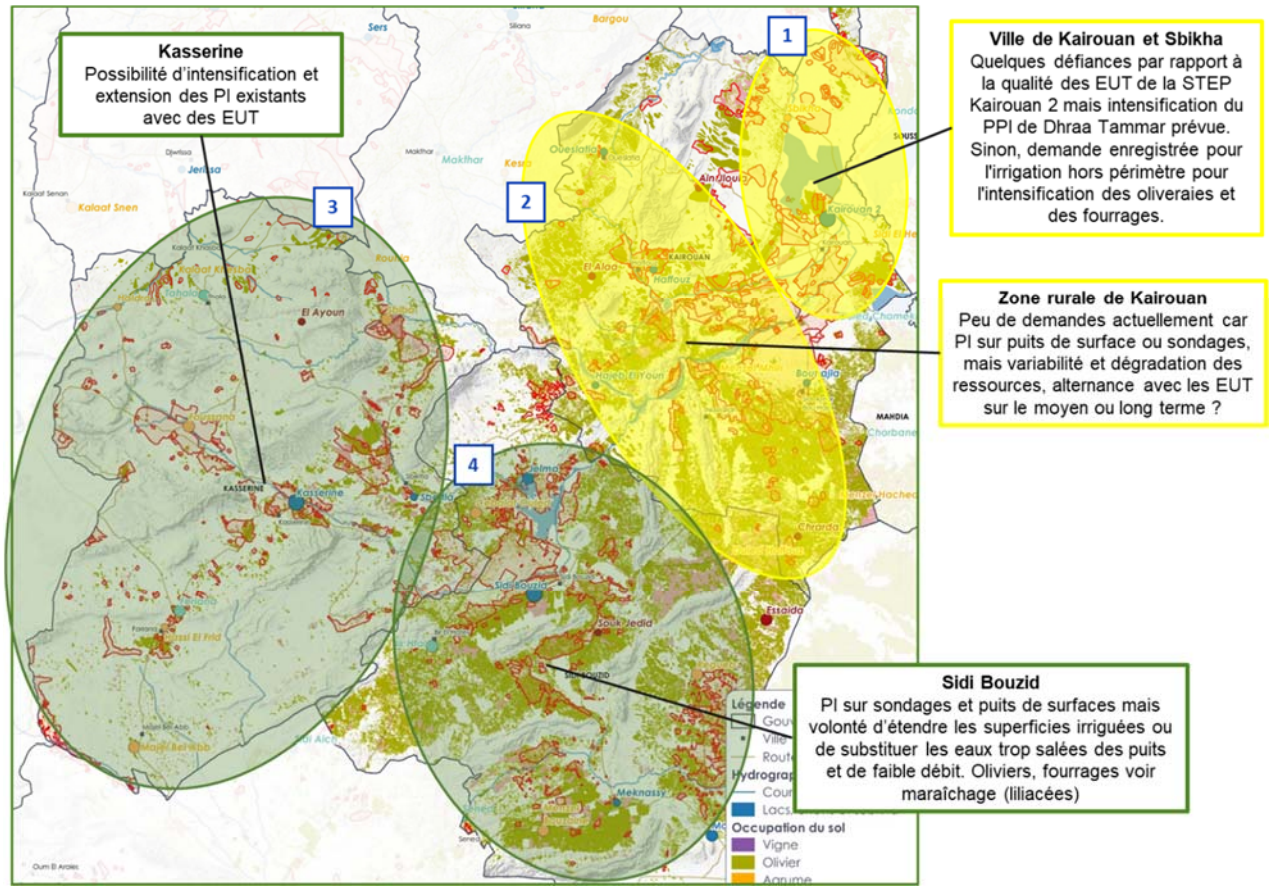


Figure 95 : Niveaux d'acceptabilité des agriculteurs à exploiter les EUT en fonction des sous zones du Centre

14.2.2 Un secteur industriel régional à la marge

Le secteur industriel dans la région est peu développé bien qu'il y ait un potentiel à Kairouan et il consomme peu d'eau (**moins de 2 % de la consommation en eau de la SONEDE pour la région**). Le secteur majoritaire est celui du textile avec 22% des industries implantées dans la région.

Cependant, les ressources minérales de la région restent encore un potentiel exploitable. Il est prévu notamment le démarrage d'une **unité d'extraction de phosphates à Meknassy** (gouvernorat de Sidi Bouzid) pour une production annuelle de 650 000 T. Les besoins en eau sont estimés à un m^3 par tonne de phosphates extraite. Au vu des tensions existantes sur les ressources en eau souterraines sur la zone, **la REUT reste une option envisageable pour le développement de nouvelles industries consommatrices en eau.**

14.2.3 Un potentiel touristique non développé

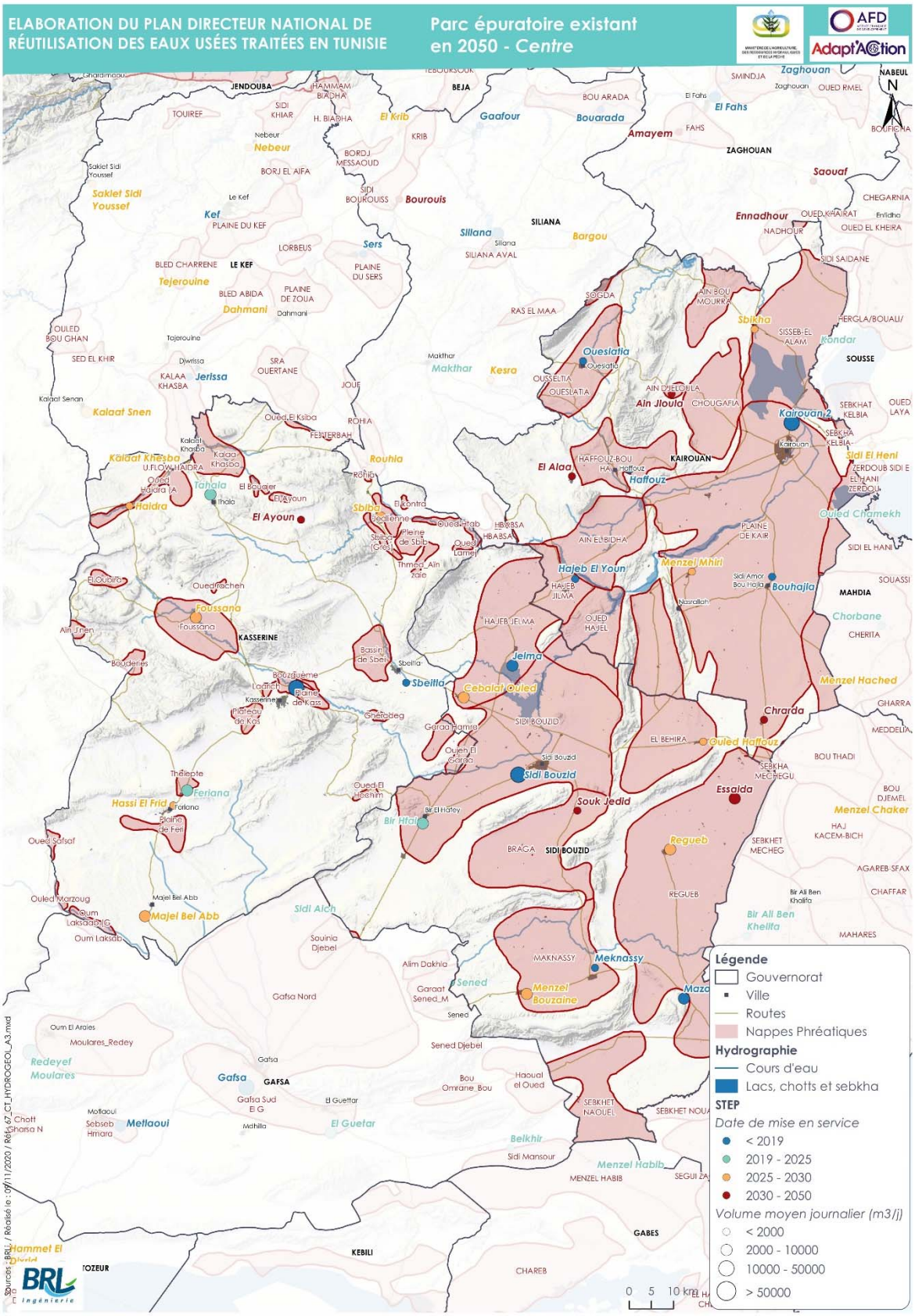
Le tourisme dans la région n'est qu'un tourisme de passage avec un nombre très réduit d'unités hôtelières pour Kairouan et il est quasiment inexistant à Kasserine et Sidi Bouzid. Si développement de ce secteur il y a, il sera orienté vers l'écotourisme. De plus, la majorité des unités hôtelières de la région ne disposent pas d'espaces verts nécessitant d'irrigation.

14.2.4 Des besoins municipaux en eau réduits

Les ressources en eau actuelles sont jugées suffisantes par les responsables municipaux de Kairouan Kasserine et Sidi Bouzid pour répondre à leurs besoins. Peu d'espaces verts sont présents dans ces municipalités (respectivement 20 ha, 30 ha et 15 ha irrigués avec des puits ou les eaux de la SONEDE). La REUT n'est pas envisagée pour le moment, elle n'est cependant pas exclue sur le long terme si l'accès aux ressources devient critique avec la surexploitation des nappes.

14.2.5 Un potentiel de recharge faible face aux déficits existants des nappes phréatiques les plus surexploitées

La carte ci-dessous met en regard les STEP et les différentes nappes phréatiques du Centre.


ELABORATION DU PLAN DIRECTEUR NATIONAL DE RÉUTILISATION DES EAUX USÉES TRAITÉES EN TUNISIE
Parc épuratoire existant en 2050 - Centre
AFD
Adapt'Action
Légende
Gouvernorat
Ville
Routes
Nappes Phréatiques
Hydrographie
Cours d'eau
Lacs, chotts et sebkha
STEP
Date de mise en service
< 2019
2019 - 2025
2025 - 2030
2030 - 2050
Volume moyen journalier (m3/j)
< 2000
2000 - 10000
10000 - 50000
> 50000
0 5 10 km
Sources : BRL / Réalisé le : 09/11/2020 / Réf : 67_CT_HYDROGEOL_A3.mxd
BRL ingénierie

Pour l'ensemble des **14 nappes phréatiques surexploitées**, **le déficit cumulé s'élève à 87 Mm^3/an**. Comme déjà exposé plus haut, la **nappe de la plaine de Kairouan** accuse le plus fort déficit et représente près de **50% du déficit global (41 Mm^3)**. De fortes baisses piézométriques sont enregistrées. Cette baisse est spectaculaire au niveau des nappes de Regueb et de Sardja qui sont exploitées à un taux respectivement de 244% et 288%. La surexploitation au niveau des nappes phréatiques a entrainé une **augmentation de la salinité des eaux tout près des exutoires**.

Dans la région Centre, il n'y a pas de sites de recharge aménagés avec des EUT. Mais il existe une **dizaine de sites de recharge artificielle avec des eaux conventionnelles** à partir de lâchers des grands barrages de Sidi Saad et El Haouareb pour la nappe de la plaine de Kairouan, ou de barrages collinaires pour les nappes de Chougafia – Ain Jelloula, Foussana et Sbiba.. Ces recharges sont très variables d'une année à l'autre car elles dépendent des stocks disponibles dans les barrages. La moyenne estimée est de **26 Mm^3/an**. Pour la recharge de la nappe de Foussana, il existe tout un système d'ouvrages de lâchers des eaux des barrages collinaires qui a été aménagé pour **l'épandage des crues**. Malgré l'alimentation très irrégulière de ces sites en relation avec les évènements de crues, cette technique est très efficace dans la recharge de la nappe et a permis de limiter les dégradations quantitatives et qualitatives. Le volume de recharge est variable et est estimé aux environs de 6 Mm^3/an.

Les renseignements sur ces sites de recharges, les données actuelles sur l'état quantitatif et qualitatif des nappes phréatiques, les études antérieures sur la recharge de nappe avec les EUT et la localisation des STEP existantes et projetées ont permis de dresser le tableau ci-dessous. Il synthétise les recharges possibles par des EUT (liste de STEP avec les flux d'EUT produites aux différents horizons) pour les différentes nappes pour lesquelles une recharge est jugée potentiellement utile.

Globalement, le recours au stockage souterrain dans cette région est envisageable car le contexte hydrogéologique y est favorable. Cependant, la production d'EUT au regard des déficits engendrés par les principales nappes reste faible. Les nappes de Jelma et de Haffouz n'ont pas été retenues pour être rechargées car des prélèvements y sont faits pour l'eau potable. Les quelques nappes retenues comme potentiellement rechargeables au vu du contexte hydrogéologique et foncier sont les **nappes de la Plaine de Kairouan, de Hajeb, de la plaine de Kasserine, de Sbeitla, de Sidi Bouzid, de Meknassy et de Regueb.**

.

Tableau 114 : Liste des STEP associées à chaque nappe et potentiel de recharge par les EUT

Nappe	Enjeux auxquels pourrait répondre la recharge*					STEP pouvant être utilisées pour la recharge de la nappe	Contexte pour la recharge**		Production EUT 2018 (Mm^3)	Production EUT 2050 (Mm^3)	Ratio recharge potentielle / déficit quantitatif		Technique de recharge proposée	Usages indirects possibles
	Lutte contre l'intrusion du biseau salé (barrière hydraulique)	*Amélioration de la qualité des eaux de la nappe (dilution)*	*Fin d'un rejet en mer ou dans une zone sensible*	*Augmentation de la quantité d'eau disponible pour un usage indirect*	*Amélioration de la gestion de l'eau avec un stockage intersaisonnier hors période d'irrigation*		*Hydrogélogique*	*Foncier*			2020	2050		
Plaine de Kairouan (déficit de – 41 Mm3)		X		X	X	Kairouan 2	Favorable	Favorable	7.7	11.3	19%	28%	Infiltration dans l'oued	Agriculture (zone agricole, puits de surface existants
Hajeb (déficit de – 5.4 Mm3)		X		X		Hajeb	Favorable	Favorable	0.36	0.54	7%	10%	Infiltration dans l'oued	Agriculture (arboriculture)
Sidi Bouzid (déficit de – 9 Mm3)		X		X	X	Sidi Bouzid	Favorable	Favorable	1.9	4.1	21%	46%	Infiltration dans l'oued / Bassins d'infiltration	Agriculture (arboriculture)
Meknassy (déficit de – 3 Mm3)		X		X		Menzel Bouzaine	Favorable	Favorable	0	0.4	0%	13%	Infiltration dans l'oued	Agriculture (arboriculture)
Regueb (déficit de – 5.4 Mm3)		X		X		Regueb	Favorable	Favorable	0	0.85	0%	16%	Infiltration dans l'oued	Agriculture (arboriculture)
Plaine de Kasserine (déficit de – 1.2 Mm3)		X		X	X	Kasserine	Favorable	Favorable	2,8	2,3	232 %	194%	Infiltration dans l'oued / Bassins d'infiltration	Agriculture (arboriculture)
Sbeitla (déficit de – 1 Mm3)		X		X	X	Sbeitla	Favorable	Favorable	0,7	1,1	75 %	114 %	Infiltration dans l'oued	Agriculture (arboriculture)

14.3 IMPACTS ACTUELS DES REJETS D'EAUX USEES SUR L'ENVIRONNEMENT ET LES ACTIVITES SOCIO-ECONOMIQUES DANS LA ZONE DU CENTRE

L'objectif de cette partie est de dresser un inventaire global des principaux rejets d'eaux usées qui impactent actuellement l'environnement et/ou des activités socio-économiques. Cet inventaire a été enrichi par les acteurs locaux lors des entretiens régionaux et de l'atelier de concertation de la zone du Centre qui a eu lieu le 6 avril 2021.

14.3.1 Des milieux de rejets continentaux mais vulnérables

Les STEP existantes dans la région Centre ne rejettent pas sur le littoral mais **leurs milieux récepteurs sont souvent des milieux continentaux sensibles** (sebkha, oueds avec des usages en aval, plaines continentales planes où les EUT risquent de stagner, etc.). C'est le cas par exemple de la STEP de Kairouan 2, la plus grande en capacité de la région. Les eaux usées s'étendent dans la plaine de Zaafrana, quand elles ne sont pas réutilisées dans le périmètre irrigué de Dhraa Tammar. Elles rejoignent même la sebkha Kelbia dans le gouvernorat de Sousse où elles stagnent, comme signalé par le CRDA de Sousse. De plus, les rejets dans ces milieux participent à la réalimentation des nappes phréatiques, à plus ou moins grande échelle en fonction du débit en sortie de STEP. C'est pourquoi il est important de garantir le respect des normes de rejets pour, a minima, **éviter la contamination des nappes.**



Figure 96 : Stagnation des EUT et infiltration dans la nappe au niveau du rejet de la STEP de Hajeb El Ayoun (gouvernorat de Kairouan)

Source : BRLi, novembre 2020

Les STEP du gouvernorat de Sidi Bouzid ont été signalées par le département Centre de l'ONAS comme ayant des problèmes au niveau des milieux récepteurs. La réutilisation pourrait être une solution pour les éviter. Ceci illustre que, même si les STEP du gouvernorat produisent des volumes inférieurs à 1 Mm^3/an (à l'exception de celle de la ville de Sidi Bouzid), , les nuisances subies par la population locale peuvent être importantes (odeurs, proliférations d'insectes, risques sanitaires si les traitements sont défaillants etc.). Il faut noter aussi l'utilisation indirecte des EUT par pompage dans les oueds aval des STEP par des agriculteurs comme signalé par le CRDA.

14.3.2 Des petites localités encore impactées par des rejets d'eaux usées non traitées

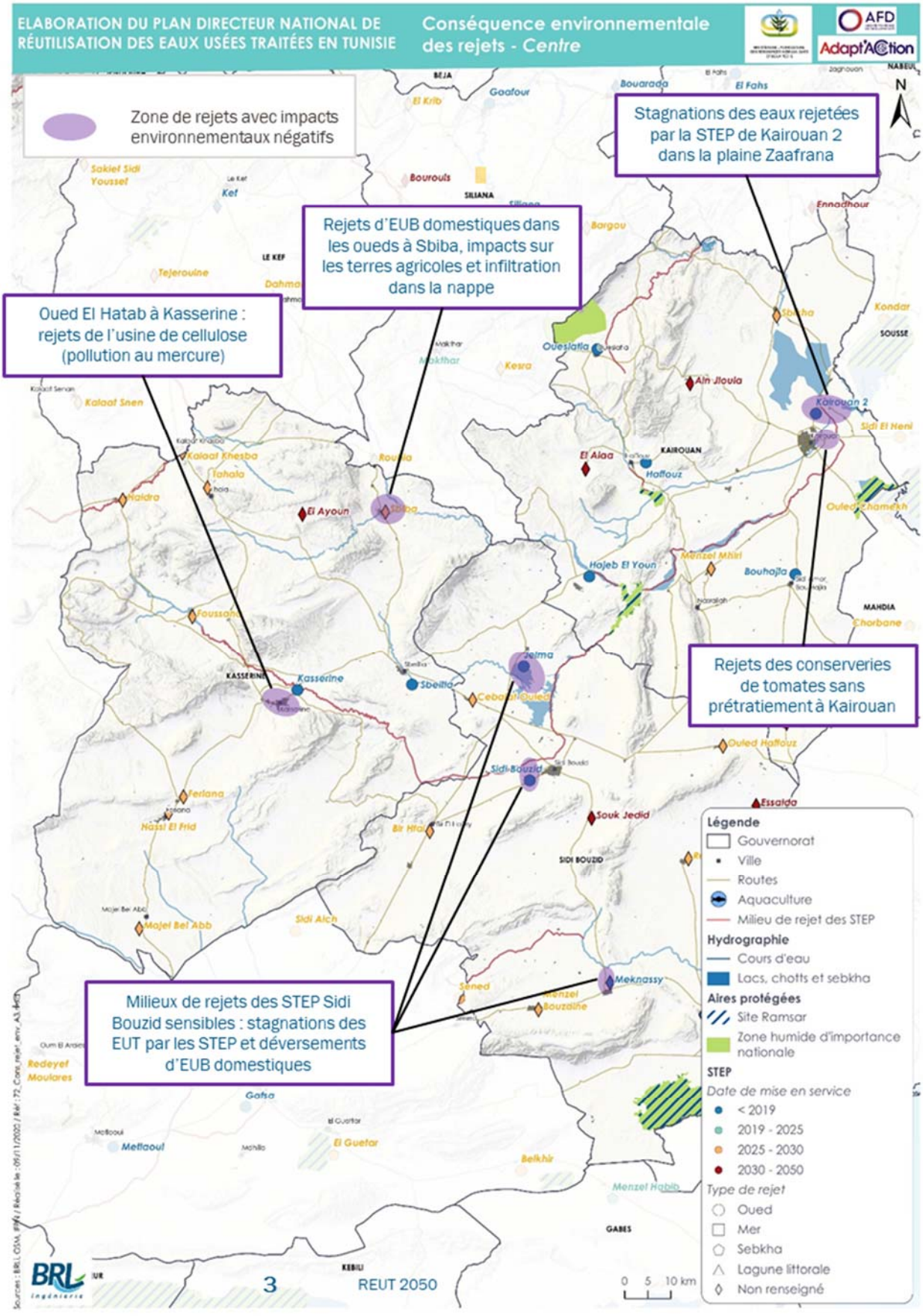
Nous avons vu dans la partie 13.1.1 que l'ONAS prévoyait une multiplication du nombre de STEP pour les petites communes de la région. En attendant, certains acteurs lors de l'atelier de concertation régional ont souligné **l'impact négatif des rejets d'EUB dans certaines localités** (Kalboussi, 2018). C'est le cas par exemple à Sbiba dans le gouvernorat de Kasserine où les rejets d'EUB **impactent les terres agricoles à proximité du milieu de rejet et risquent de contaminer la nappe phréatique**. La localité de Sbikha a aussi été mentionnée, les EUB y sont toujours rejetées dans l'oued Nebhana avant de stagner, alors que la construction STEP devait commencer en 2017.

14.3.3 Quelques rejets industriels non raccordés au réseau avec un fort impact négatif local

Le tissu industriel est peu développé dans cette région en comparaison avec des régions littorales. Les volumes rejetés par les industriels sont donc moins importants. Cependant deux activités non raccordées au réseau collectif dont les rejets polluent leur milieu récepteur ont été notifiées lors de l'atelier de concertation régional :

- la **Société Nationale de Cellulose et de Papier Alfa (SNCPA)** à Kasserine : cette industrie prélève près de **2 Mm^3/an dans les nappes**. Les impacts de ses rejets, ponctuellement riches en mercure et chlore, sont visibles sur 20 km dans l'oued El Hatab jusqu'à Hassi El Frid (Chennaoui, 2016) ;
- les **conserveries de tomates dans la Zone Industrielle de Kairouan**. Elles prélèvent près de **1 Mm^3/an dans les nappes** et effectuent leur rejet sans pré-traitement.

La carte ci-après synthétise les problématiques environnementales liées aux rejets d'eaux usées au Centre.


ELABORATION DU PLAN DIRECTEUR NATIONAL DE RÉUTILISATION DES EAUX USÉES TRAITÉES EN TUNISIE
Conséquence environnementale des rejets - Centre
AFD
Adapt'Action
Zone de rejets avec impacts environnementaux négatifs
Stagnations des eaux rejetées par la STEP de Kairouan 2 dans la plaine Zaafrana
Rejets d'EUB domestiques dans les oueds à Sbiba, impacts sur les terres agricoles et infiltration dans la nappe
Oued El Hatab à Kasserine : rejets de l'usine de cellulose (pollution au mercure)
Rejets des conserveries de tomates sans prétratiement à Kairouan
Milieux de rejets des STEP Sidi Bouzid sensibles : stagnations des EUT par les STEP et déversements d'EUB domestiques
Légende
Gouvernorat
Ville
Routes
Aquaculture
Milieu de rejet des STEP
Hydrographie
Cours d'eau
Lacs, chotts et sebkha
Aires protégées
Site Ramsar
Zone humide d'importance nationale
STEP
Date de mise en service
< 2019
2019 - 2025
2025 - 2030
2030 - 2050
Type de rejet
Oued
Mer
Sebkha
Lagune littorale
Non renseigné
3
REUT 2050
0 5 10 km
N

14.4 VALORISATIONS POSSIBLES DES EUT EN FONCTION DES DIFFERENTS CONTEXTES TERRITORIAUX DU CENTRE

Le territoire du Centre (gouvernorats de Kairouan, Kasserine et Sidi Bouzid) a été découpé en pratique en 4 sous-zones cohérentes en termes d'assainissement, de contexte environnemental et socio-économique, indiquées sur la carte suivante :

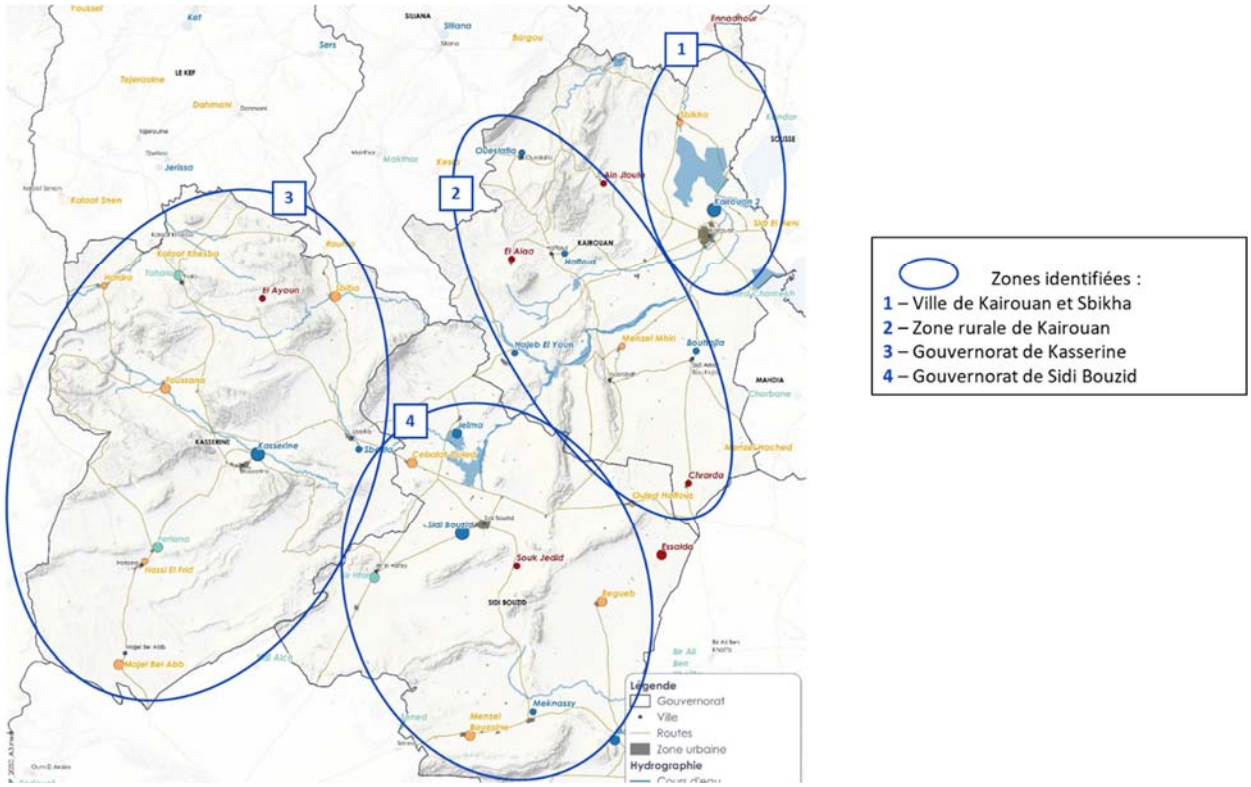


Figure 97 : Découpage de la région du Centre en sous zones d'étude

L'inventaire des valorisations possibles des EUT présentées dans cette partie a été alimenté par **l'atelier de concertation régional** qui a eu lieu le 6 avril 2021. Cet atelier a été l'occasion d'échanger avec les acteurs du territoire sur les valorisations des EUT à privilégier dans chacune des sous zones étudiées.

14.4.1 Sous zone 1 : Villes de Kairouan et Sbikha

Ressources en eau

Le gouvernorat de Kairouan se caractérise par des ressources conventionnelles en eaux importantes (**151 Mm³/an**). Cependant, les barrages se remplissent de moins en moins et les **nappes sont fortement surexploitées pour l'agriculture** (**232 Mm³/an**).

Les EUT constituent une ressource significative avec 7,7 Mm³ produits en 2020 et 11,7 Mm³ en 2050.

Agriculture

L'arboriculture en sec est dominante (principalement oliviers et amandiers). Les cultures irriguées sont concentrées surtout à Sbikha avec plus de **11 000 ha de périmètres irrigués** pour des cultures diverses (arboriculture, fourrages, céréales, maraîchage, etc…).

Le tableau ci-dessous liste les idées de valorisations des EUT possibles pour les villes de Kairouan et Sbikha, idées établies à l'issue des entretiens et enquêtes régionaux ainsi qu'au regard du contexte qui vient d'être exposé.

Tableau 115 : Possibilités de valorisation des EUT pour la sous zone 1 : villes de Kairouan et Sbikha

Idées de valorisation des EUT	Traduction des flux d'EUT en valorisations potentielles
Idée 1.a : Réhabilitation, intensification et extension du PPI existant avec des EUT *PPI Dhraa Tammar*	Dhraa Tammar : 380 ha aménagés (céréales, fourrages, arbo), utilisation de 16 % des EUT de la STEP de Kairouan 2 en 2020, 13 % en 2050 si intensification à 100 %
Idée 1.b : Substitution des eaux conventionnelles pour l'irrigation *Substitution par des EUT (ou mélange avec ces EUT) des eaux de nappes pour l'irrigation des périmètres existants*	Part de la superficie irriguée actuellement, substituable, en utilisant 100% du potentiel EUT 2020 et 2050 : Arboriculture (dont oliviers) : 12 % en 2020 (900 ha), 17% en 2050 (1 300 ha) Céréales : 26 % en 2020 (3 600 ha), 37 % en 2050 (5 000 ha) Fourrages : 36 % en 2020 (850 ha), 51 % en 2050 (1 200 ha)
Idée 1.c : Recharge de la nappe de la plaine de Kairouan *Infiltrations dans l'oued, Déficit de 41 Mm3*	Si utilisation à 100 % des EUT de la STEP de Kairouan 2, réduction du déficit de la nappe de 19 % en 2020 et de 28 % en 2050

L'irrigation agricole directe semble l'orientation la plus évidente pour cette zone au regard des terres agricoles disponibles à proximité des STEP. Comme confirmé lors de l'atelier de concertation régional, les efforts doivent se faire en priorité pour la **valorisation de l'existant** avec **l'intensification du périmètre de Dhraa Tammar, voir son extension**. La future STEP de Sbikha pourrait, quant à elle, contribuer à l'alimentation de périmètres existants souffrants de la diminution de la disponibilité des ressources souterraines.

14.4.2 Sous zone 2 : Zone rurale de Kairouan

Ressources en eau

Le reste du gouvernorat de Kairouan contient les **3 grands barrages** du gouvernorat, dont celui de Nebhana où les eaux sont transférées vers le Sahel, ainsi que les forages du Kairouanais pour l'AEP du Sahel. La capacité totale de ces barrages est de **270 Mm^3**. **Les eaux souterraines restent fortement surexploitées** sur cette partie du gouvernorat.

Le potentiel de REUT est faible avec seulement 1,1 Mm^3 produits en 2020 et 3,4 Mm^3 en 2050

Agriculture

Le Nord-Ouest de la zone rurale de Kairouan est une zone montagneuse et forestière avec une agriculture peu diversifiée, principalement une arboriculture en sec. Au Sud-Ouest, ce sont les parcours pour les élevages ovins et caprins ainsi que les grandes cultures dominent dans cette zone accidentée. Enfin, au Sud Est, c'est un système agraire plus polyvalent avec de l'arboriculture et des céréales en sec, mais aussi des cultures irriguées. Ceci illustre la diversité agricole de la zone.

Le tableau ci-dessous liste les idées de valorisations des EUT possibles pour la zone rurale de Kairouan, idées établies à l'issue des entretiens et enquêtes régionaux ainsi qu'au regard du contexte qui vient d'être exposé.

Tableau 116 : Possibilités de valorisation des EUT pour la sous zone 2 : zone rurale de Kairouan

Idées de valorisation des EUT	Traduction des flux d'EUT en valorisations potentielles
Idée 2.a : Substitution des eaux conventionnelles pour l'irrigation *Substitution par des EUT (ou mélange avec ces EUT) des eaux de nappes pour l'irrigation des périmètres existants*	Part de la superficie irriguée actuellement, substituable, en utilisant 100% du potentiel EUT 2020 et 2050 : Arboriculture (dont oliviers) : 1 % en 2020, 2 % en 2050 Céréales : 7 % en 2020, 20 % en 2050 Fourrages : 5 % en 2020, 15 % en 2050
Idée 2.b : Création de nouveaux PI proches des STEP Arboriculture, fourrages	Nouveaux PI potentiels, en utilisant 100% des EUT : Arboricoles (dont oliviers) : en 2020, 150 ha ; en 2050, 420 ha Fourrages : en 2020, 140 ha ; en 2050, 390 ha
Idée 2.c : Rejets dans les oueds et réutilisation agricole indirecte par pompage ou recharge de nappe par infiltration	Nappe de Hajeb : réduction du déficit de 7 % en 2020 à 10 % en 2050 avec la STEP de Hajeb El Ayoun impact du stockage souterrain sera très localisé sur le plan spatial.

La valorisation des EUT sur cette zone restera limitée au vu de la quantité produite et de l'accès des agriculteurs à d'autres ressources conventionnelles. La REUT pourrait surtout concerner **l'irrigation agricole directe.** Elle est à étudier en fonction du contexte agricole à proximité de chaque STEP. Des possibilités de complément aux ressources souterraines pourront être envisagées sur le moyen terme. Une autre possibilité est de laisser s'écouler les eaux usées dans les oueds récepteurs tout en favorisant **l'infiltration dans les nappes**, moyennant une qualité de traitement respectant les normes de rejets.

14.4.3 Sous zone 3 : Gouvernorat de Kasserine

Ressources en eau

Les ressources en eau conventionnelles sont importantes (141 Mm^3/an) mais **surexploitées** (174 Mm^3/an). Les usages sont surtout des **prélèvements agricoles** mais aussi les **transferts des eaux** des forages de Sbeitla – Jelma pour l'AEP de Sfax. De plus, les entités aquifères ont des réservoirs limités, ce qui les rend sensibles aux évènements pluviométriques excédentaires comme déficitaires.

Le potentiel de REUT est en développement avec 3,5 Mm^3 produits en 2020 et 10 Mm^3 en 2050 grâce à la création de nombreuses STEP dans les petites villes du gouvernorat qui ne possèdent pas de réseau d'assainissement collectif à ce jour.

Agriculture

L'arboriculture en sec est dominante (principalement oliviers et amandiers). La production de céréales est très dépendante de la pluviométrie annuelle. L'introduction de l'irrigation a été importante pour développer les surfaces arboricoles (oliviers, pommiers, amandiers, abricotiers).

Activités industrielles

Le **gouvernorat est peu industrialisé**. Cependant, il existante la Société Nationale de Cellulose et de Papier Alfa (SNCPA) au niveau de la ville de Kasserine. Elle prélève près de 2 Mm^3/an dans les nappes souterraines via 2 forages.

Le tableau ci-dessous liste les idées de valorisations des EUT possibles pour le gouvernorat de Kasserine, idées établies à l'issue des entretiens et enquêtes régionaux ainsi qu'au regard du contexte qui vient d'être exposé.

Tableau 117 : Possibilités de valorisation des EUT pour la sous zone 3 : Gouvernorat de Kasserine

Idées de valorisation des EUT	Traduction des flux d'EUT en valorisations potentielles
Idée 3.a : Substitution des eaux conventionnelles pour l'irrigation *Substitution par des EUT (ou mélange avec ces EUT) des eaux de nappes pour l'irrigation des périmètres existants*	Part de la superficie irriguée actuellement, substituable, en utilisant 100% du potentiel EUT 2020 et 2050 : Arboriculture : en 2020, 4 %; en 2050, 9 % des 13 000 ha irrigables Oliviers : en 2020, 7%; en 2050, 16 % des 18 000 ha irrigables
Idée 3.b : Création de nouveaux PI à proximité des STEP et extension des périmètres existants *PPI avec des EUT de Oued Essid et Sbeitla* *Arboriculture et fourrages*	Nouveaux PI potentiels, en utilisant 100% des EUT : Arboricoles : en 2020, 500 ha ; en 2050, 1 200 ha Oliviers : en 2020, 1 200 ha ; en 2050, 2 900 ha
Idée 3.c : Réutilisation industrielle *Papeterie SNCPA*	Possibilité de substituer 100 % des prélèvements des forages de la papeterie par les EUT de la STEP de Kasserine (tout en continuant l'alimentation du PPI de Oued Essid)
Idée 3.d : Rejets dans les oueds et réutilisation agricole indirecte par pompage ou recharge de nappe par infiltration	Nappe de le plaine de Kasserine : comblement du déficit à 100 % en 2020 et 2050 avec les EUT de la STEP de Kasserine Nappe de Sbeitla : réduction du déficit de 75 % en 2020 à plus de 100 % en 2050 avec la STEP de Sbeitla

Au regard du contexte territorial de la sous zone, la REUT pourrait surtout concerner **l'irrigation agricole directe.** Elle est à étudier en fonction du contexte agricole à proximité de chaque STEP. Des possibilités de complément aux ressources souterraines pourront être envisagées sur le moyen terme. Pour la STEP de Kasserine, les usages pourront être plus variés avec la substitution des eaux de nappes par les EUT pour un **usage industriel** et **l'extension du périmètre existant.** Une dernière possibilité est de laisser s'écouler les eaux usées dans les oueds récepteurs tout en favorisant **l'infiltration dans les nappes**, moyennant une qualité de traitement respectant les normes de rejets.

14.4.4 Sous zone 4 : Gouvernorat de Sidi Bouzid

Ressources en eau

Les ressources en eau conventionnelles sur gouvernorat de Sidi Bouzid sont importantes (143 Mm^3/an) mais **les eaux souterraines sont fortement surexploitées pour l'agriculture** (260 Mm^3/an).

La potentiel de REUT est modeste mais en augmentation avec 2,6 Mm^3 produits en 2020 et 7,3 Mm^3 en 2050 grâce à la création de nouvelles STEP pour raccorder des petites communes au réseau d'assainissement collectif.

Agriculture

L'arboriculture en sec est dominante (oliviers, amandiers et pistachiers principalement). Elle est irriguée surtout au niveau de Mazouna, Sidi Ali Ben Aoun, Regueb et Meknassi. Des cultures céréalières et maraîchères sont présentes au niveau des zones d'épandage des oueds (plaine de Gammouda). Ce gouvernorat est aussi un **bassin laitier** important ainsi que pour l'élevage ovin. Cependant, la **production fourragère est très dépendante des conditions climatiques** et les parcours sont de plus en plus dégradés.

Activités industrielles

Ce gouvernorat est **peu industrialisé** mais il faut noter qu'une **unité d'extraction de phosphates est prévue à Meknassy avec un besoin en eau estimé à 650 000 m³/an.**

Le tableau ci-dessous liste les idées de valorisations des EUT possibles pour le gouvernorat de Sidi Bouzid, idées établies à l'issue des entretiens et enquêtes régionaux ainsi qu'au regard du contexte qui vient d'être exposé.

Tableau 118 : Possibilités de valorisation des EUT pour la sous zone 4 : Gouvernorat de Sidi Bouzid

Idées de valorisation des EUT	Traduction des flux d'EUT en valorisations potentielles
Idée 4.a : Substitution des eaux conventionnelles pour l'irrigation *Substitution par des EUT (ou mélange avec ces EUT) des eaux de nappes pour l'irrigation des périmètres existants*	Part de la superficie irriguée actuellement, substituable, en utilisant 100% du potentiel EUT 2020 et 2050 : Arboriculture (dont oliviers) : en 2020, 2 %; en 2050, 4 % des 23 000 ha irrigables Fourrages : en 2020, 5 %; en 2050, 13 % des 7 000 ha irrigables
Idée 4.b : Création de nouveaux PI à proximité des STEP *Arboriculture et fourrages en intercalaire*	Nouveaux PI potentiels, en utilisant 100% des EUT : Arboricoles : en 2020, 370 ha ; en 2050, 900 ha Oliviers : en 2020, 860 ha ; en 2050, 2 100 ha Fourrages : en 2020, 340 ha ; en 2050, 840 ha
Idée 4.c : Réutilisation industrielle *Extraction de phosphates à Meknassy*	Possibilité d'alimenter à 100 % l'unité d'extraction à partir de la STEP de Meknassy
Idée 4.d : Rejets dans les oueds et réutilisation agricole indirecte par pompage ou recharge de nappe par infiltration	Nappe de Sidi Bouzid : réduction du déficit de 21 % en 2020 à 46 % en 2050 avec la STEP de Sidi Bouzid Nappe de Meknassy : réduction du déficit de 17 % en 2020 à 24 % en 2050 avec la STEP de Meknassy, et de 13 % en 2050 avec la future STEP de Menzel Bouzaien Nappe de Regueb : réduction du déficit de 16 % en 2050 avec la future STEP de Regueb

Au regard du contexte territorial de la sous zone, la REUT pourrait surtout concerner **l'irrigation agricole directe.** Elle est à étudier en fonction du contexte agricole à proximité de chaque STEP. Des possibilités de complément aux ressources souterraines pourront être envisagées sur le moyen terme. Une autre possibilité est de laisser s'écouler les eaux usées dans les oueds récepteurs tout en favorisant **l'infiltration dans les nappes**, moyennant une qualité de traitement respectant les normes de rejets.

14.4.5 Synthèse des valorisations possibles des EUT par sous zones

La carte ci-dessous permet de rappeler de manière illustrée les idées de valorisations possibles des EUT qui ont été proposées pour chaque sous zones et de montrer la variété des possibilités en fonction des contextes territoriaux.

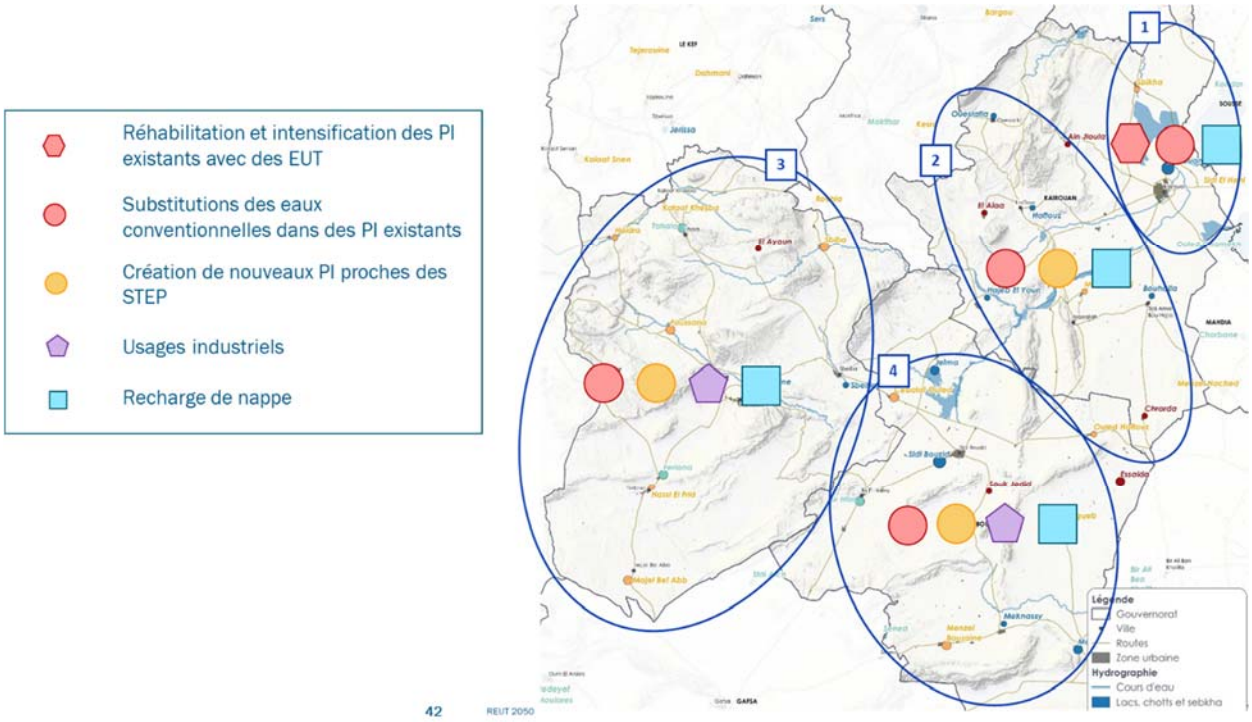


Figure 98 : Synthèse des valorisations des EUT possibles par sous zones du Centre

14.5 CONCLUSION SUR LA SITUATION DE LA ZONE DU CENTRE ET LES OPPORTUNITES DE DEVELOPPEMENT DE LA REUT

14.5.1 Une production faible d'EUT, disséminée sur un vaste territoire qui ne permettra pas d'avoir un impact conséquent sur le déficit hydrique régional

Le développement de l'agriculture irriguée et les transferts d'eau vers le Sahel et Sfax ont fortement **dégradé le bilan hydrique de la zone du Centre**, malgré les volumes importants de ressources en eaux souterraines renouvelables. La **surexploitation des nappes souterraines** en est à un point critique sur certaines zones (**déficit proche de 230 Mm^3**), notamment pour la plaine de Kairouan.

Les EUT, en venant remplacer les eaux de nappes surexploitées dans certains périmètres, permettraient de participer à la **réduction du déficit hydrique de la zone**. Cependant, les volumes en jeu d'EUT produites restent modestes face aux prélèvements effectués (**réduction potentielle de 10 % du déficit en 2050** si on utilise à 100 % les EUT).

Cependant, si l'on se place à une **échelle interrégionale**, il faut noter que **la REUT pourrait avoir indirectement un fort impact sur le bilan hydrique de la zone si cette REUT se développait au Sahel et à Sfax**. En effet, les ressources conventionnelles du Centre sont mobilisées pour alimenter le littoral. L'exploitation de ressources comme les EUT sur le littoral permettrait de **libérer des ressources pour le Centre qui pourront être valorisées plus localement**. Pour rappel, 60 à 70 Mm^3/an sont transférés chaque année. De plus, celle nouvelle allocation des ressources en eau participerait à la baisse des tensions existantes liées au partage de l'eau et aux fractures de développement économique entre les régions littorales et intérieures.

14.5.2 Des EUT encore perçues comme une source de pollution plutôt qu'une ressource potentielle

L'enjeu lié aux EUT pour cette zone se situe surtout dans **l'amélioration du taux de raccordement aux réseaux d'assainissement collectif** pour les communes rurales et la **réduction de la pollution liée aux rejets des eaux usées** (brutes ou traitées). Même si les volumes produits sont faibles, les nuisances causées par ces rejets peuvent être fortes localement pour les riverains. Des nappes phréatiques peuvent même être contaminées via l'infiltration de ces rejets ne respectant pas les normes de qualité.

Comme observé lors des différentes étapes de concertation de l'étude sur la zone du Centre, les échanges ont souvent portés sur les impacts négatifs actuels des rejets d'eaux usées et les risques environnementaux et sanitaires rattachés, plutôt que sur leur possible valorisation. Cela montre que ces **eaux usées sont encore beaucoup perçues comme des sources de pollution dans cette zone plutôt qu'une potentielle ressource en eau.**

14.5.3 Des EUT à gérer localement en fonction des opportunités à saisir à proximité des STEP

Au regard de l'orientation très agricole de la région, les propositions de valorisations possibles des EUT pour cette zone ont surtout concerné **l'irrigation directe ou la recharge de nappe**. Ce dernier usage peut se faire via des procédés d'infiltration dans les oueds au vu du contexte hydrogéologique, afin de relever le niveau piézométrique des nappes les plus surexploitées ou de faire un stockage inter saisonnier des EUT.

La majorité des flux d'EUT sont concentrés au niveau des chefs-lieux des gouvernorats (près de 55 % des EUT produites en 2050). Pour les STEP de Kairouan et de Kasserine, des périmètres irrigués avec des EUT existent déjà. Des possibilités d'intensification et d'extension de ces périmètres sont encore envisageables pour valoriser au mieux les EUT produites par ces STEP. Pour la STEP de Sidi Bouzid, des demandes des agriculteurs sont recensées et il y a déjà des exploitations indirectes des EUT via des pompages dans l'oued en aval du rejet. La REUT agricole peut participer à la **sauvegarde de certaines espèces arboricoles typiques de la région** (pommiers, abricotiers, amandiers, pistachiers) ou au **développement de la filière biologique oléicole**. La production fourragère est aussi envisageable avec les EUT, ce qui aiderait à **réduire le déficit fourrager** de la région avec la dégradation des parcours.

Pour les STEP restantes de la zone, il est **difficile de définir une orientation stratégique globale** car les choix de valorisations des EUT dépendront des contextes territoriaux et sociaux à proximité de chaque STEP. Les enjeux de REUT liés à ces STEP n'étant pas des enjeux nationaux au vu des volumes produits, ni même régionaux, il conviendra de **laisser la gestion de ces EUT à un niveau plus local afin de saisir rapidement les opportunités de valorisation qui pourront se présenter.** Par exemple, des nouveaux usages industriels peuvent être envisagés en lien avec le développement économique de la région (extraction de phosphates dans le gouvernorat de Meknassy).

15. ETUDE PROSPECTIVE DE LA REUT POUR LA ZONE DU NORD-OUEST

15.1 OFFRE POTENTIELLE EN EUT DANS LE NORD-OUEST D'ICI 2050. COMMENT CETTE OFFRE S'INSCRIT DANS LE MIX DE RESSOURCES EN EAU GLOBAL DE LA REGION ?

15.1.1 Une production d'EUT de 30 Mm³ aujourd'hui à plus de 50 Mm³ d'ici 2050

FLUX LIES AU PARC EPURATOIRE

La région du Nord-Ouest présente un **taux d'urbanisation faible** qui évolue peu (43 % sans compter le gouvernorat de Bizerte). De plus, **la croissance démographique ne cesse de diminuer** depuis 1994 (- 0,36 % par an) de par des migrations continues qui touchent les espaces urbains et ruraux.

Le **parc épuratoire** de la région du Nord-Ouest est aujourd'hui **peu développé** avec un total (chiffre 2018) de **22 STEP** pour les 5 gouvernorats. Il n'y a pas de schéma directeur d'assainissement de l'ONAS pour ces régions mais un programme à court terme pour réhabiliter les STEP existantes est en cours. Il est prévu aussi de créer de nouvelles STEP pour assainir les zones rurales non raccordées au réseau jusqu'à présent.

Les principales interventions prévues par ce programme pour les STEP déjà existantes sont la **réhabilitation et l'extension des principales STEP du gouvernorat de Bizerte** (Menzel Bourguiba, Bizerte et Mateur), notamment dans le cadre du programme de **dépollution du Lac De Bizerte** (BEI, 2013) qui est leur milieu récepteur. **Des réhabilitations sont aussi prévues dans le gouvernorat de Jendouba** (STEP de Tabarka, Jendouba), **pour la STEP de la ville du Kef et pour certaines STEP du gouvernorat de Beja** (Medjez El Bab et Teboursouk).

Concernant les créations de nouvelles STEP, le programme prévoit une **augmentation importante du nombre de STEP** du parc épuratoire qui pourrait atteindre **40 d'ici 2030**. Cette augmentation va particulièrement concerner le gouvernorat du Kef qui va passer de 3 STEP existantes à 9 au total. Les gouvernorats de Beja et Siliana vont aussi doubler leur nombre de STEP. Pour le gouvernorat de Bizerte, une **filière industrielle** est prévue à l'horizon 2025 afin d'assainir les zones industrielles présentes à **Utique**. Au vu des projections démographiques réalisées dans la présente étude, 8 nouvelles STEP de faibles capacités, non projetées jusqu'à présent par l'ONAS, pourraient être construites à l'horizon 2040.

Le tableau suivant indique les flux d'EUT calculés aux différents horizons temporels, ainsi que l'évolution potentielle des traitements tertiaires.

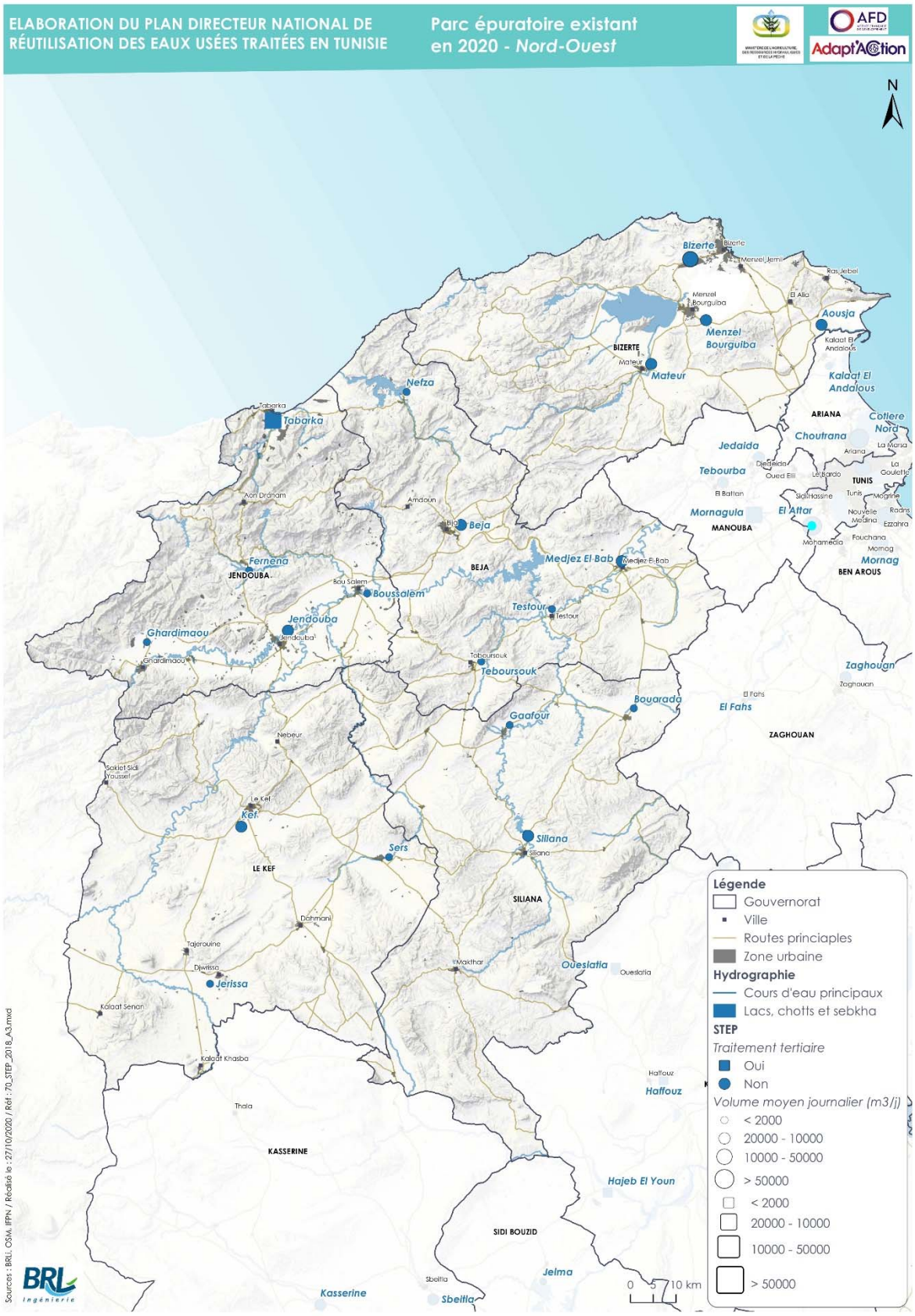
Le flux actuel total d'EUT est de l'ordre de 30 Mm³/an. Il pourrait atteindre plus de 50 Mm³/an en 2050.

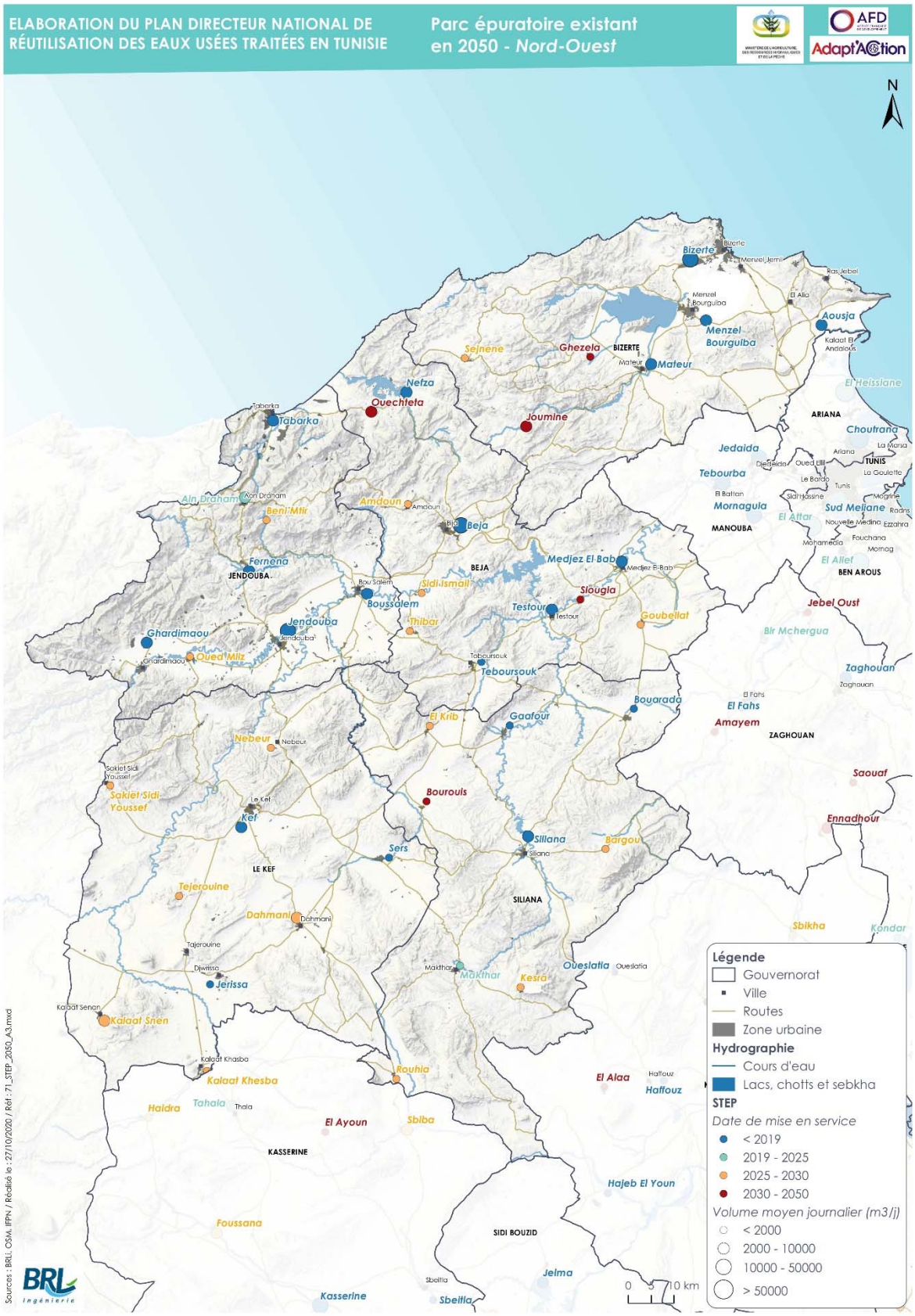
Les cartes associées présentent les STEP existantes et programmées dans la zone Nord-Ouest.

Tableau 119 : Liste des STEP existantes et futures au Nord-Ouest et flux d'EUT aux différents horizons temporels

					Traitement III						Flux total (Mm3/an)					
Région	**Gouvernorat**	**STEP**	**Année de mise en service**	**Année de fin de fonct.**	**2018**	**2020**	**2025**	**2030**	**2040**	**2050**	**2018**	**2020**	**2025**	**2030**	**2040**	**2050**
Nord Ouest	Jendouba	Tabarka	1993		x	x	x	x	x	x	1,2	1,1	1,2	1,2	1,3	1,4
Nord Ouest	Beja	Beja	1994						x	x	2,2	3,5	3,8	4,3	4,6	4,8
Nord Ouest	Beja	Medjez El Bab	1994				x		x	x	0,8	0,8	0,9	1,0	1,1	1,2
Nord Ouest	Jendouba	Jendouba	1994					?	?	?	1,8	1,8	2,1	2,0	2,0	2,2
Nord Ouest	Bizerte	Bizerte	1997				x		x	x	6,0	7,6	8,6	9,5	10,6	11,3
Nord Ouest	Bizerte	Menzel Bourguiba	1997				x		x	x	2,4	3,4	3,8	4,5	5,0	5,3
Nord Ouest	Kef	Kef	1998					?	?	?	1,9	3,6	4,1	3,6	4,1	4,4
Nord Ouest	Beja	Teboursouk	2000				x		x	x	0,3	0,4	0,4	0,4	0,4	0,5
Nord Ouest	Jendouba	Boussalem	2000								0,7	0,7	0,8	0,9	1,0	1,1
Nord Ouest	Siliana	Siliana	2000				?	?	?	?	1,0	1,2	1,6	1,9	2,2	3,1
Nord Ouest	Jendouba	Fernena	2003								0,2	0,1	0,1	0,2	0,2	0,4
Nord Ouest	Jendouba	Ghardimaou	2003								0,6	0,6	0,7	0,8	0,8	0,9
Nord Ouest	Siliana	Gaafour	2003								0,2	0,4	0,4	0,4	0,5	0,5
Nord Ouest	Beja	Testour	2004				x		x	x	0,3	0,5	0,5	0,6	0,6	0,6
Nord Ouest	Bizerte	Mateur	2005				x		x	x	0,8	1,2	1,3	1,5	1,6	1,7
Nord Ouest	Beja	Nefza	2006				x		x	x	0,4	0,2	0,6	0,6	0,8	0,8
Nord Ouest	Bizerte	Aousja	2010				x		x	x	2,0	2,0	2,3	2,6	3,0	3,3
Nord Ouest	Kef	Jerissa	2015								0,1	0,1	0,2	0,2	0,2	0,2
Nord Ouest	Kef	Sers	2016								0,0	0,4	0,5	0,6	0,6	0,7
Nord Ouest	Siliana	Bouarada	2016								0,4	0,7	0,7	0,8	0,8	0,9
Nord Ouest	Jendouba	Ain Draham	2019								0,0	0,0	0,0	0,0	0,4	0,4
Nord Ouest	Siliana	Makthar	2020		x	x	x	x	x	x	0,0	0,0	0,4	0,4	0,5	0,5
Nord Ouest	Bizerte	Utique industrielle	2025				?	?	?	?	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0

					Traitement III						Flux total (Mm3/an)					
Région	Gouvernorat	STEP	Année de mise en service	Année de fin de fonct.	2018	2020	2025	2030	2040	2050	2018	2020	2025	2030	2040	2050
Nord Ouest	Beja	Amdoun	2030					?	?	?	0,0	0,0	0,0	0,1	0,1	0,2
Nord Ouest	Beja	Goubellat	2030					?	?	?	0,0	0,0	0,0	0,1	0,1	0,1
Nord Ouest	Beja	Thibar	2030					?	?	?	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Nord Ouest	Beja	Sidi Ismail	2030					?	?	?	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Nord Ouest	Bizerte	Sejnene	2030					?	?	?	0,0	0,0	0,0	0,2	0,2	0,2
Nord Ouest	Jendouba	Beni Mtir	2030					?	?	?	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Nord Ouest	Jendouba	Oued Mliz	2030					?	?	?	0,0	0,0	0,0	0,1	0,1	0,1
Nord Ouest	Kef	Dahmani	2030					?	?	?	0,0	0,0	0,0	0,6	0,6	0,6
Nord Ouest	Kef	Kalaat Khesb	2030					?	?	?	0,0	0,0	0,0	0,1	0,1	0,1
Nord Ouest	Kef	Kalaat Snen	2030					?	?	?	0,0	0,0	0,0	0,5	0,6	0,8
Nord Ouest	Kef	Nebeur	2030					?	?	?	0,0	0,0	0,0	0,1	0,1	0,1
Nord Ouest	Kef	Sakiet Sidi Yo	2030					?	?	?	0,0	0,0	0,0	0,2	0,2	0,2
Nord Ouest	Kef	Tejerouine	2030					?	?	?	0,0	0,0	0,0	0,6	0,7	0,7
Nord Ouest	Siliana	El Krib	2030					?	?	?	0,0	0,0	0,0	0,2	0,2	0,2
Nord Ouest	Siliana	Rouhia	2030					?	?	?	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Nord Ouest	Siliana	Kesra	2030					?	?	?	0,0	0,0	0,0	0,1	0,1	0,1
Nord Ouest	Siliana	Bargou	2030					?	?	?	0,0	0,0	0,0	0,1	0,1	0,2
Nord Ouest	Beja	Ouechteta	2040						?	?	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	0,1
Nord Ouest	Beja	Slougia	2040						?	?	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	0,1
Nord Ouest	Bizerte	Joumine	2040						?	?	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	0,1
Nord Ouest	Bizerte	Ghezela	2040						?	?	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	0,1
Nord Ouest	Bizerte	Hchechna	2040						?	?	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	0,1
Nord Ouest	Kef	Touiref	2040						?	?	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	0,1
Nord Ouest	Siliana	Bourouis	2040						?	?	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	0,1
Nord Ouest	Siliana	Lâroussa	2040						?	?	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	0,1
										TOTAL FLUX	23	30	35	41	46	50


ELABORATION DU PLAN DIRECTEUR NATIONAL DE RÉUTILISATION DES EAUX USÉES TRAITÉES EN TUNISIE
Parc épuratoire existant en 2020 - Nord-Ouest
AFD
Adapt'Action
N
Bizerte
Menzel Bourguiba
Aousja
Mateur
Nefza
Tabarka
Kalaat El Andalous
Cotiere Nord
Choutrana
Jedaida
Tebourba
Mornaguia
El Attar
Beja
Medjez El Bab
Fernana
Boussalem
Testour
Jendouba
Ghardimaou
Teboursouk
Zaghouan
Bouarada
El Fahs
Gaafour
Siliana
Sers
Le Kef
Jerissa
Oueslatia
Haffouz
Hajeb El Youn
Kasserine
Sbeitla
Jelma
BIZERTE
ARIANA
TUNIS
MANOUBA
BEJA
JENDOUBA
ZAGHOUAN
SILIANA
LE KEF
KASSERINE
SIDI BOUZID
BEN AROUS
Légende
Gouvernorat
Ville
Routes principales
Zone urbaine
Hydrographie
Cours d'eau principaux
Lacs, chotts et sebkha
STEP
Traitement tertiaire
Oui
Non
Volume moyen journalier (m3/j)
< 2000
20000 - 10000
10000 - 50000
> 50000
< 2000
20000 - 10000
10000 - 50000
> 50000
0 5 10 km
Sources : BRLi, OSM, IFPN / Réalisé le : 27/10/2020 / Réf : 70_STEP_2018_A3.mxd
BRL ingénierie


ELABORATION DU PLAN DIRECTEUR NATIONAL DE RÉUTILISATION DES EAUX USÉES TRAITÉES EN TUNISIE
Parc épuratoire existant en 2050 - Nord-Ouest
AFD
Adapt'Action
N
Bizerte
Menzel Bourguiba
Aousja
Ghezela
Mateur
Sejnene
Nefza
Ouechteta
Tabarka
Joumine
Aln Draham
Beni Mtir
Amdoun
Beja
Fernena
Medjez El Bab
Sidi Ismail
Boussalem
Siougla
Testour
Goubellat
Jendouba
Thibar
Ghardimaou
Oued Mliz
Teboursouk
Bouarada
El Krib
Gaafour
Nebeur
Sakiet Sidi Youssef
Kef
Bourouis
Siliana
Bargou
Sers
Tejerouine
Dahmani
Jerissa
Kalaat Snen
Kalaat Khesba
Rouhia
Makthar
Kesra
Oueslatia
El Alaa
Haffouz
Haidra
Tahala
El Ayoun
Sbiba
Hajeb El Youn
Foussana
Kasserine
Sbeitla
Jelma
Sbikha
Kondar
Ennadhour
Saouaf
Amayem
El Fahs
Zaghouan
Jebel Oust
Bir Mchergua
El Allef
Sud Meliane
Mornaguia
Tebourba
Jedaida
Choutrana
El Heissiane
ARIANA
TUNIS
MANOUBA
BEN AROUS
ZAGHOUAN
BEJA
JENDOUBA
LE KEF
SILIANA
KASSERINE
SIDI BOUZID
Légende
Gouvernorat
Ville
Routes
Zone urbaine
Hydrographie
Cours d'eau
Lacs, chotts et sebkha
STEP
Date de mise en service
< 2019
2019 - 2025
2025 - 2030
2030 - 2050
Volume moyen journalier (m3/j)
< 2000
2000 - 10000
10000 - 50000
> 50000
0 5 10 km
Sources : BRLi, OSM, IFPN / Réalisé le : 27/10/2020 / Réf : 71_STEP_2050_A3.mxd
BRL ingénierie

En termes de salinité, aucune STEP du Nord-Ouest ne présente des salinités en sortie incompatibles avec des usages de réutilisation des EUT comme le montre le tableau ci-dessous.

Tableau 120 : Salinité des eaux en sortie des STEP de la zone Nord Ouest pour l'année 2017 (ONAS, 2017)

STEP	Volume d'EUT produit (m3/an)	Taux de salinité en sortie de STEP (g/L)	Part du flux d'EUT en fonction des classes de salinité	Part du flux d'EUT en fonction du seuil de salinité 3 g/L
Tabarka	996 000	0,8	23%	82%
Beja	1 901 000	0,8		
Ghardimaou	543 000	0,8		
Nefza	348 000	0,9		
Medjez El Bab	948 000	0,9		
Fernena	156 000	0,9		
Testour	299 000	1,0		
Boussalem	705 000	1,1	31%	
Sers	127 000	1,1		
Jendouba	1 684 000	1,2		
Kef	1 892 000	1,2		
Gaafour	186 000	1,3		
Teboursouk	314 000	1,4		
Aousja	1 868 000	1,4		
Jerissa	55 000	1,9		
Bizerte	6 156 000	2,2	28%	
Siliana	838 000	-	18%	18%
Bouarada	257 000	-		
Menzel Bourguiba	2 989 000	-		

FLUX INDUSTRIELS NON RACCORDES

Le CADRIN de l'ONAS inventorie **74 industries non raccordées au réseau d'assainissement collectif**, dont 60 % dans le gouvernorat de Bizerte. Parmi ces industries, la majorité sont des industries agro-alimentaires (laiteries, abattoirs) et des industries textiles. **Seulement 10 d'entre elles réalisent des prétraitements**. Les milieux de rejets des effluents sont surtout des oueds ou la mer. Le tableau ci-dessous est un extrait du CADRIN de l'ONAS concernant la région du Nord-Ouest. Il indique les industries où le volume rejeté a été pu être estimé (ce qui est le cas de très peu d'industries) et est supérieur à 1 000 m^3/an.

Tableau 121 : Industries non raccordées au réseau d'assainissement collectif où le volume de rejet est évalué (ONAS, 2019)

Secteur d'activité	Prétraitement réalisé	Milieu de rejet	Volume rejeté (m^3/an)
Fabrication de carreaux en céramique	Oui	Milieu naturel	3 500
Fabrication de composants électroniques	Non	Milieu naturel	2 200
Fabrication industrielle de vêtements	Non	Milieu naturel	1 500
Fabrication de panneaux de bois	Non	Milieu naturel	1 100

15.1.2 Un bilan hydrique régional excédentaire et bien supérieur à l'offre en EUT

CLIMAT

La zone du Nord-Ouest est caractérisée par une pluviométrie plus importante que la moyenne nationale. De par sa situation et ses caractéristiques naturelles, cette région est le « château d'eau de la Tunisie ». Elle contribue à combler le déficit en eau du Grand Tunis et des régions du Sahel. Elle dispose d'un climat humide (DGRE, 2019). En moyenne sur la période 1980-2009, **le cumul annuel de précipitation est de 570 mm/an (±170 mm/an)** (CHPclim, 2020).

D'après les projections climatiques du CMIP4 et du CMIP5, la zone Nord-Ouest du pays serait davantage touchée que la façade Est du littoral par une réduction de la pluviométrie à l'horizon 2050. En effet, la **diminution des précipitations serait comprise entre -10% et -20%** (BPEH, 2019)**.** L'élévation de température pourrait aller jusqu'à **+2,5°C** (avec une marge d'incertitude importante) à l'horizon 2050 dans le cadre du scénario d'émission le plus pessimiste, à savoir le RCP 8.5.

EAU DE SURFACE

Hydrologie

La zone du Nord-Ouest couvre la totalité de la région hydrographique 3, l'extrême Nord et l'Ichkeul, ainsi qu'une grande partie de la région hydrographique n°5, à savoir le haut et moyen bassin de la Medjerdah. D'après les analyses et les modélisations hydrologiques de la troisième phase de l'étude CRET, les écoulements sur la zone du Nord-Ouest représentent de 80 à 100 mm/an. En outre la même étude indique que l'écoulement moyen sur la zone hydrographique n°5 du bassin de la Medjerdah, s'élève à 43 mm/an, soit un **volume écoulé annuellement de plus de 1 000 Mm^3/an**. A partir des données de l'étude EAU 2050, on estime que l'écoulement annuel des eaux de surface serait plutôt de l'ordre de 1 670 Mm^3/an.

Les projections climatiques indiquent que les écoulements superficiels dans la zone du Nord-Ouest et Bizerte pourraient diminuer de **-5% à -10% à l'horizon 2050** (BPEH, 2019) dans le scénario le plus pessimiste (RCP 8.5).

Ouvrages de stockage

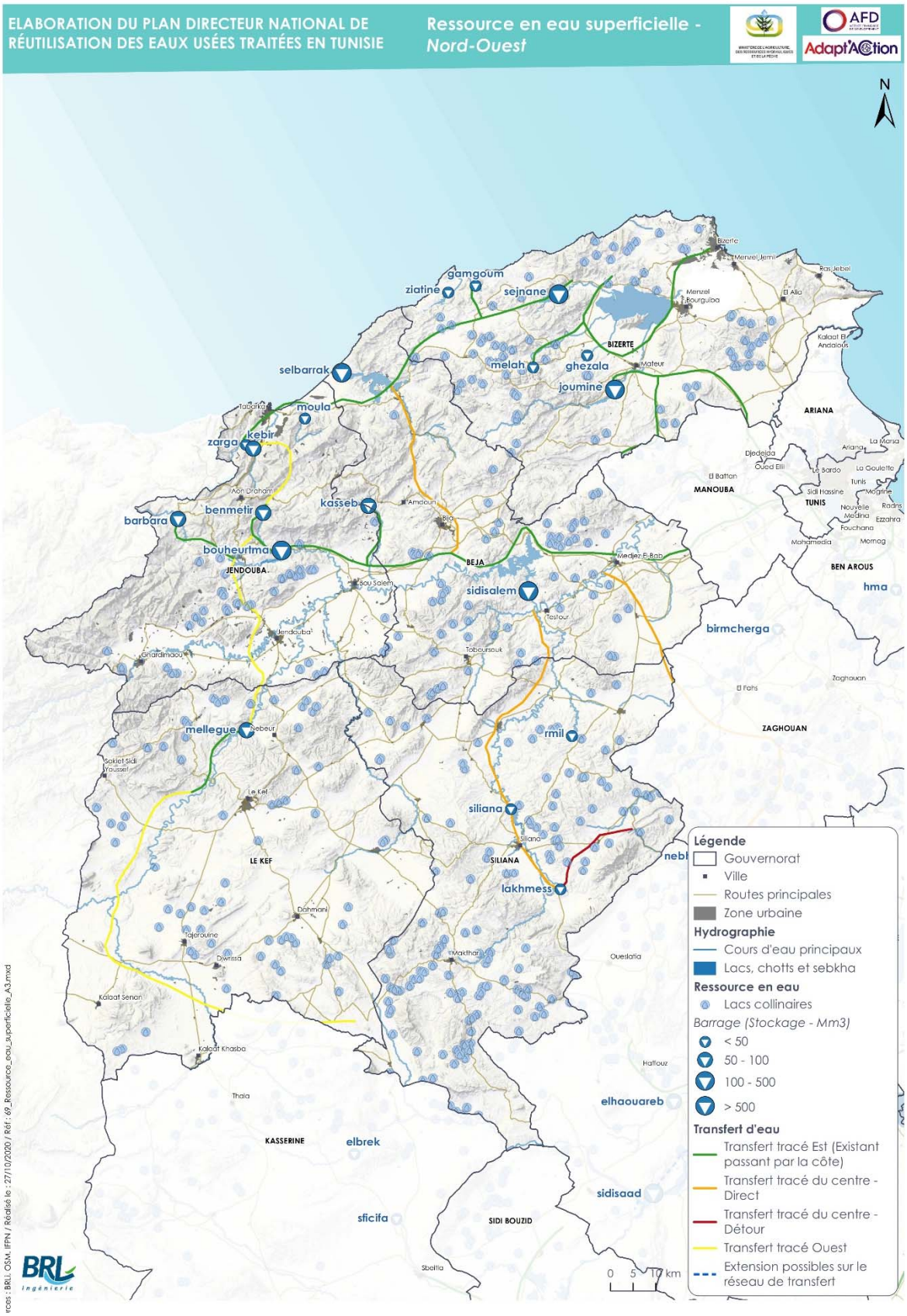
La zone du Nord-Ouest compte **403 barrages collinaires** pour une capacité totale de stockage de **39 Mm^3**. La capacité de ces retenues s'étend de 10 000 à 400 000 m^3. En ce qui concerne les grands barrages, la zone du Nord-Ouest compte **19 barrages en service**. La capacité de stockage actuelle cumulée sur tous ces barrages est de **1 750 Mm^3**. Parmi les 19 barrages, on trouve le plus grand de Tunisie, à savoir le **barrage de Sidi Salem**. Ce dernier fait face à un problème majeur d'envasement. Sa capacité de stockage est passée de **814 Mm^3** lors de sa mise en service en 1981, à **580 Mm^3** actuellement, soit une **réduction de 29% de sa capacité**. Ce problème d'envasement de la retenue est également problématique pour le barrage de Mellegue qui a perdu 80% de sa capacité de stockage.

Transferts

La région du Nord-Ouest est **globalement excédentaire**, c'est-à-dire que ses besoins en eau sont inférieurs aux ressources en eau disponibles naturellement sur son territoire. **Elle exporte vers les autres régions** une grande partie de ses ressources en eau de surface. L'eau est exportée via deux axes de transfert : d'une part les **eaux de l'Extrême Nord** (principalement via les barrages de Sidi El Barrack, Sejnene et Joumine), et d'autre part les **eaux de la Medjerdah** (mobilisées grâce au barrage de Sidi Salem). On estime ainsi, que **la zone Nord-Ouest exporte entre 750 et 1000 Mm^3/an** vers les autres zones (principalement Grand Tunis, Cap Bon et Sahel). Ces volumes exportés incluent une part importante de pertes dues au transfert (fuites, infiltrations, évaporations). Ces transferts d'eau bénéficient également à l'intérieur de la zone elle-même, puisque l'alimentation en eau de la ville de Bizerte bénéficie des eaux du barrage Joumine. De même, le Lac Ichkeul bénéficie d'un transfert depuis le barrage Melah.

De façon globale, les ressources en eau des transferts de l'extrême Nord et des transferts de la Medjerdah devraient avoir tendance à diminuer à l'horizon 2050 avec les effets du changement climatique, de l'ordre de -5% (scénario RCP4.5) à -10% (scénario RCP8.5).

La carte ci-dessous reprend la localisation des ouvrages de stockage des eaux superficielles et des tracés des transferts pour la zone du Nord-Ouest.


ELABORATION DU PLAN DIRECTEUR NATIONAL DE RÉUTILISATION DES EAUX USÉES TRAITÉES EN TUNISIE
Ressource en eau superficielle - Nord-Ouest
AFD
Adapt'Action
N
gamgoum
ziatine
sejnane
selbarrak
melah
ghezala
joumine
moula
kebir
zarga
barbara
benmetir
kasseb
bouheurtma
sidisalem
mellegue
rmil
siliana
lakhmess
nebl
birmcherga
hma
elhaouareb
elbrek
sidisaad
sficifa
BIZERTE
ARIANA
MANOUBA
TUNIS
BEJA
JENDOUBA
LE KEF
SILIANA
KASSERINE
ZAGHOUAN
BEN AROUS
Légende
Gouvernorat
Ville
Routes principales
Zone urbaine
Hydrographie
Cours d'eau principaux
Lacs, chotts et sebkha
Ressource en eau
Lacs collinaires
Barrage (Stockage - Mm3)
< 50
50 - 100
100 - 500
> 500
Transfert d'eau
Transfert tracé Est (Existant passant par la côte)
Transfert tracé du centre - Direct
Transfert tracé du centre - Détour
Transfert tracé Ouest
Extension possibles sur le réseau de transfert
0 5 10 km
BRL ingénierie

EAUX SOUTERRAINES

Sur la zone du Nord-Ouest, on dénombre **47 nappes phréatiques**. Les principales nappes phréatiques en termes de ressources sont celles de la haute et moyenne vallée de la Medjerdah. Mais les nappes phréatiques les plus exploitées sont celles de Ras Jebel, Guenniche et Aousja - Ghar El Meleh. Pour l'ensemble des 47 nappes, **le volume de ressources en eau pouvant être exploité de façon durable est de 129 Mm^3/an**. Or, en 2015 **le volume total exploité sur ces 47 nappes est de 115 Mm^3**. Il y a donc une exploitation globale équilibrée des ressources en eau souterraine, puisque le taux global d'exploitation atteint 89%. Néanmoins, cette vision globale cache des disparités à l'échelle des nappes. La nappe de Aousja - Ghar El Meleh est la nappe qui fait face au plus haut taux de surexploitation (200% en 2015). Cette nappe est très sollicitée pour l'irrigation des cultures maraîchères d'hiver et d'été. Cette surexploitation a engendré une augmentation de la salinité allant de 4 à 6 g/L sur la bordure de la lagune de Garâat Zouaouine (DGRE, 2016, p. 52).

Par ailleurs, en termes de qualité des eaux souterraines, la plupart des nappes connaissent des épisodes de forte salinité au-dessus de 4 g/L. Mais contrairement, aux autres zones de la Tunisie, il subsiste encore des nappes dont la salinité demeure très faible (<2 g/L). C'est le cas par exemple des nappes Ouchtata (Gouvernorat de Béja), de l'oued Sejnane et du Haut Joumine (gouvernorat de Bizerte).

Les nappes profondes représentent des ressources potentielles à hauteur de 194 Mm^3, exploitée à seulement 40 %.

EXPLOITATION DES EAUX

Dans la situation actuelle, **les prélèvements en eau** tous usages confondus dans la zone du Nord-Ouest représentent un volume total de **386 Mm^3/an**.

Les prélèvements pour l'**AEP** s'élève en 2018 à **96 Mm^3/an**. Ces prélèvements permettent l'alimentation en eau potable de la population des gouvernorats de Béja, Bizerte, Jendouba, Le Kef et Siliana, soit environ 1,76 millions d'habitants en 2020. A l'horizon 2050, la population de la zone est projetée à 2,0 millions d'habitants. Si la consommation unitaire devait rester identique, la consommation en eau potable représenterait alors environ **110 Mm^3/an**. Actuellement les besoins en eau potable du Nord-Ouest sont satisfaits grâce à la mobilisation des eaux de surface de la zone (67 Mm^3/an), le reste des besoins étant satisfaits grâce à des forages (29 Mm^3/an).

75% (±5%) des prélèvements en eau sont destinés à l'irrigation des cultures, soit environ **290 Mm^3**. Comme les ressources en eau de surface sont abondantes dans cette zone, près de **65% de l'eau d'irrigation au Nord-Ouest est issue des eaux de surface**. Le reste de l'irrigation est alimentée à partir de puits et de forages des nappes d'eau souterraine.

La **recharge des nappes au Nord-Ouest** est très peu pratiquée (**0,4 Mm^3/an**). Cette recharge est réalisée à partir de transferts internes des eaux de surfaces.

VUE D'ENSEMBLE DES RESSOURCES EN EAU DU NORD OUEST ET DE LEURS USAGES ACTUELS ET POSITIONNEMENT DU POTENTIEL DE LA REUT

Situation actuelle et potentiel 2050

Le tableau ci-dessous établit à grand trait le bilan hydrique actuel du Nord-Ouest en synthétisant les apports annuels renouvelables et les prélèvements. Il ajoute aussi à ce bilan la réduction potentielle du déficit actuel si 100 % des EUT étaient réutilisées. L'exercice est réalisé pour les horizons 2020 et 2050.

Nord-Ouest ***Situation actuelle***	Apports annuels renouvelables (Mm3)	Prélèvements effectifs (Mm3)	Usages (Mm3)				*Déficit* ***sans REUT*** *(Mm3)*	REUT		*Déficits* ***avec REUT*** *(Mm3)*	
			AEP	IRR	Recharge	Transfert CMCB		REUT - Dispo Pot 2020	REUT - Dispo Pot 2050		Part REUT / Déficit
Ecoulement	*1 022*	**25**		25							
dont stock. barrages coll.	**39**	**5**		5			***0***				
dont stock. grds barrages	**1 744**	**1 225**	67	158	0,4	1 000	***0***				
Nappes phréatiques	**129**	**54**		54			***0***				
Nappes profondes	**194**	**74**	29	45			***0***				
Divers	**3**	**3**		3			***0***				
Bilan Ress. Ren. - Usages 2020	**2 110**	**1 386**	96	290	0,4	1 000	***0***	30		***0***	/
Bilan Ress. Ren. - Usages 2050	**2 110**	**1 406**	116	290	0	1 000	***0***		50	***0***	/
				Part REUT / Usages				**2%**	**4%**		

La zone du Nord-Ouest n'est pas déficitaire, bien que ce bilan régional puisse masquer des **états de surexploitation hydrique locaux** (nappes souterraines au Kef ou sur le littoral de Bizerte par exemple). Une exploitation de la REUT à son plein potentiel actuel (**30 Mm³**) correspondrait à seulement **2 % des prélèvements actuels** pour les usages en eau.

Les 2 tableaux ci-dessous reprennent le bilan en situation actuelle en y **intégrant des projections climatiques selon 2 scénarios de changement climatique différents** : le scénario 4.5 qui induirait une réduction modérée des ressources en eau et le scénario 8.5 qui induirait une plus forte réduction de ces ressources.

Projections climatiques – RCP 4.5 2050

Nord-Ouest *CC - RCP 4.5 2050*	Apports annuels renouvelables (Mm3)	**Prélèvements effectifs (Mm3)**	Usages (Mm3)				*Déficit* ***sans REUT*** *(Mm3)*	REUT		*Déficits* ***avec REUT*** *(Mm3)*	
			AEP	IRR (+5%)	Recharge	Transfert CMCB (+5%)		REUT - Dispo Pot 2020	REUT - Dispo Pot 2050		Part REUT / Déficit
Ecoulement (-5%)	*971*	**26**	0	26	0	0	*0*				
dont stock. barrages coll.	**37**	**5**	0	5	0	0	***0***				
dont stock. grds barrages	**1 657**	**1 297**	81	166	0	1 050	***0***				
Nappes phréatiques	**123**	**57**	0	57	0	0	***0***				
Nappes profondes	**184**	**82**	35	47	0	0	***0***				
Divers	**3**	**3**	0	3	0	0	***0***				
Bilan Ress. Ren. - Usages 2050	**2 004**	**1 470**	116	304	0	1 050	***0***	30	50	***0***	/
				Part REUT / Usages				**2%**	**3%**		

D'après le scénario 4.5, à l'horizon 2050, les apports annuels renouvelables du Nord-Ouest tendent à baisser **(-5% pour les ressources locales**) et les besoins pour l'irrigation (à surfaces constantes) tendent à augmenter **(+5%)** – du fait de la hausse de l'évapotranspiration. La combinaison de ces tendances **dégrade le bilan hydrique de la zone qui reste cependant excédentaire.**

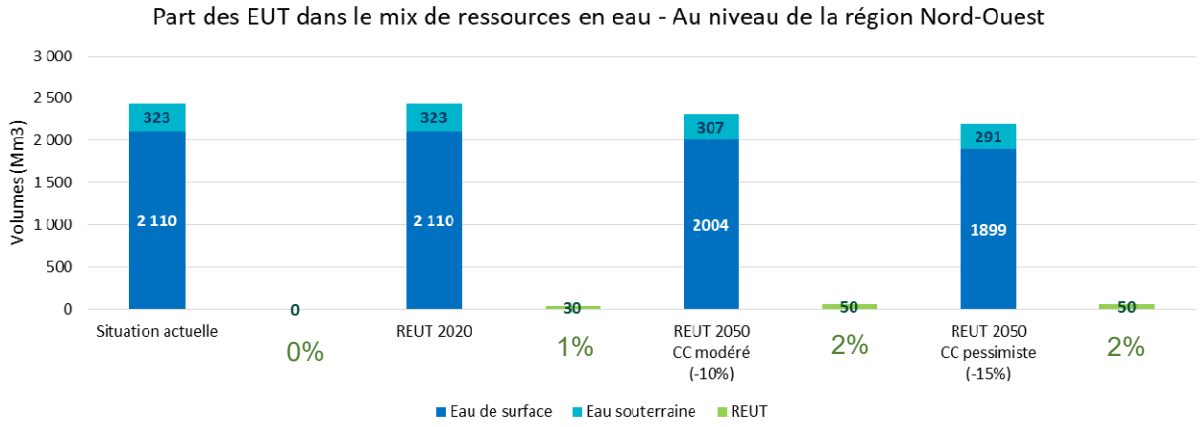
Projections climatiques – RCP 8.5 2050

Nord-Ouest *CC - RCP 8.5 2050*	Apports annuels renouvelables (Mm3)	Prélèvements effectifs (Mm3)	Usages (Mm3) AEP	IRR (+10%)	Recharge	Transfert CMCB (+10%)	*Déficit sans REUT (Mm3)*	REUT - Dispo Pot 2020	REUT - Dispo Pot 2050	*Déficits avec REUT (Mm3)*	Part REUT / Déficit
Ecoulement (-10%)	*920*	28	0	28	0	0	*0*				
dont stock. barrages coll.	35	5	0	5	0	0	*0*				
dont stock. grds barrages	1 570	1 355	81	174	0	1 100	*0*				
Nappes phréatiques	116	59	0	59	0	0	*0*				
Nappes profondes	175	84	35	50	0	0	*0*				
Divers	3	3	0	3	0	0	*0*				
Bilan Ress. Ren. - Usages 2050	1 899	1 535	116	291	0	1 100	*0*	30	50	*0*	/
				Part REUT / Usages				2%	3%		

D'après le scénario 8.5, à l'horizon 2050, les tendances s'amplifient, à la baisse **(-20% pour les ressources locales)** comme à la hausse (**+10% pour les besoins pour l'irrigation**, à surfaces constantes). La combinaison de ces tendances **dégrade le bilan hydrique de la zone qui reste cependant excédentaire.** Même en considérant un scénario de changement climatique qui prévoit une forte réduction des ressources en eau, **le potentiel de REUT reste très marginal en comparaison des ressources conventionnelles de la région.**

Les graphes ci-dessous résument à l'échelle du Nord-Ouest **la part des EUT dans le bilan global des ressources en eau de la région** selon différentes situation : la situation actuelle (0 Mm^3 réutilisés), la situation potentielle si 100 % des EUT actuelles étaient réutilisées et la situation en 2050 selon les 2 scenarios de projections climatiques.

Figure 99 : Part des EUT dans le mix de ressources en eau (haut) et dans le déficit (bas) à l'échelle du Nord Ouest



15.2 CONTEXTE SOCIO-ECONOMIQUE AU NORD-OUEST ET SES PERSPECTIVES D'EVOLUTION D'ICI 2050 EN LIEN AVEC LA REUT. QUELLE ACCEPTABILITE SOCIALE POUR LA REUT AUPRES DES USAGERS POTENTIELS ?

15.2.1 Des réticences à développer l'agriculture irriguée avec les EUT liées à la disponibilité des eaux conventionnelles et à la qualité des EUT

PLACE DU SECTEUR AGRICOLE AU NORD OUEST

Le Nord-Ouest constitue **la principale région agricole du pays** grâce à ses **ressources hydriques** et son **potentiel forestier** (31,5% de la SAU nationale). Elle possède le quart des meilleures terres agricoles du pays, avec notamment la Vallée de la Medjerdah. L'ensemble de ces potentialités confèrent à la région des atouts pour participer à la sécurité alimentaire du pays et à l'exportation de produits agricoles. La région du Nord-Ouest est la **principale zone céréalière du pays**, avec près de **la moitié de la production nationale** (20 % dans le Gouvernorat de Beja). **L'arboriculture fruitière à forte valeur ajoutée** s'est développée avec l'aménagement de vastes vergers dans les plaines de la moyenne et de la Haute Medjerdah et dans le Haut Tell. La région participe aussi dans la production nationale maraîchère, de viande et de lait. L'activité d'élevage s'est développée avec **l'intensification des cultures fourragères dans les périmètres irrigués**. Elle est pratiquée comme source de revenu complémentaire. Ainsi, plus de 60 % des exploitants agricoles sont éleveurs, en particulier chez les céréaliculteurs. La région, malgré la baisse relative dans la dynamique d'irrigation dans le pays, représente **20% de la SAU irriguée nationale**.

Cependant, le capital de ressources naturelles de la région est soumis à des pressions diverses telles que **l'extension des villes au détriment des terres agricoles, la surexploitation des nappes du Haut Tell, l'envasement des barrages et donc la baisse de leur capacité de stockage**.

Les 2 cartes ci-dessous sont issues de la carte agricole de la Tunisie. Elles présentent différentes familles de cultures : arboriculture – céréales et fourrages. Pour chacune d'elles, les périmètres irrigués sont indiqués par un zonage rouge. Elles permettent ainsi d'illustrer l'occupation des terres agricoles pour la zone du Nord-Ouest et de croiser ces éléments avec la localisation des STEP existantes et projetées.

Figure 100 : Zone Nord Ouest : Carte agricole – Carte 1 : arboriculture et périmètres irrigués (en rouge)

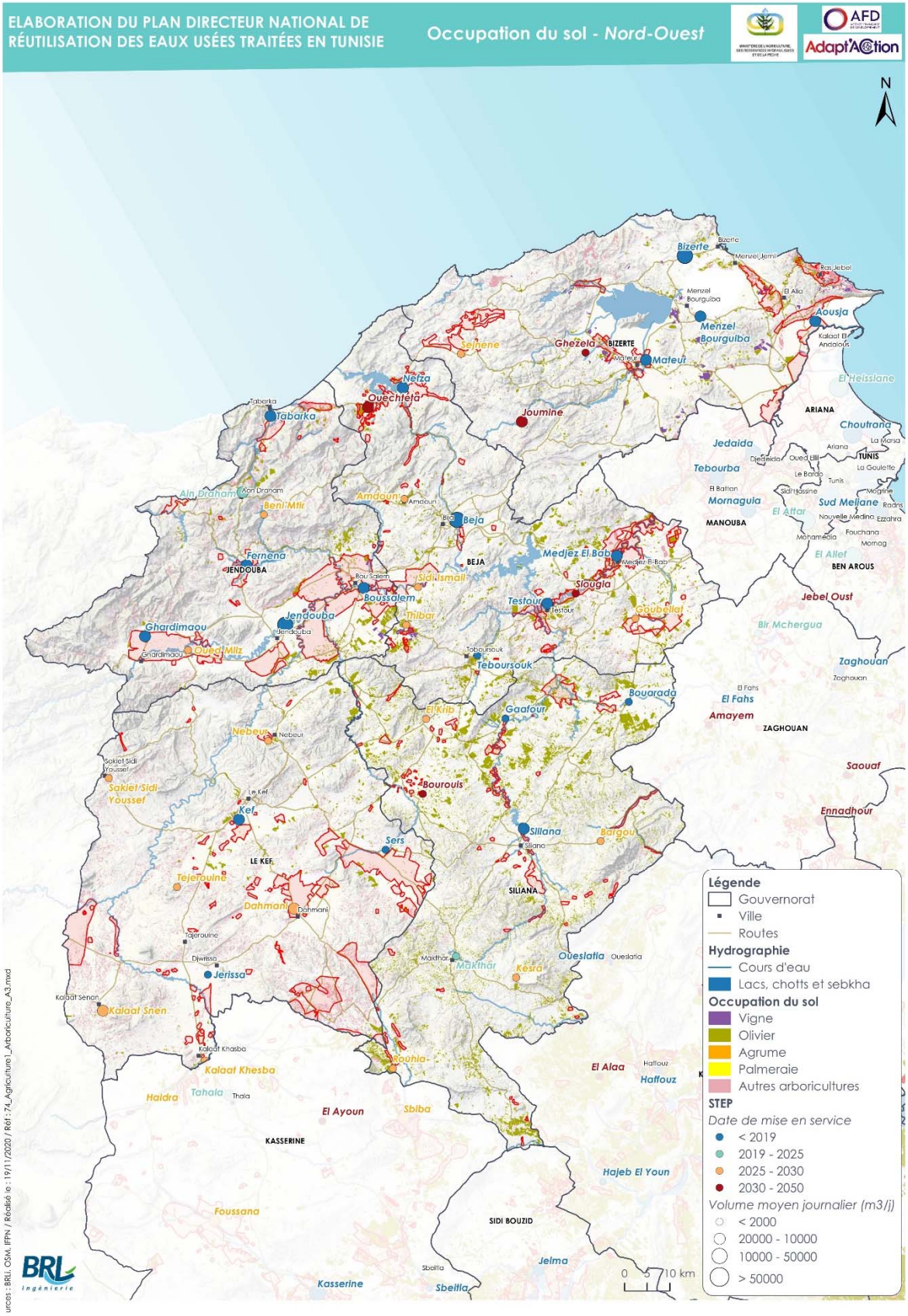


Figure 101 : Zone Nord Ouest : Carte agricole – Carte 2 : Céréales (en jaune) et fourrages (en violet), périmètres irrigués (en rouge)



PERSPECTIVES AGRICOLES ET PROJETS DE REUT

Il n'y a pas de création de périmètres irrigués avec les EUT projetée à court terme pour la région du Nord-Ouest. Cependant, **le CRDA de Beja a prévu de réhabiliter les 3 PPI utilisant des EUT existants du gouvernorat** (Jedidi, Teboursouk et Bouteffaha) comme indiqué lors des enquêtes. Leur exploitation s'était arrêtée en 2011 suite à la destruction des équipements de pompage. La reprise de ces PPI est cependant conditionnée par l'amélioration de la qualité des EUT produites par les STEP.

Concernant les perspectives agricoles pour la région, on peut indiquer les évolutions récentes suivantes qui risquent de se poursuivre au moins à moyen terme :

- **L'introduction de l'irrigation d'appoint pour les cultures céréalières ;**
- Une accélération du **développement de l'arboriculture fruitière** avec l'extension des **superficies irriguées** grâce au recours de la moyenne et de la petite hydraulique ;
- Un **accroissement des superficies maraîchères dans le Nord de la région ;**
- Un **net accroissement des superficies fourragères** avec le **développement de l'élevage bovin.**

Sur le plus long terme, les actions préconisées par le Schéma Directeur d'Aménagement de la région économique du Nord-Ouest (DGAT, 2010) sont les suivantes :

- Un **développement de l'agriculture irriguée** avec la mobilisation maximale de la grande hydraulique. L'augmentation de la disponibilité des ressources en eau a des objectifs multiples : **sécurité alimentaire nationale** avec la diminution de la vulnérabilité aux conditions climatiques des céréales, **maintien des populations rurales** et **meilleure compétitivité des périmètres** pour l'exploration et la transformation ;
- La **conservation des ressources souterraines pour l'AEP** (notamment pour les villes situées au sud de la région et pour les zones rurales) ;
- Le **développement de la REUT** en parallèle de l'extension du parc épuratoire.

MATURITE DE LA DEMANDE POUR LA REUT DANS LE SECTEUR AGRICOLE

Près de 44 agriculteurs aux profils variés (agriculture irriguée, mixte ou pluviale) ont été interrogés, répartis dans les 5 gouvernorats de la région. Les périmètres installés dans la région dans les années 2000 ne sont plus exploités aujourd'hui. La **disponibilité de ressources conventionnelles** dont l'eau pluviale et la **qualité des EUT distribuées non conformes aux normes de réutilisation** ont fait naître des **réticences auprès des agriculteurs**, comme l'ont montré les enquêtes.

A Jendouba, une tentative avait été lancée dans les années 2000 pour créer un PPI mais les agriculteurs ont de suite refusé le projet. Les contaminations des eaux de la Medjerdah par les eaux usées (DGEQV, 2018) peuvent en partie expliquer ces craintes (voir partie 15.3 sur les conséquences environnementales des rejets d'eaux usées). Les EUT des STEP de Jendouba, Boussalem, Fernana et Ghardimaou sont de toute façon exploitées indirectement via des pompages dans l'Oued Medjerdah qui est leur milieu de rejet. De même, le PPI existant sur la STEP du Kef a aussi soulevé un refus total dès le début de son exploitation suite à des EUT de qualité non conforme. Des bénéficiaires n'ont plus utilisé leurs puits de surface de peur de la contamination de la nappe phréatique. **Les mauvaises expériences passées et les problèmes environnementaux liés aux rejets d'eaux usées sur certaines zones impactent donc durablement l'acceptabilité d'usagers potentiels concernant la valorisation agricole des EUT.**

A quelques kilomètres de la STEP du Kef, les enquêtes ont permis d'enregistrer des demandes d'agriculteurs intéressés par les EUT dans la localité de Naïma. Ainsi, les difficultés pour trouver des ressources hydriques dans le gouvernorat motivent d'autres agriculteurs à exploiter les EUT (autre exemple au niveau de la STEP de Jerissa où un agriculteur exploite par pompage les EUT en aval de la STEP). En effet, **le bilan hydrique des dernières années et la prise de conscience des impacts du changement climatique interpellent les agriculteurs**. Ils commencent à chercher des ressources alternatives dans les régions les plus dépourvues en eau. C'est le cas par exemple au niveau du PPI sur les EUT de Sidi Ahmed dans le gouvernorat de Bizerte et des 3 PPI du gouvernorat de Beja où les agriculteurs ne se sont pas montrés réticents à la reprise de leur exploitation, à condition que la qualité des EUT fournies soit améliorée.

Au niveau de Bizerte, les irrigants de la région d'Utique se sont aussi montrés favorables à la REUT pour **l'irrigation de fourrages** pour leurs élevages bovins. En effet, **leurs superficies irriguées, alimentées par les Eaux du Nord, n'ont concerné que 1/5 de leurs périmètres exploitables ces dernières années**. De plus, dans cette région, de nombreuses terres domaniales sont disponibles et pourraient être valorisées avec l'exploitation des EUT avec l'implantation de SMVDA et ou jeunes agriculteurs.

La carte ci-dessous synthétise les résultats des enquêtes pour les différentes sous zones du Nord-Ouest (le découpage en sous-zone utilisé sur cette carte est présenté plus bas au paragraphe 15.4)

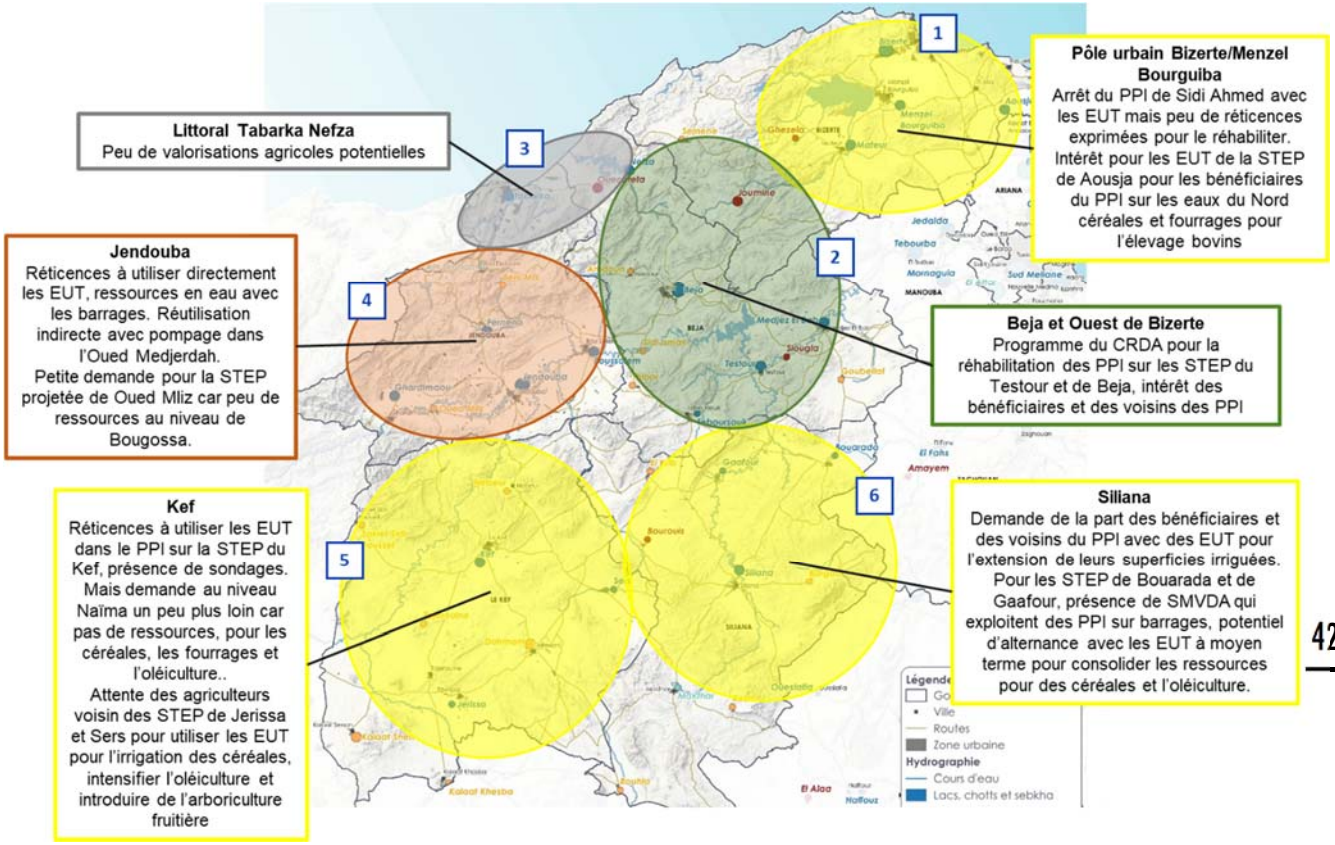


Figure 102 : Niveaux d'acceptabilité des agriculteurs à exploiter les EUT en fonction des sous zones du Nord Ouest

15.2.2 Un secteur industriel réparti sur les 5 gouvernorats, avec un pôle majeur à Bizerte

PLACE DU SECTEUR INDUSTRIEL DANS LE NORD OUEST

L'activité industrielle du Nord-Ouest se concentre surtout au niveau du **pôle industriel de Bizerte**, notamment à Menzel Bourguiba et avec le centre agro-industriel de Mateur. L'appareil productif est en cours de renforcement au niveau d'Utique et Sejnene. **L'industrie textile** est aussi très présente dans le gouvernorat, elle représente près de 33% des entreprises.

En plus du pôle industriel de Bizerte, des zones industrielles sont réparties sur les 4 autres gouvernorats, composées majoritairement d'**industries agro-alimentaires** et d'**industries des matériaux de construction, de la céramique et du verre** (extraction de marbre, cimenteries, etc.). Il a été estimé que **4,8 Mm³/an d'eaux industrielles étaient rejetées dans les cours d'eau de la Medjerdah** (DGEQV, 2018). Ces rejets concernent surtout des **industries agro-alimentaires** (laiteries, huileries, conserveries de tomates et sucreries) ainsi que des **industries textiles.**

Actuellement, les zones industrielles ont recours à de l'eau potable fournie par la SONEDE et à des ressources propres (puits, forages, etc.). Au niveau des chiffres de la SONEDE, **l'usage industriel représente 2,4 Mm^3 par an** (ODNO, 2018).

PERSPECTIVES INDUSTRIELLES

D'après les projections de l'AFI, les superficies des zones industrielles vont augmenter significativement, les portants de **740 ha à environ 1 040 ha**, ce qui augmentera la demande sur les ressources en eau (APII, 2019). Ces aménagements concerneront particulièrement le gouvernorat de Jendouba (218 ha).

Les secteurs de l'agro-alimentaire et de l'extraction de substances utiles risquent de continuer à se développer vu les ressources de la région. Dans le **gouvernorat du Kef, une unité d'extraction de phosphates est en étude à Sra Ouertane**. Ses besoins en eau seraient de **35 Mm^3/an**. Son démarrage, prévu en 2030, va donc fortement dépendre de la disponibilité des ressources en eau de la région.

15.2.3 Un secteur touristique axé sur le littoral qui cherche à se diversifier

PLACE DU SECTEUR TOURISTIQUE AU NORD OUEST

Les **potentialités touristiques de la région sont variées** (tourisme balnéaire, écologique, de santé, valorisation de l'artisanat local, etc.) bien qu'elles ne soient que peu exploitées à ce jour. En effet, la capacité hôtelière des zones touristiques existantes est de **9 000 lits, soit 4 % de la capacité du pays**. Le tourisme s'est surtout développé sur le littoral avec le **pôle urbain de Bizerte** et la **zone touristique de Tabarka** au nord du gouvernorat de Jendouba. Les quantités d'eau potable consommées par le tourisme sont très réduites à l'instar de l'activité touristique elle-même.

D'après une analyse sous SIG d'images satellitaires de Google Earth réalisée dans le cadre de la présente étude, **la superficie des espaces verts existants** (sans le golf) **est réduite** pour les principales zones touristiques avec **24 ha pour Bizerte et de 15 ha à Tabarka.**

Comme vu lors de la phase de Diagnostic, il existe actuellement **un terrain de golf** au Nord-Ouest : celui de **Tabarka, d'une superficie de 110 ha** et alimenté par la STEP de la ville de Tabarka sur 45 ha. D'après les enquêtes, en période estivale, **les eaux distribuées par la STEP ne sont pas toujours suffisantes pour répondre aux besoins du Golf.**

PROSPECTIVES TOURISTIQUES

L'AFT a pour projet d'aménager **2 nouvelles zones touristiques** (AFT, 2020) :

- la zone touristique de **Sidi Salem,** qui sera une extension de celle existante de Bizerte avec 1 200 nouveaux lits ;
- la zone touristique de **Zouaraa**, sur le littoral du Gouvernorat de Beja, pour une capacité de 5 000 lits.

Nous estimons que ces zones ne seront pas aménagées avant le moyen terme (2030). D'après les enquêtes auprès des hôteliers de la région, les extensions des capacités hôtelières des zones existantes et des superficies des espaces verts ne sont pas encore à l'ordre du jour des gestionnaires au vu du contexte touristique actuel.

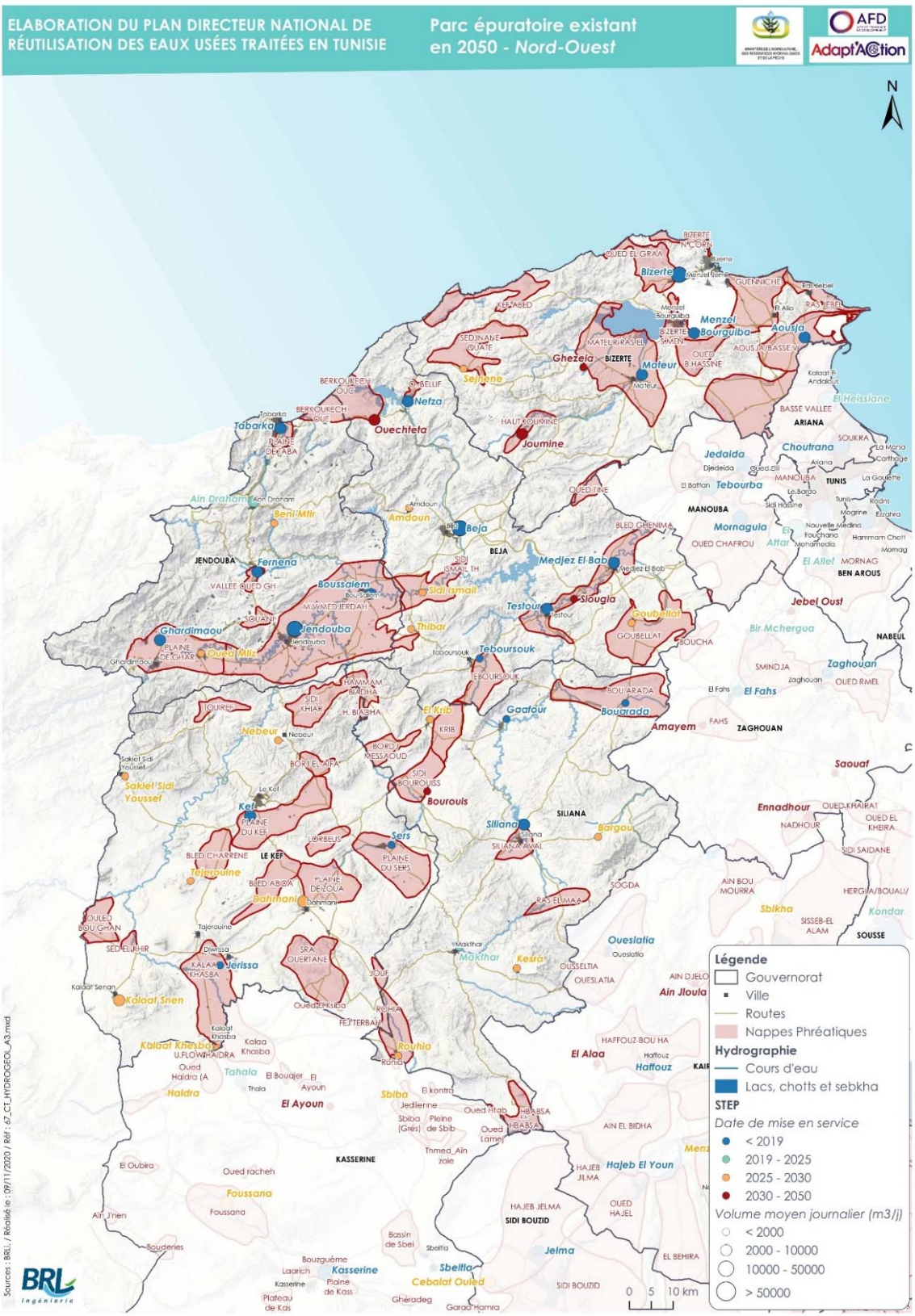
De plus, **il est prévu d'aménager 1 golf dans la nouvelle zone touristique projetée de Zouaraa** (AFT, 2020).

15.2.4 Un potentiel faible de réutilisation pour des usages urbains

Globalement dans la région, les responsables municipaux ne recherchent pas de ressources alternatives en eau au vu des ressources disponibles, bien qu'ils n'aient pas exprimé de réticences à la REUT, notamment pour l'irrigation des espaces verts. La **municipalité de Bizerte** par exemple, dispose de **30 espaces verts** couvrant une superficie de **16 ha irrigués** exclusivement partir des eaux potables de la SONEDE. La **municipalité du Kef** quant à elle comprend **10 ha d'espaces verts** irrigués à partir des eaux potables de la SONEDE et de 2 forages. Le **renforcement des espaces verts** - qui représentent aujourd'hui des superficies très faibles à l'échelle des municipalités - **et l'embellissement des villes associé -** est une des actions citées dans le SDA de la région économique du Nord-Ouest (DGAT, 2010). L'objectif fixé est d'arriver à un minimum de **15 m²/habitants** dans les villes afin **d'améliorer la qualité de vie des populations.**

15.2.5 Quelques possibilités de recharge de nappes avec les EUT, localisées au Kef et à Bizerte

La carte ci-dessous met en regard les STEP et les différentes nappes phréatiques du Nord-Ouest.



7 nappes phréatiques sont surexploitées dans la région du Nord-Ouest. Le déficit cumulé s'élève à 18 Mm^3/an. La nappe d'Aousja dans le gouvernorat de Bizerte accuse le plus fort déficit (7 Mm^3).

Dans cette région, on peut citer **2 nappes phréatiques qui sont rechargées artificiellement par des eaux conventionnelles** (DGRE, 2017) :

- La **nappe de Ras Jebel** (taux d'exploitation 133%) :, cette nappe est rechargée à partir des **eaux d'un barrage collinaire**. 6 sites de recharge, répartis sur la frange côtière, sont des **puits d'infiltration**. Un autre site expérimental est **l'ancienne carrière de sable** Sidi El Guebbari. Entre 1992 et 2015, un volume total de **9 Mm^3** a été injecté (très variable en fonction des années), ce qui s'est traduit par des impacts positifs sur la nappe : **augmentation du niveau piézométrique, amélioration de la qualité des eaux et contribution à la lutte contre l'intrusion marine.**
- La **nappe de Oued Guenniche** (taux d'exploitation de 173%) : cette nappe est rechargée par des **eaux de surface** via des **bassins d'infiltration**. Le volume total rechargé entre 1999 et 2015 est de **6 Mm^3**. Bien que ce volume soit réduit, il a eu **impact positif sur le niveau piézométrique de la nappe.**

Les renseignements sur ces sites de recharges, les données actuelles sur l'état quantitatif et qualitatif des nappes phréatiques, les études antérieures sur la recharge de nappe avec les EUT et la localisation des STEP existantes et projetées ont permis de dresser le tableau ci-dessous. Il synthétise les recharges possibles par des EUT (liste de STEP avec les flux d'EUT produites aux différents horizons) pour les différentes nappes pour lesquelles une recharge est jugée potentiellement utile.

Les quelques nappes retenues comme potentiellement rechargeables au vu du contexte hydrogéologique et foncier sont **les nappes surexploitées du gouvernorat du Kef (Bled Abida et Bled Charène) et du gouvernorat de Bizerte (Aousja, Ras Jebel et Oued Guenniche).**

Tableau 122 : Liste des STEP associées à chaque nappe et potentiel de recharge par les EUT

Nappe	Enjeux auxquels pourrait répondre la recharge*					STEP pouvant être utilisées pour la recharge de la nappe	Contexte pour la recharge**		Production EUT 2018 (Mm^3)	Production EUT 2050 (Mm^3)	Ratio recharge potentielle / déficit quantitatif		Technique de recharge proposée	Usages indirects possibles
	Lutte contre l'intrusion du biseau salé (barrière hydraulique)	*Amélioration de la qualité des eaux de la nappe (dilution)*	*Fin d'un rejet en mer ou dans une zone sensible*	*Augmentation de la quantité d'eau disponible pour un usage indirect*	*Amélioration de la gestion de l'eau avec un stockage intersaisonnier hors période d'irrigation*		*Hydrogélogique*	*Foncier*			2020	2050		
Bled Abida (déficit de 0.7 Mm^3)		X	X	X	X	Dahmani	Favorable	Favorable	0	0.6	0%	91%	Bassins d'infiltration	Agriculture
Bled Charène (déficit de 0.4 Mm^3)		X	X	X	X	Tajerouine	Favorable	Favorable	0	0.7	0%	200%	Bassins d'infiltration	Agriculture
Ras Jebel (déficit de – 2.75 Mm^3)	X	X	X	X		Aousja	Favorable	Favorable	2	3.3	73%	120%	Carrière de sable + bassins d'infiltration	Agriculture
Oued Guenniche (déficit de – 5.5 Mm^3)	X	X	X	X	X	Menzel Bourguiba	Favorable	Favorable	3.4	5.2	62%	95%	Bassins d'infiltration	Agriculture
Aousja (déficit de – 7 Mm^3)	X	X	X	X	X	Aousja	Favorable	Favorable	2	3.3	29%	47%	Bassins d'infiltration	Agriculture

15.3 IMPACTS ACTUELS DES REJETS D'EAUX USEES SUR L'ENVIRONNEMENT ET LES ACTIVITES SOCIO-ECONOMIQUES DANS LA ZONE DU NORD-OUEST

L'objectif de cette partie est de dresser un inventaire global des principaux rejets d'eaux usées qui impactent actuellement l'environnement et/ou des activités socio-économiques. Cet inventaire a été enrichi par les acteurs locaux lors des entretiens régionaux et de l'atelier de concertation de la zone Nord-Ouest qui a eu lieu le 8 avril 2021.

15.3.1 De nombreuses sources de pollution dans les cours d'eau de la Medjerdah qui expliquent les craintes sur la qualité des EUT

La zone du Nord-Ouest comprend la majorité du **bassin versant de la Medjerdah** en Tunisie. Une étude menée par la DGEQV en 2018 a permis d'identifier les **sources de pollution** de ce bassin versant et de mettre en œuvre un programme intégré de dépollution (DGEQV, 2018). Cet inventaire comprend les **rejets hydriques des eaux urbaines** (**traitées ou brutes) ainsi que les rejets industriels non raccordés au réseau d'assainissement**. D'autres sources sont aussi inventoriées comme les drainages agricoles ou les déchets solides. Certains cours d'eau ont été identifiés comme fortement pollués tels que **l'oued Beja**, **l'oued Kasseb**, **l'oued Ghezala** et **certains tronçons de l'oued Medjerdah.** Cette pollution s'accentue en période de sécheresse quand les polluants sont plus concentrés.

Il a été estimé que le bassin versant de la Medjerdah recevait près de **32 Mm³/an d'eaux usées domestiques (brutes et traitées)** (DGEQV, 2018). **12 STEP y rejettent actuellement**. En cas de dysfonctionnements de ces STEP, il y a des risques de pollutions microbiologiques qui vont affecter le milieu récepteur et les activités prélevant directement dans l'oued. De plus, **44 communes déversent des eaux usées domestiques brutes dans les cours d'eau ou dans les nappes phréatiques** (puits perdus).

Lors de l'atelier de concertation pour la zone du Nord-Ouest, les directions régionales de l'environnement présentes ainsi que les CRDA ont cité des **STEP où les disfonctionnements sont récurrents de par la vétusté de leurs équipements** : STEP du Kef, Siliana, Jendouba, Beja… Il a aussi été question des **rejets illicites d'abattoirs** en amont des STEP (Beja et Siliana). Ces problématiques participent à la **réduction de la confiance des acteurs dans la qualité des EUT produites**. Des craintes ont même été formulées sur **l'impact potentiel des EUT sur la qualité des eaux conventionnelles**, que ce soit les eaux des barrages situés en aval des STEP (barrage de Sidi Salem pour la STEP de Beja ou barrage de Siliana pour la STEP du même nom) ou les nappes phréatiques.

De plus, s'ajoute aux eaux usées domestiques des rejets industriels non raccordés au réseau d'assainissement et sans prétraitement. Il a été estimé que **4,8 Mm³/an d'eaux industrielles étaient rejetées dans les cours d'eau de la Medjerdah** (DGEQV, 2018). Ces rejets concernent surtout des **industries agro-alimentaires** (laiteries, huileries, conserveries de tomates et sucreries) ainsi que des **industries textiles.**

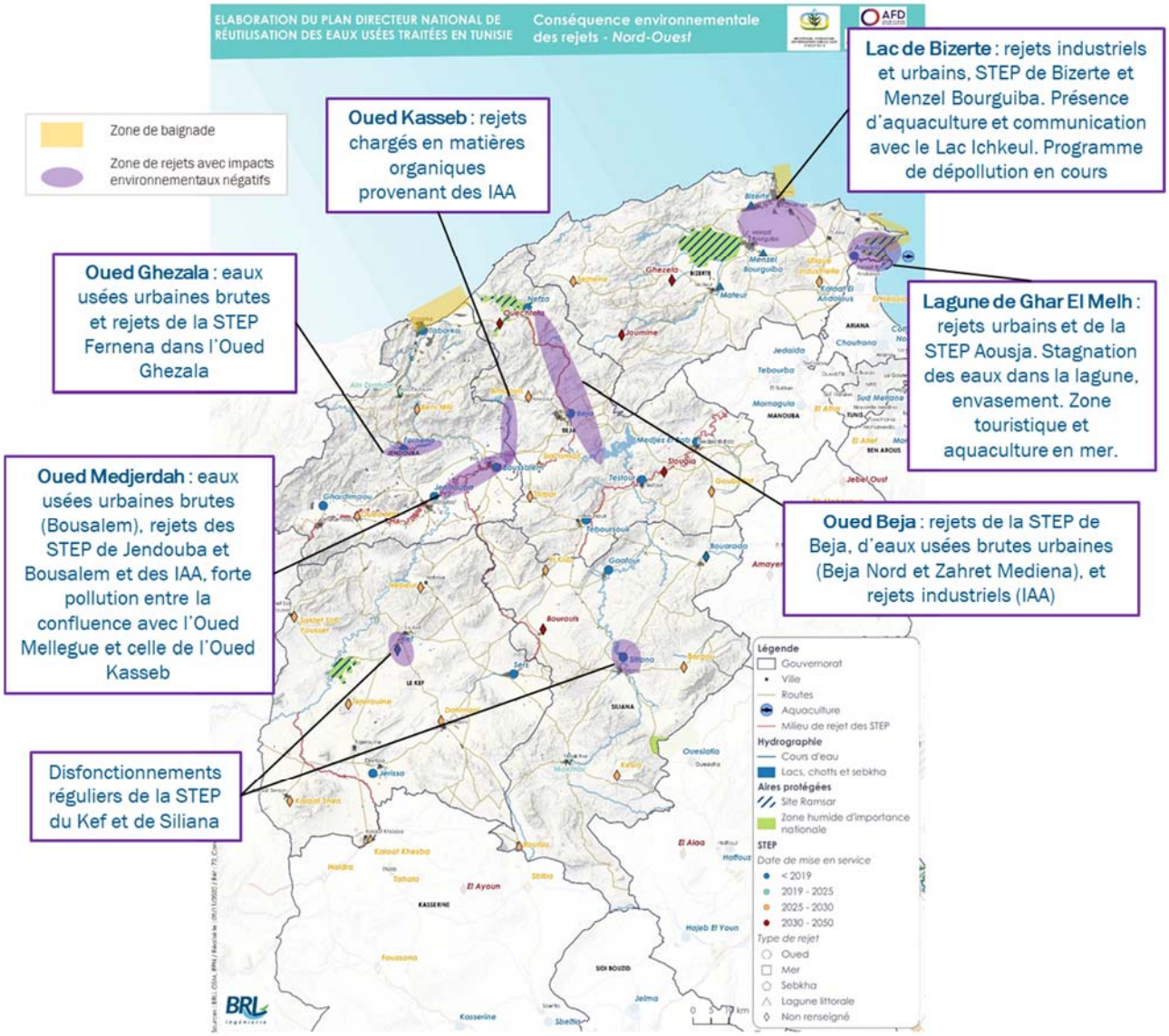
Dans cette région, au regard des différentes rejets hydriques affectant les eaux de surface, **les EUT sont plutôt perçues comme une source de pollution qu'une ressource potentielle.** Bien qu'il y ait des réticences à la REUT, il faut aussi noter qu'il existe des **exploitations illicites des eaux usées brutes ou traitées** qui ont été déclarées lors des entretiens régionaux à Jendouba, au Kef et à Bizerte. Ce paradoxe illustre la diversité des salutations locales dans cette région en termes d'accès aux eaux conventionnelles et aux perceptions des agriculteurs des EUT.

15.3.2 Des rejets dans les lagunes littorales à surveiller

2 lagunes littorales dans le gouvernorat de Bizerte reçoivent des rejets hydriques urbains et industriels :

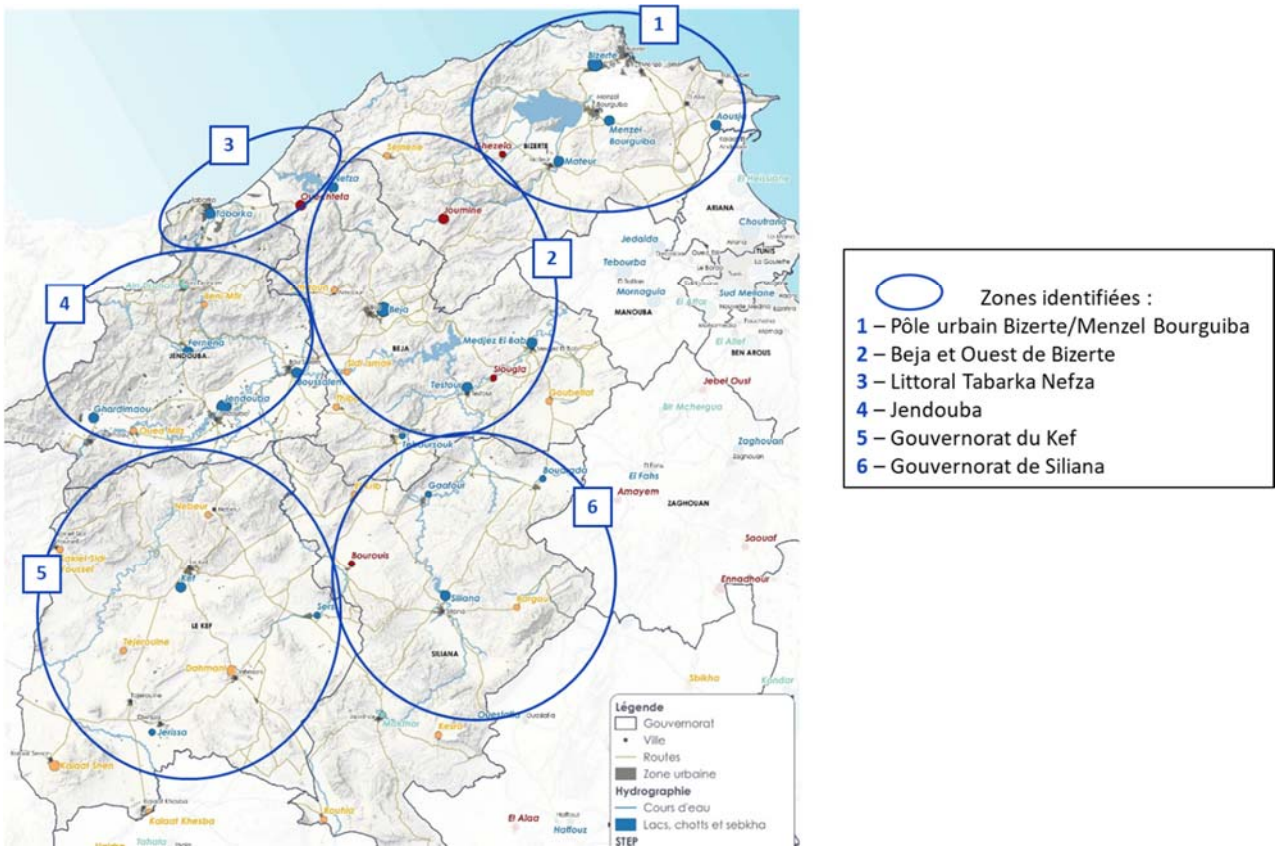
- Le **lac de Bizerte**, pour lequel un **programme de dépollution** est en cours. Les interventions concernent notamment la maîtrise des rejets industriels et la mise à niveau des STEP de Bizerte, Menzel Bourguiba et Mateur (BEI, 2013).
- La **lagune de Ghar El Melh**, soumise à l'eutrophisation sous l'effet des rejets terrestres. Elle est notamment le milieu récepteur de la STEP de Aousja (Moussa, Baccar, & Ben Khemis, 2005).

La carte ci-après synthétise les problématiques environnementales liées aux rejets d'eaux usées dans la zone du Nord-ouest.



15.4 VALORISATIONS POSSIBLES DES EUT EN FONCTION DES DIFFERENTS CONTEXTES TERRITORIAUX DU NORD-OUEST

Le territoire du Nord-Ouest (gouvernorats de Bizerte, Beja, Jendouba, Kef et Siliana) a été découpé en pratique en 6 sous-zones cohérentes en termes d'assainissement, de contexte environnemental et socio-économique, indiquées sur la carte suivante :



L'inventaire des valorisations possibles des EUT présentées dans cette partie a été alimenté par **l'atelier de concertation régional** qui a eu lieu le 8 avril 2021. Cet atelier a été l'occasion d'échanger avec les acteurs du territoire sur les valorisations des EUT à privilégier dans chacune des sous zones étudiées.

15.4.1 Sous zone 1 : Pôle urbain de Bizerte et Menzel Bourguiba

Ressources en eau

Les besoins en eau sont importants pour alimenter cette zone urbaine de Bizerte. **Les ressources souterraines sont surexploitées**, notamment 3 nappes phréatiques : Aousja – Ghar El Meleh, Oued Guenniche et Ras Jebel. Le **déficit total s'élève à 15,3 Mm³/an.**

Le potentiel de REUT est significatif avec 13 Mm³ produits en 2020 et 20 Mm³ en 2050.

Agriculture

L'agriculture de la sous zone est diversifiée, à la fois **en sec** (polyculture – élevage) et **en irrigué** (dominance des cultures maraichères). Cependant, la **pression foncière est forte sur les terres agricoles** pour étendre le pôle urbain de Bizerte et **les ressources en eau des barrages ne sont plus suffisantes pour alimenter l'ensemble des périmètres irrigués.**

Autres activités économiques

Cette zone est le **pôle industriel majeur de la région** et rassemble de nombreuses zones industrielles (Zarzouna, Utique, Menzel Bourguiba, Tinja, etc.). La **zone touristique de Bizerte** s'étend sur le littoral avec une petite capacité hôtelière de 4 000 lits, dont une extension de 1 200 lits est prévue.

Environnement

Un **soutien hydrologique du lac d'Ichkeul** est effectué afin de sauvegarder les écosystèmes de ce parc naturel national protégé. L'apport d'eau est effectué par **lâchers des eaux des barrages** de Joumine, Sejnene et Ghezala depuis 1995. Les apports recommandés sont de **80 à 120 Mm³/an** (ANPE, 2008). Cependant, **les apports ont été seulement de 87 Mm³** sur la période de 1995 à 2007.

Quant à la **lagune de Ghar El Meleh**, elle a subit une réduction considérable de l'apport des eaux continentales avec la déviation des eaux de la Medjerdah et l'aménagement de lacs collinaires. Le déficit est estimé à **14 Mm³/an** (EAU 2050). La STEP de Aousja rejette dans cette lagune.

Le tableau ci-dessous liste les idées de valorisations des EUT possibles pour le pôle urbain de Bizerte et Menzel Bourguiba, idées établies à l'issue des entretiens et enquêtes régionaux ainsi qu'au regard du contexte qui vient d'être exposé.

Tableau 123 : Possibilités de valorisation des EUT pour la sous zone 1 : pôle urbain de Bizerte et Menzel Bourguiba

Idées de valorisation des EUT	Traduction des flux d'EUT en valorisations potentielles
Idée 1.a : Réhabilitation du PPI existant avec des EUT *PPI Sidi Ahmed*	174 ha aménagés pour fourrages (élevage bovin) Si exploitation, utilisation de 19 % des EUT de la STEP de Bizerte en 2020, 12 % en 2050
Idée 1.b : Substitution des eaux conventionnelles pour l'irrigation *Substitution par des EUT (ou mélange avec ces EUT) des eaux de barrage pour l'irrigation des périmètres existants*	Part de la superficie irriguée actuellement, substituable, en utilisant 100% du potentiel EUT 2020 et 2050 : Arboriculture (dont oliviers) : 90 % en 2020 (1 900 ha), 120 % en 2050 (2 500 ha) Céréales : 4x les superficies irriguées en 2020 (7 200 ha), 5x en 2050 (9 600 ha) Fourrages : 3x les superficies irriguées en 2020 (1 600 ha), 4x en 2050 (2 200 ha)
Idée 1.c : Développement du maraichage avec les EUT *Substitution par des EUT des eaux de barrage pour l'irrigation des périmètres maraîchers existants*	Part de la superficie irriguée actuellement, substituable, en utilisant 100% du potentiel EUT 2020 et 2050 : Maraichage : 55 % en 2020 (2 200 ha), 73 % en 2050 (2 900 ha)
Idée 1.d : Recharge des nappes de Aousja, Oued Guenniche et Ras Jebel *Aménagement des oueds pour favoriser l'infiltration ou utilisation des sites existants pour les eaux conventionnelles*	Si utilisation à 100 % des EUT de la STEP de Aousja : réduction du déficit de la nappe de Aousja de 30 % en 2020 et de 47 % en 2050 ou réduction du déficit de la nappe de Ras Jebel de 74 % en 2020 et de 120 % en 2050 Si utilisation à 100 % des EUT de la STEP de Menzel Bourguiba : réduction du déficit de la nappe de Oued Guenniche de 62 % en 2020 et de 96 % en 2050

Idées de valorisation des EUT	Traduction des flux d'EUT en valorisations potentielles
Idée 1.e : Usages industriels *Traitement et réutilisation des eaux usées industrielles en circuit fermé* *Utilisation de la STEP de Menzel Bourguiba pour la cimenterie El Fouledh*	Actions prévues dans le cadre du programme de dépollution du Lac de Bizerte pour limiter les rejets industriels Cimenterie El Fouledh : 156 000 m^3/an prélevés dans les nappes, soit 5 % des EUT de la STEP de Menzel Bourguiba en 2020, 3 % en 2050
Idée 1.f : Valorisation environnementale par soutien hydrologique de zones humides *Lac Ichkeul et lagune de Ghar El Melh*	Pour le Lac Ichkeul, apport entre 9 et 13 % des besoins en eaux écologiques par les STEP de Bizerte et Menzel Bourguiba en 2020, entre 13 et 21 % en 2050 Pour la lagune de Ghar El Melh, apport de 14 % des besoins en eaux écologiques par la STEP de Aousja en 2020, entre 24 % en 2050

On discute ci-après de l'opportunité de ces différentes idées de valorisations des EUT au regard du contexte territorial.

Une **première orientation possible** serait de **remplacer les eaux de barrages par les EUT dans des périmètres existants** pour irriguer des fourrages pour développer l'élevage bovin, ou de l'arboriculture. Le périmètre irrigué avec les EUT abandonné de **Sidi Ahmed** pourrait être réhabilité afin de valoriser l'existant. A plus long terme, avec une amélioration des traitements des STEP, **l'autorisation de l'irrigation des cultures maraîchères** pourrait être envisagée au regard de l'occupation du sol de la sous zone.

Une **deuxième possibilité** serait de dédier les flux d'EUT à des **usages environnementaux**. **La recharge de nappe** est possible afin de limiter l'intrusion du biseau salé marin dans les nappes littorales surexploitées, recharge qui est déjà pratiquée avec des eaux conventionnelles. Cet usage a d'ailleurs été plébiscité par les acteurs lors de l'atelier de concertation régional au vu de l'état critique de ces nappes, tant en termes quantitatifs que quantitatifs. **Du soutien hydrologique aux zones humides de Ichkeul et Ghar El Melh** est aussi envisageable, avec l'assurance que la qualité des rejets soit compatible avec les exigences de ces milieux naturels. Pour le lac Ichkeul, cela nécessiterait de modifier les lieux de rejets des STEP de Bizerte et de Menzel Bourguiba, qui rejettent actuellement dans le lac de Bizerte.

Connaissant les impacts des activités industrielles dans le lac, une solution préconisée dans le programme de dépollution est le **recyclage des eaux en circuit fermé pour les principales industries** (cimenterie El Fouledh, STIR, SCB, etc.).

15.4.2 Sous zone 2 : Beja et Ouest de Bizerte

Ressources en eau

Cette sous zone regroupe **9 grands barrages** d'une capacité actuelle totale de **1 300 Mm^3**, dont le plus grand du pays (Sidi Salem). Les eaux souterraines ne sont pas surexploitées.

Le potentiel de REUT est faible mais en augmentation avec la création de nouvelle STEP projetées. La production d'EUT, **de 6 Mm3 en 2020, passera à 9,5 Mm^3 en 2050**.

Agriculture

Cette zone est la **première région productrice en blé** au niveau national. C'est aussi une zone **fourragère et d'oliveraies en sec**. Dans les **périmètres irrigués, la production maraichère** est importante.

Le tableau ci-dessous liste les idées de valorisations des EUT possibles pour la sous zone de Beja et de l'Ouest de Bizerte, idées établies à l'issue des entretiens et enquêtes régionaux ainsi qu'au regard du contexte qui vient d'être exposé.

Tableau 124 : Possibilités de valorisation des EUT pour la sous zone 2 : Beja et Ouest de Bizerte

Idées de valorisation des EUT	Traduction des flux d'EUT en valorisations potentielles
Idée 2.a : Réhabilitation des PPI existants avec des EUT *PPI de Bouteffaha, Medjez El Bab et Teboursouk*	Bouteffaha : 354 ha aménagés pour grandes cultures. Si exploitation, utilisation de 18 % des EUT de la STEP de Beja en 2020, 13 % en 2050 Medjez El Bab : 100 ha aménagés pour des oliviers ? Si exploitation, utilisation de 36 % des EUT de la STEP de Medjez El Bab en 2020, 31 % en 2050 Teboursouk : 60 ha aménagés pour des oliviers. Si exploitation, utilisation de 44 % des EUT de la STEP de Testour en 2020, 38 % en 2050
Idée 2.b : Substitution des eaux conventionnelles pour l'irrigation *Substitution par des EUT (ou mélange avec ces EUT) des eaux de barrage pour l'irrigation des périmètres existants*	Part de la superficie irriguée actuellement, substituable, en utilisant 100% du potentiel EUT 2020 et 2050 : Arboriculture (dont oliviers) : 24 % en 2020 (900 ha), 31 % en 2050 (1 200 ha) Grandes cultures : 28 % en 2020 (3 500 ha), 37 % en 2050 (4 600 ha)
Idée 2.c : Création de nouveaux PI proches des STEP *Arboriculture, fourrages, irrigation d'appoint pour les céréales*	Nouveaux PI potentiels, en utilisant 100% des EUT : Oliviers : en 2020, 2 100 ha ; en 2050, 2 800 ha Fourrages : en 2020, 800 ha ; en 2050,1 000 ha

Au regard du caractère agricole de la sous zone, **l'irrigation directe semble la possibilité de REUT la plus évidente**. La priorité serait la **réhabilitation des périmètres existants** dans les zones de Bouteffaha, Medjez El Bab et Teboursouk, comme discuté avec le CRDA de Beja lors des entretiens régionaux et de l'atelier de concertation. Vu les possibilités de recours aux eaux conventionnelles par les agriculteurs (eaux de barrage ou eaux pluviales), les valorisations possibles restantes dépendront **des opportunités qui se dégageront STEP par STEP** : apports complémentaires dans des périmètres irrigués existants ou création de nouveaux périmètres pour l'irrigation de fourrages, d'arbres fruitiers ou de céréales.

15.4.3 Sous zone 3 : Littoral de Tabarka à Nefza

Ressources en eau :

Le littoral du Nord-Ouest de Tabarka à Nefza est la sous zone avec la **plus forte pluviométrie du pays** (800 à 1 200 mm/an). Le **potentiel de REUT est très faible** au regard des autres ressources en eau avec **1,3 Mm^3 produits en 2020 et 2,3 Mm^3 en 2050.**

Agriculture

Les **surfaces agricoles sont réduites** dans cette zone entre plaines littorales marécageuses et zones montagneuses. **La céréaliculture est dominante**. On peut néanmoins noter l'introduction récente des agrumes dans la délégation de Tabarka.

Tourisme

Cette zone est la **principale zone touristique de la région du Nord-Ouest** avec le pôle balnéaire de **Tabarka** où un golf est alimenté par les EUT. Une zone touristique est aussi projetée à **Zouaraa** avec un autre golf.

Le tableau ci-dessous liste les idées de valorisations des EUT possibles pour le littoral de Tabarka à Nefza, idées établies à l'issue des entretiens et enquêtes régionaux ainsi qu'au regard du contexte qui vient d'être exposé.

Tableau 125 : Possibilités de valorisation des EUT pour la sous zone 3 : littoral de Tabarka à Nefza

Idées de valorisation des EUT	Traduction des flux d'EUT en valorisations potentielles
Idée 3.a : Création de nouveaux PI proches des STEP *Arboriculture, fourrages, irrigation d'appoint pour les céréales*	Nouveaux PI potentiels, en utilisant 100% des EUT : Oliviers : en 2020, 70 ha ; en 2050, 260 ha Fourrages : en 2020, 30 ha ; en 2050, 100 ha
Idée 3.b : Irrigation des golfs *1 existant et 1 projeté*	Utilisation de 100 % des EUT de la STEP de Tabarka en 2020 et quantité insuffisante, potentiel d'utilisation de 100 % aussi en 2050 Si irrigation de 1 golf à Zouaraa, utilisation de 70 % des EUT de la STEP de Nefza en 2050

Les opportunités de valorisations agricoles étant limitées, la vocation touristique de la sous zone tend à dédier les EUT à **l'irrigation des golfs**. Les EUT restantes pourront aider à développer **des espaces verts municipaux** afin d'améliorer le cadre de vie. Cependant, il est à noter que le Golf de Tabarka ne reçoit déjà pas assez d'EUT en période de pointe.

15.4.4 Sous zone 4 : Jendouba

Ressources en eau

La pluviométrie dans la sous zone de Jendouba est abondante comparé au reste du pays. **5 Grands barrages sont aménagés et 3 autres sont en phase d'étude**. Les ressources souterraines ne sont pas surexploitées. **Le potentiel de REUT est faible avec 3,2 Mm³ produits en 2020 et 5 Mm³ en 2050.**

Agriculture

Les **grandes cultures en sec sont dominantes** et **l'irrigation d'appoint** est en cours de développement afin de pallier les aléas climatiques. Arrive ensuite **l'arboriculture** et notamment les oliviers, ainsi qu'une introduction récente des agrumes. Il existe des **déficits fourragers** pour les petits et moyens élevages bovins.

Le tableau ci-dessous liste les idées de valorisations des EUT possibles pour la sous zone de Jendouba, idées établies à l'issue des entretiens et enquêtes régionaux ainsi qu'au regard du contexte qui vient d'être exposé.

Tableau 126 : Possibilités de valorisation des EUT pour la sous zone 4 : Jendouba

Idées de valorisation des EUT	Traduction des flux d'EUT en valorisations potentielles
Idée 4.a : Création de nouveaux PI à proximité des STEP *Irrigation d'appoint des céréales et oliviers, fourrages*	Nouveaux PI potentiels, en utilisant 100% des EUT : Oliviers : en 2020, 740 ha ; en 2050, 1 150 ha Fourrages : en 2020, 280 ha ; en 2050, 430 ha
Idée 4.b : Rejets dans l'oued Medjerdah et ses affluents, utilisations indirectes en agriculture	

L'acceptabilité sociale pour la REUT est faible dans cette sous zone vu l'accessibilité à des ressources conventionnelles. D'ailleurs, le niveau d'exploitation des infrastructures hydrauliques est lui-même faible pour l'agriculture malgré les ressources disponibles. **Les opportunités de d'irrigation directe avec les EUT seront donc limitées**. Des opportunités locales peuvent cependant apparaître en agriculture ou pour le reboisement : pour la zone de Oued Mliz par exemple, les enquêtes ont identifiées l'intérêt des agriculteurs pour réutiliser les EUT de la future STEP. Le bassin versant de la Medjerdah est le milieu récepteur des EUT de la sous zone, elles peuvent être donc **valorisées de manière indirecte via les pompages dans l'oued.** La priorité pour cette sous zone reste **la conformité des rejets d'EUT afin de limiter la pollution de la Medjerdah.**

15.4.5 Sous zone 5 : Gouvernorat du Kef

Ressources en eau

Les ressources en eau du gouvernorat du Kef sont moindres par rapport au reste de la région Nord-Ouest. 1 seul grand barrage est présent d'une capacité de 51 Mm^3. Les ressources souterraines ne sont exploitées qu'à hauteur de 70 % mais cela cache certaines disparités locales, comme pour les **nappes de Bled Abida et Bled Charène qui sont surexploitées** à hauteur respectivement de 172 % et 136 %. De plus, ces nappes sont contaminées par des polluants agricoles (DGEQV, 2018), ce qui a entrainé des interdictions de création de nouveaux puits de surface sur certaines zones. **Le potentiel de REUT est faible avec 4 Mm^3 en 2020 et 8 Mm^3 en 2050.**

Agriculture

La céréaliculture est dominante dans ce gouvernorat, puis viennent ensuite les **oliviers** et les **fourrages**. Les rendements de ces cultures sont fortement soumis aux conditions climatiques annuelles. **L'agriculture irriguée a fortement progressée** malgré une sous exploitation des infrastructures hydrauliques. Il existe aussi un **déficit fourrager** pour les élevages des petits ruminants.

Activités industrielles

Le gouvernorat est peu industrialisé mais une unité d'extraction de phosphates est projetée à l'horizon 2030 à Sra Ouertane.

Le tableau ci-dessous liste les idées de valorisations des EUT possibles pour le gouvernorat du Kef, idées établies à l'issue des entretiens et enquêtes régionaux ainsi qu'au regard du contexte qui vient d'être exposé.

Tableau 127 : Possibilités de valorisation des EUT pour la sous zone 5 : Gouvernorat du Kef

Idées de valorisation des EUT	Traduction des flux d'EUT en valorisations potentielles
Idée 5.a : Création de nouveaux PI à proximité des STEP *Irrigation d'appoint des céréales et des oliviers, fourrages, arboriculture*	Nouveaux PI potentiels, en utilisant 100% des EUT : Arboricoles : en 2020, 600 ha ; en 2050, 1 100 ha Oliviers : en 2020, 1 400 ha ; en 2050, 2 300 ha Fourrages : en 2020, 500 ha ; en 2050, 850 ha
Idée 5.b : Recharge des nappes de Bled Abida et Bled Charène *Aménagements dans les oueds pour favoriser l'infiltration*	Si utilisation à 100 % des EUT de la future STEP de Dahmani, réduction du déficit de la nappe de Bled Abida de 90 % en 2050 Si utilisation des EUT de la future STEP de Tajerouine, comblement du déficit de la nappe de Bled Charène en 2050
Idée 5.c : Réutilisation industrielle *Future unité de phosphates de Sra Ouertane*	La totalité des EUT produites par le gouvernorat représentent 12 % des besoins de l'industrie en 2020 et 22 % en 2050

Les besoins en eau et l'acceptabilité sociale de la REUT sont très variables dans ce gouvernorat. Des opportunités locales peuvent apparaître comme **le développement de nouvelles activités économiques** (extraction du phosphate par exemple). Pour l'agriculture, les acteurs ont mentionné lors de l'atelier de concertation régional que le sud du gouvernorat était plus soumis au stress hydrique. Des possibilités **d'irrigation d'appoint pour des céréales, des oliviers ou des fourrages** pourraient apparaitre avec la création des STEP projetées. La priorité pour cette sous zone reste l'extension du parc épuratoire pour éviter les rejets d'eaux usées brutes et la contamination des nappes vulnérables.

15.4.6 Sous zone 6 : Gouvernorat de Siliana

Ressources en eau

Les ressources en eau du gouvernorat de Siliana sont moindres par rapport au reste de la région Nord-Ouest 3 grands barrages sont présents avec une capacité totale de 42 Mm^3. **Le potentiel de REUT est faible avec 2,3 Mm^3 produits en 2020 et 5,6 Mm^3 en 2050.**

Agriculture

L'économie du gouvernorat de Siliana est axée sur l'agriculture. Les systèmes agricoles de ce gouvernorat sont extensifs avec la **dominance des céréales**, puis des **oliviers** et des **fourrages**. Les rendements de ces cultures sont fortement soumis aux conditions climatiques annuelles. **L'irrigation d'appoint** se pratique pour les céréales et les oliviers dans **périmètres dits semi-intensifs.**

Le tableau ci-dessous liste les idées de valorisations des EUT possibles pour le gouvernorat de Siliana, idées établies à l'issue des entretiens et enquêtes régionaux ainsi qu'au regard du contexte qui vient d'être exposé.

Tableau 128 : Possibilités de valorisation des EUT pour la sous zone 6 : Gouvernorat de Siliana

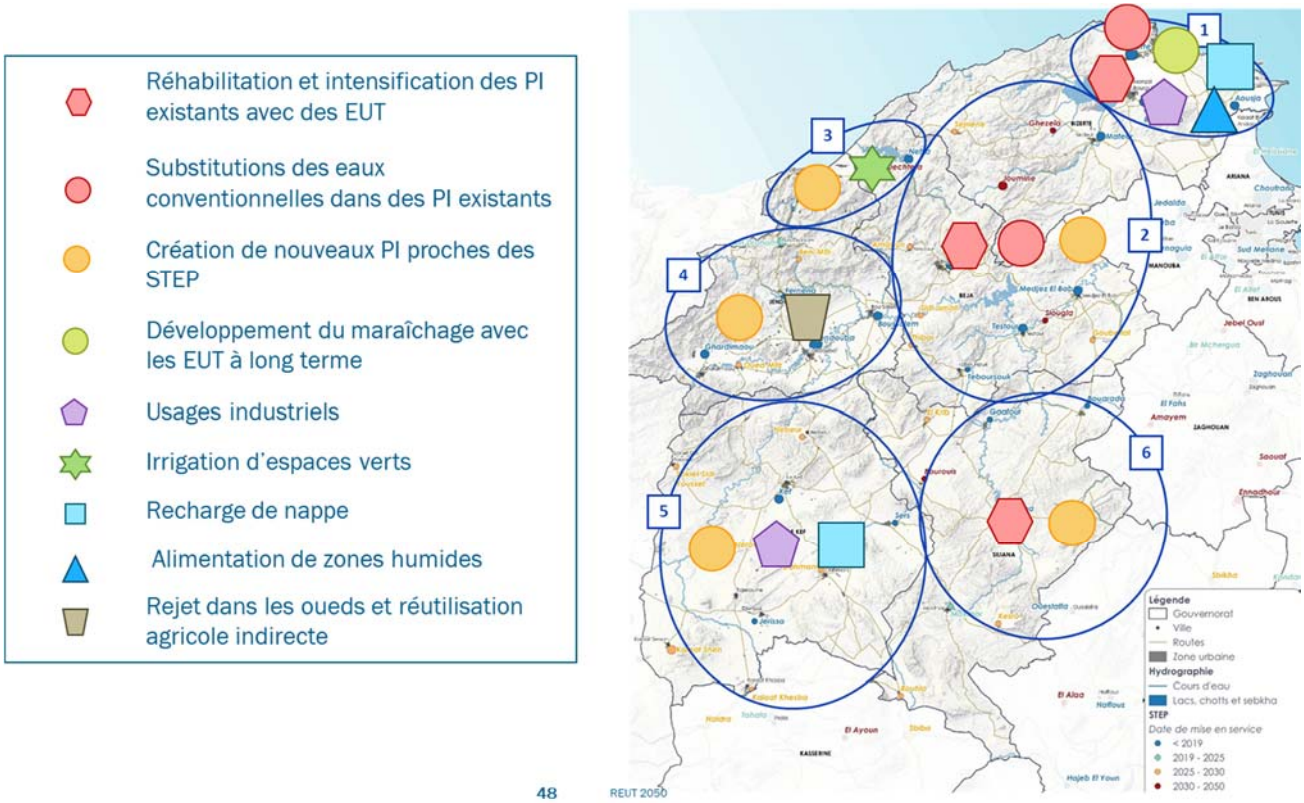
Idées de valorisation des EUT	Traduction des flux d'EUT en valorisations potentielles
Idée 6.a : Réhabilitation, intensification et extension du PPI existant avec des EUT *PPI de Mediouna sur la STEP de Siliana*	87 ha aménagés pour fourrages et irrigation d'appoint des oliviers et céréales. Utilisation actuelle de 5 % des EUT de la STEP de Siliana, potentiel d'utilisation de 20 % des EUT si intensification à 100 % en 2020, 10 % en 2050
Idée 6.b : Création de nouveaux PI à proximité des STEP *Irrigation d'appoint des céréales et oliviers, fourrages*	Nouveaux PI potentiels, en utilisant 100% des EUT : Arboricoles : en 2020, 320 ha ; en 2050, 700 ha Oliviers : en 2020, 730 ha ; en 2050, 1 600 ha Fourrages : en 2020, 270 ha ; en 2050, 600 ha

Au regard du caractère agricole de la sous zone, **l'irrigation directe semble la possibilité de REUT la plus évidente**. La priorité serait **l'intensification du périmètre existant** avec des EUT grâce à la réhabilitation de la STEP de Siliana. Vu les possibilités de recours aux eaux conventionnelles par les agriculteurs (eaux de barrage ou eaux pluviales), les valorisations possibles restantes dépendront des **opportunités qui se dégageront en considérant de manière particulière chacune des STEP** : apports complémentaires dans des périmètres irrigués existants ou création de nouveaux périmètres pour l'irrigation de fourrages, d'arbres fruitiers ou de céréales.

15.4.7 Synthèse des valorisations possibles des EUT par sous zones

La carte ci-dessous rappelle de manière illustrée les idées de valorisations possibles des EUT qui ont été proposées pour chaque sous zones et montre la variété des possibilités en fonction des contextes territoriaux.

Figure 103 : Synthèse des valorisations des EUT possibles par sous zones du Nord Ouest



15.5 CONCLUSION SUR LA SITUATION DE LA ZONE DU NORD-OUEST ET LES OPPORTUNITES DE DEVELOPPEMENT DE LA REUT

15.5.1 Le développement local de la REUT, une action qui restera marginale dans la gestion l'eau à l'échelle de la région

La région du Nord-Ouest est considérée comme le « **château d'eau » de la Tunisie** grâce à l'abondance de ces ressources en eau de surface, exportées dans des zones déficitaires du pays, Grand Tunis, Cap Bon, Sahel. **Les volumes en jeu d'EUT produites restent modestes face aux ressources en eau globales de la zone** : ils représentent **2 % des ressources en eau de surface et souterraines,** sachant que le bilan hydrique de la zone est excédentaire.

Si l'on se place à une échelle interrégionale, **le développement de la REUT dans ces zones dépendantes des Eaux du Nord permettrait de diminuer effectivement les prélèvements pour l'agriculture et de conserver les eaux conventionnelles pour des usages exigeants en qualité comme l'AEP.**

A l'échelle de la zone du Nord-Ouest, l'enjeu lié aux EUT se situe surtout dans **l'amélioration du taux de raccordement aux réseaux d'assainissement collectif** pour les communes rurales et la **réduction de la pollution liée aux rejets des eaux usées**. Comme observé lors des différentes étapes de concertation de l'étude sur la zone du Nord-Ouest, les échanges ont souvent porté sur les impacts négatifs actuels des rejets d'eaux usées et les risques environnementaux et sanitaires rattachés, plutôt que sur leur possible valorisation. Cela montre que ces **eaux usées sont encore beaucoup perçues comme des sources de pollution des eaux conventionnelles plutôt qu'une potentielle ressource en eau.** De nombreuses craintes ont notamment été exprimées sur la responsabilité des EUT dans la contamination des eaux des barrages et des eaux de nappes.

15.5.2 Des EUT à gérer localement en fonction des opportunités à saisir à proximité des STEP

Le bilan hydrique régional excédentaire masque cependant quelques **disparités locales**, comme les zones au sud des gouvernorats du Kef et de Siliana ou le littoral de Bizerte qui subissent **un stress hydrique** lors des années sèches. Au regard de l'orientation très agricole de la région, les propositions de valorisations possibles des EUT pour cette zone portent surtout sur des **substitutions par les EUT d'eaux conventionnelles dans des périmètres existants ou des créations de nouveaux périmètres.** Pour le **pôle urbain de Bizerte** notamment, qui concentrera près de **45% des EUT de la région à l'horizon 2050,** il existe des possibilités de **substitution dans des périmètres irrigués existants** qui peinent déjà à s'alimenter par les eaux des barrages les années sèches.

Pour les STEP restantes de la zone, il est **difficile de définir une orientation stratégique globale** car les choix de valorisations des EUT dépendront des contextes territoriaux et sociaux à proximité de chaque STEP. Les enjeux de REUT liés à ces STEP n'étant pas des enjeux nationaux au vu des volumes produits, ni même régionaux, il conviendrait de **laisser la gestion de ces EUT à un niveau plus local afin de saisir rapidement les opportunités de valorisation qui pourront se présenter.** Par exemple, des nouveaux usages industriels peuvent être envisagés en lien avec le développement économique de la région (extraction de phosphates dans le gouvernorat du Kef). Pour les STEP rejetant directement dans les cours d'eau de la Medjerdah, des valorisations indirecte de ces EUT pourront être suffisantes s'il n'y a pas de demandes explicites d'usagers d'exploiter ces eaux, à condition de garantir la conformité des EUT à la norme de rejet dans les milieux récepteurs.

Partie D. Eléments d'aide à la décision pour des grandes orientations nationales ou régionales en matière de REUT

16. ANALYSES COUTS BENEFICES

Nous développons dans ce chapitre une approche Coûts-Bénéfices qui vise à enrichir l'aide à la décision sur les stratégies de REUT à déployer sur le territoire tunisien.

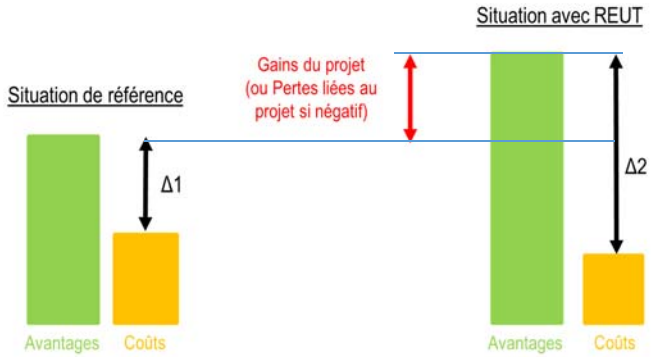
Nous conduirons l'approche du point de vue de la collectivité dans son ensemble. Il s'agira en effet de mesurer l'intérêt du projet en incluant les coûts et bénéfices pour l'usager de l'eau, mais aussi les externalités, c'est-à-dire les coûts et bénéfices indirects pour les populations, les activités économiques et l'environnement.

Le principe général de la démarche est identique à celui déployé en *Phase 1-Diagnostic* pour les analyses coûts bénéfices qui visaient à analyser des projets existants. Il s'agit de comparer un projet de REUT avec une situation de référence, dite aussi situation contrefactuelle. Pour conduire l'analyse, il est ainsi nécessaire de déterminer au minimum deux situations (on reprend ici la description du principe déjà présentée en Phase 1) :

- une situation de référence, « sans réutilisation des eaux usées traitées »,
- une situation de projet, « avec réutilisation des eaux usées traitées ».

Les gains ou pertes du projet sont évalués comme suit (illustré dans la figure ci-dessous) :

- calcul, dans un premier temps, pour chacune des deux situations :
  - des avantages et des coûts,
  - de la différence entre les avantages et les coûts pour la situation sans projet (Δ1) et pour la situation avec projet (Δ2),
- calcul de la « différence des différences » (Δ2 – Δ1), qui constitue la Valeur Actualisée Nette du projet considéré (VAN). Ce calcul peut conduire à une valeur positive (projet présentant un gain économique par rapport à la situation de référence) ou à une valeur négative (projet présentant une perte économique par rapport à la situation de référence).



Pour procéder aux analyses, nous avons construit un modèle intégré sous tableur. Ce modèle intégré permet de modifier très facilement des paramètres de calculs. On peut ainsi étudier facilement la sensibilité des résultats en faisant varier le coût de l'énergie, le coefficient d'actualisation, le coût de stockage d'un m^3 d'eau, le rendement d'une oliveraie irriguée, le prix de vente de telle culture, le coût de la pollution associée au rejet d'un effluent en mer etc...

Comme souligné dans la publication Plan Bleu *Condom, Lefevre, Vandome, 2012, La REUT en Méditerranée : retour d'expériences et aide à l'élaboration de projets* « par nature les externalités et impacts qualitatifs des projets [de REUT] sont difficiles ou très coûteux à estimer et à quantifier. »

Nous rappelons ci-après les principales externalités qui sont en principe à considérer. Ce tableau reprend des éléments de la « *Grille d'analyse économique – ACB sociale pour des projets de REUT* » contenue dans la publication Plan Bleu. Nous indiquons pour chaque sujet comment nous les avons prises en compte.

Externalités négatives (coûts)

	Sujets	Prise en compte dans la présente approche
Santé	Hausse de l'incidence des maladies hydriques	Mentionné pour mémoire mais non chiffré
	Campagne d'information et de prévention	Chiffré sur la base de prix d'ordre
	Sécurité sanitaire vis-à-vis de la qualité des produits	Prise en compte des coûts d'analyse.
Environnement	Contamination des sols	Mentionné pour mémoire mais non chiffré
	Pollution olfactive	Mentionné pour mémoire mais non chiffré
	Emission de GES	Le projet REUT peut conduire à de moindres consommations d'énergie du fait qu'on se retrouve à utiliser une ressource plus proche. Il peut au contraire induire plus de dépenses d'énergie, en particulier dans le cas où les eaux doivent être transférées loin des STEP qui les produisent. Tous ces aspects sont pris en compte dans le bilan Carbone qui est conduit sur les dépenses d'énergie, en situation de référence et en situation avec projet. Cette approche intègre sept postes de dépenses d'énergie qui peuvent potentiellement intervenir dans l'ACB : traitement III, transfert (EUT et/ou autre ressource), émissaire en mer (qui peut nécessiter un relevage au départ pour permettre ensuite un écoulement gravitaire), dessalement, potabilisation post-dessalement, irrigation. Calcul en kWh de l'énergie électrique consommée par les différents postes cités ci-avant x émission de GES/kWh en Tunisie (émission de 0.463 kgC02eq par kWh électrique produit. Source : *Agence Internationale de l'Energie - 2013 - CO2 emissions from fuel combustion – hightlights)* puis Valorisation de la tonne de CO2eq à 50 euros.
	Contamination des eaux souterraines	Mentionné pour mémoire mais non chiffré
	Réduction du débit des cours d'eau qui constituait les milieux de rejet des EUT	Mentionné pour mémoire mais non chiffré. Quand les rejets se font sur le littoral ce point ne se pose pas. Dans cas des gouvernorats situés plus à l'intérieur des terres ce point peut se poser.
Social	Conflits d'usage	Mentionné pour mémoire mais non chiffré. La REUT peut en effet conduire à des tensions autour d'une même ressource (par exemple irrigation versus usage pour l'industrie des phosphates).
	Problème d'acceptabilité	Prise en compte du coût de campagnes d'information et de frais de communication

Externalités positives (bénéfices)

	Sujets	Prise en compte dans la présente approche
Environnement	Réduction de la pollution du milieu de rejet.	Pour les zones littorales : considération d'un coût évité de 0.15 DT/m^3 d'EUTR non rejeté en mer (source : *Bénéfices du traitement des rejets en mer, Les cahier du Plan Bleu*, juillet 2010). NB : Nous avons considéré seulement ¼ du coût indiqué dans la publication, qui avait été utilisée en Phase1, dans la mesure où nous avons également pris en compte la construction d'un émissaire. Cette hypothèse concernant une externalité complexe à quantifier pourra être rediscutée. Pour les oueds : considération d'un coût évité de 0.06 DT/m^3. (estimation par BRLi du coût de traitement additionnel nécessaire pour traiter les rejets d'EUT dans l'oued).
	Diminution de la pression sur les eaux de surface et souterraines.	Quand la REUT conduit à moins utiliser une ressource, celle-ci peut du coup être libérée pour un autre usage on considère la valeur d'usage de cette ressource. On a considéré généralement une valorisation par le prix de l'eau potable.
	Séquestration carbone et Lutte anti-érosion	Prise en compte de l'effet séquestration par le développement du couvert végétal quand on apporte l'irrigation. Valorisation liée à la séquestration de carbone : 15 DT/ha/an pour une surface cultivée non irriguée, 30 DT/ha/an pour une surface irriguée. Valorisation liée à la lutte anti-érosion : 21 DT/ha/an pour une surface cultivée non irriguée, 42 DT/ha/an pour une surface irriguée. Source : Daly H., IRAM (2015) *Formulation du Programme de Gestion des Ressources Naturelles dans les Territoires Ruraux Vulnérables de Tunisie. Note sur l'évaluation économique des bénéfices de l'action GRN du programme*
Social	Maintien de l'agriculture périurbaine. Création d'emplois.	Mentionné pour mémoire mais non quantifié dans notre approche.
	Contribution à la sécurité alimentaire	Mentionné pour mémoire mais non chiffré
	Verdissement des paysages	Mentionné pour mémoire mais non chiffré
Agronomie	Réduction de la consommation de fertilisants du fait de l'apport de nutriments par les EUT.	Prise en compte dans le calcul de valorisation agricole (réduction de la dépense en engrais).
	Contrôle de la désertification	Mentionné pour mémoire pour les projets concernés mais non chiffré

Le tableau ci-après précise, pour les autres éléments techniques pris en compte dans le modèle, les grands traits de la méthodologie qui a été retenue.

Sujet	Approche
REUT - Traitement	Prise en compte du coût complet (investissement, renouvellement, exploitation dont énergie) du traitement tertiaire associé à un des scénarios technologiques exposés en amont dans le rapport et permettant d'atteindre un niveau de qualité A, B, C, D ou E. Le choix du scénario est établi en fonction de l'usage considéré dans l'analyse. On pourra par exemple choisir le scénario de traitement « B-B2 » dans le cas d'un projet d'arboriculture, « B-A2 » dans le cas d'un projet de maraichage ou « B-A1 » dans le cas d'une réutilisation industrielle où les agents d'exploitation sont en contact avec l'eau. Les coûts liés à l'assainissement en amont du traitement tertiaire ne sont pas pris en compte car supposés exister en l'absence de projet de REUT.
REUT – Autres coûts	Prise en compte de coûts en ordre de grandeur liés aux campagnes d'information, aux campagnes de vaccination des usagers et aux analyses pour le contrôle tout au long de la filière REUT (eau brute, eau traitée au niveau secondaire, eau traitée au niveau tertiaire, produits issus de l'utilisation de l'eau réutilisée).
Transfert	Connaissant le débit et le volume à transférer et la hauteur géométrique du transfert, dimensionnement automatique de l'ensemble canalisation/station de pompage par un calcul d'optimisation actualisé sur 30 ans prenant en compte les coûts de la canalisation, les coûts de la station de pompage et le coût de l'énergie. Chiffrage sur la base de prix d'ordre du coût d'investissement pour la canalisation et la station de pompage. Intégration du renouvellement et des coûts d'exploitation dont énergie.
Stockage intersaisonnier des EUT	Connaissant à l'échelle mensuelle les flux d'EUT à réutiliser et les besoins en EUT, le modèle recherche le volume de régulation à mettre en place, susceptible de répondre au besoin de stockage quand la production d'EUT est supérieure à la demande et de déstockage quand les besoins sont supérieurs à la production d'EUT. Chiffrage sur la base de prix d'ordre du coût d'investissement. Intégration du renouvellement et des coûts d'exploitation.
Agriculture	Calcul de la valeur actualisée nette en soustrayant les coûts aux recettes. Les recettes sont calculées par la multiplication d'une surface, d'un rendement et d'un prix de vente. Les coûts sont calculés sur la base d'un coût d'exploitation total à l'hectare (variable selon la culture considérée) multiplié par la surface considérée. Dans le cas d'une utilisation d'EUT pour l'irrigation, nous avons supposé (i) que les EUT conduisait à un rendement supérieur à celui obtenu avec des eaux issues du milieu naturel et (ii) qu'elles permettaient une économie sur les coûts d'engrais. Dans le cas d'un projet intégrant de la construction d'un nouveau périmètre irrigué, le modèle intègre les coûts d'investissement, de renouvellement et d'exploitation (dont énergie) de ce périmètre. Les coûts d'investissement sont calculés sur la base de prix d'ordre à l'hectare.
Elevage	Calcul de la valeur actualisée nette en soustrayant les coûts aux recettes. Les recettes sont calculées par la multiplication d'un nombre de tête produits annuellement par un prix de vente par tête. Les coûts sont calculés sur la base d'un coût d'exploitation total par tête (variable selon le type d'élevage considéré) multiplié par le nombre de têtes.
Coût d'une ressource (autres que de EUT) en eau déjà en place	Le coût d'une telle ressource (par exemple pour une ressource issue du transfert des eaux du Nord) a été estimé sur la base de coûts intégrés trouvés dans la bibliographie, coûts supposés prendre en compte les coûts d'investissement et d'exploitation.
Dessalement	Prise en compte du coût complet (investissement, renouvellement, exploitation dont énergie) sur la base de prix d'ordre.
Potabilisation postérieure à un traitement tertiaire d'EUT	Prise en compte du coût complet (investissement, renouvellement, exploitation dont énergie) sur la base de prix d'ordre.
Emissaire en mer	Prise en compte du coût complet (investissement, renouvellement, exploitation dont énergie) sur la base de prix d'ordre.

L'analyse est conduite sur 30 ans et inclut un calcul d'actualisation. Le taux considéré est de 3%.

Trois questions sont successivement abordées. Elles balayent des questionnements récurrents dans les débats sur la REUT en Tunisie.

16.1 ACB N°1 : EMISSAIRE EN MER VS TRANSFERT : EST-IL INTERESSANT DE TRANSFERER DES EUT A X KM DU LITTORAL POUR IRRIGUER DES OLIVERAIES ACTUELLEMENT NON IRRIGUEES ?

CONTEXTE - QUESTION

Cette première analyse porte sur la question des transferts d'eau vers des zones dépourvues de ressources. La situation se rencontre par exemple largement dans la zone Sahel-Sfax. D'importantes quantités de REUT sont générées sur le littoral et sont actuellement, pour l'essentiel des volumes, rejetées en mer. Ce rejet a un coût, environnemental, économique et social. Transférer les EUT vers l'intérieur des terres pour irriguer des nouvelles zones irriguées aura aussi des coûts mais permettra de générer une valeur ajoutée agricole et supprimera le rejet en mer.

Dans cette approche nous mettons ainsi en balance,

- d'une part : les conséquences négatives liées au fait de ne pas réutiliser des EUT : pollution littorale et/ou nécessité de construire un émissaire pour conduire les rejets au large ;
- avec d'autre part : la valeur ajoutée apportée par l'irrigation sur des oliveraies actuellement non irriguées. Cette valeur est liée à une hausse du rendement et, dans une moindre mesure, à une baisse des intrants. Il y a toutefois des coûts pour obtenir ce bénéfice : le transfert des eaux vers les oliveraies concernées, le stockage de ces eaux en dehors des périodes d'utilisation, la mise en place d'un réseau d'irrigation.

DEFINITIONS DES SITUATIONS OBJET DE L'ACB

Les deux situations définies pour conduire l'analyse sont les suivantes :

- ***Référentiel :***
  - Rejet de 40 Mm^3 d'EUT en mer après un traitement secondaire.
  - Mise en place d'un émissaire en mer pour conduire le rejet au large.
  - Externalités négatives liées au rejet en mer.
  - Culture d'oliviers de 5600 ha d'oliviers en sec à l'intérieur des terres.
- ***Projet :***
  - Traitement tertiaire de 40 Mm^3 d'EUT par le process technologique « B-B1 » (tambour filtrant sable + UV).
  - Irrigation de 5 600 ha d'olivier situés à l'intérieur des terres et non irrigués initialement. Mise en culture de fourrages sous oliviers sur 50% de cette surface. Elevages en bovins et ovins sur la base de la production fourragère générée.
  - Les besoins en eau nets considérés sont de 4000 m^3/ha pour les oliviers seuls et de 7500 m^3/ha pour les surfaces en olivier + fourrage. En intégrant les efficiences des systèmes d'adduction et d'irrigation (efficience globale de 0.81 pour l'irrigation de la partie en oliviers seules et de 0.72 pour la partie en oliviers + fourrage), ces besoins unitaires conduisent à un besoin de 40 Mm^3 d'eau sur les surfaces considérées (les surfaces ont été choisies afin d'arriver à ce total).
  - Transfert des 40 Mm^3 à une distance « x » du littoral. Nous ferons varier cette distance « x » dans l'approche qui est conduite afin de rechercher la limite du système en termes de rentabilité économique.

- Stockage inter-saisonnier de 30% du volume annuel d'EUT (12.5 Mm^3). Ce volume est obtenu par analyse croisée des flux d'EUT et des besoins en eau dans le périmètre d'irrigation.

Référence à une situation réelle

Le volume de 40 Mm^3 considéré correspond au volume cumulé à l'horizon 2050 des STEP de Msaken et Sousse Hamdoun situées proche du littoral dans la zone d'étude Sahel-Sfax. La zone littorale voisine de ces deux STEP subit actuellement les conséquences des d'EUT.

Les zones situées plus à l'intérieur des terres au droit de ces STEP comprennent de très larges surfaces en oliveraies potentiellement intéressées pour procéder à de l'irrigation.

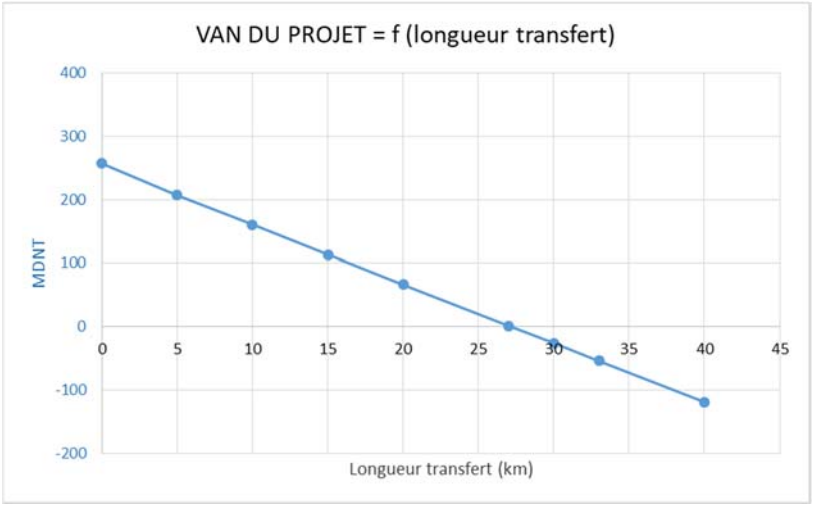
RESULTATS

Dans un premier jeu de calcul, on prend en compte à la fois le coût de l'émissaire en mer et les externalités négatives liées au rejet en mer supposées égales à 0.15 DT/m^3 rejeté.

Sous ces hypothèses, la longueur maximale de transfert qui permet de garder un différentiel économique positif (c'est-à-dire une VAN positive) entre la situation avec projet et la situation de référence est de 27 km. En d'autres termes, pour un transfert de longueur supérieur à 27 km de km, le projet ne devient pas intéressant économiquement.

Le graphe suivant montre la VAN (valeur actuelle nette) du projet en fonction de la longueur du transfert.

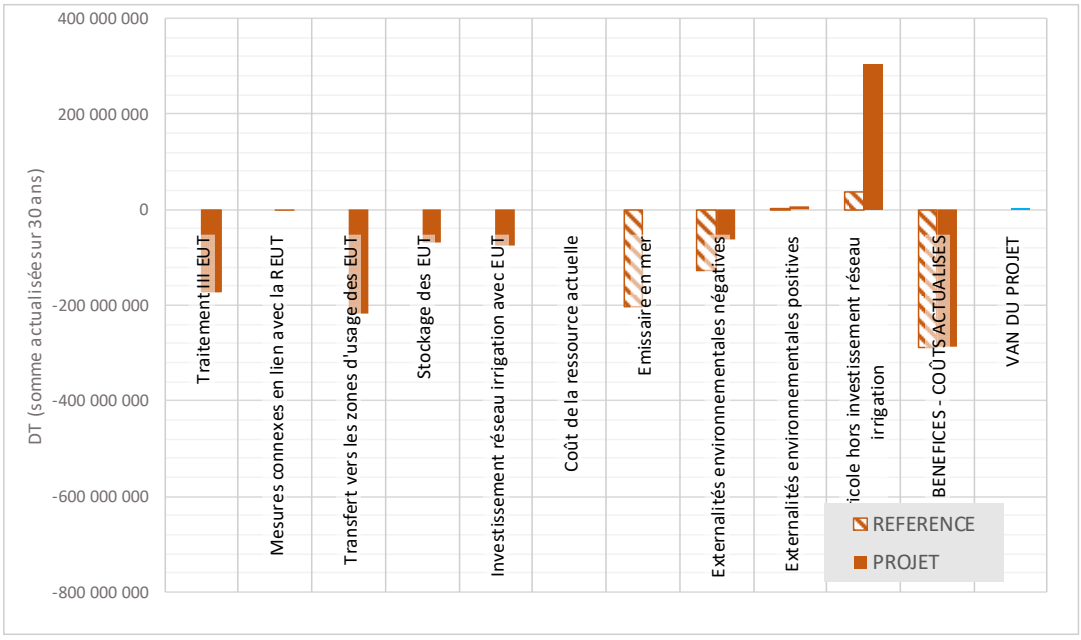
Le graphe montre qu'au-delà de 27 km la VAN devient négative.



Les résultats détaillés sont précisés dans les tableaux et graphe suivants, présentés pour une longueur de transfert de 27 km (avec donc un différentiel quasi nul entre projet et référence selon ce qui vient d'être exposé).

Valeurs actualisées nettes sur 30 ans et Différentiel (présentation synthétique)

	(DNT)	**REFERENCE** **Référentiel :** Zone cultivée de 5200 ha avec des oliviers non irrigués. Rejet des EUT en mer.	**PROJET** **Projet :** même zone de 5200 ha, irriguée par des EUT avec transfert.	**DIFFERENTIEL**
c	Traitement III EUT	-	- 172 238 000	- 172 238 000
c	Mesures connexes en lien avec la REUT	-	- 2 523 000	- 2 523 000
c	Transfert vers les zones d'usage des EUT	-	- 217 396 000	- 217 396 000
c	Stockage des EUT	-	- 67 343 000	- 67 343 000
c	Investissement réseau irrigation avec EUT	-	- 74 517 000	- 74 517 000
c		-	-	-
c	Emissaire en mer	- 202 320 000	-	202 320 000
c	Externalités environnementales négatives	- 125 857 000	- 62 575 000	63 282 000
b	Externalités environnementales positives	3 780 000	7 558 000	3 778 000
b	VAN agricole hors investissement réseau irrigation	36 743 000	302 891 000	266 148 000
	BENEFICES - COÛTS ACTUALISES	**- 287 654 000**	**- 286 143 000**	
	VAN DU PROJET		1 511 000	**1 511 000**
	RATIO BENEFICES / COÛTS			**1,0**
	longueur transfert :	27,00	km	



Coûts et bénéfices pris en compte ans l'ACB (présentation détaillée)										
c : coût *b : bénéfice*		Unités		Référentiel : Zone cultivée de 5200 ha avec des oliviers non irrigués. Rejet des EUT en mer.		Projet : même zone de 5200 ha, irriguée par des EUT.		Différentiel entre Projet et Référentiel	
		par m3	total	par m3	total sur 30 ans	par m3	total sur 30 ans	par m3	total sur 30 ans
	Traitement III EUT								
	coût investissement et renouvellement	DNT/m3	DNT	-	-	0,112	134 488 000	0,112	134 488 000
	énergie	*kWh/m3*	*kWh*	-	-	*0,080*	*96 000 000*	*0,080*	*96 000 000*
	coût exploitation - énergie	DNT/m3	DNT	-	-	0,013	15 182 000	0,013	15 182 000
	coût exploitation - hors énergie	DNT/m3	DNT	-	-	0,019	22 568 000	0,019	22 568 000
c	**total investissement et exploitation**	DNT/m3	DNT	**-**	**-**	**0,144**	**172 238 000**	0,144	**172 238 000**
	Autres frais liés au projet REUT (Analyses, vaccination, information…)								
c	coût autre frais	DNT/m3	DNT	**-**	**-**	**0,002**	**2 523 000**	**0,002**	**2 523 000**
	Transfert des EUT vers les zones d'usage								
	coût investissement et renouvellement	DNT/m3	DNT	-	-	0,080	96 073 000	0,080	96 073 000
	énergie	*kWh/m3*	*kWh*	-	-	*0,519*	*622 801 281*	*0,519*	*622 801 281*
	coût exploitation - énergie	DNT/m3	DNT	-	-	0,082	98 492 000	0,082	98 492 000
	coût exploitation - hors énergie	DNT/m3	DNT	-	-	0,019	22 831 000	0,019	22 831 000
c	**total investissement et exploitation**	DNT/m3	DNT	**-**	**-**	**0,181**	**217 396 000**	0,181	**217 396 000**
	Stockage intersaisonnier des EUT								
	coût investissement et renouvellement	DNT/m3	DNT	-	-	0,046	54 977 000	0,046	54 977 000
	coût exploitation	DNT/m3	DNT	-	-	0,010	12 366 000	0,010	12 366 000
c	**total investissement et exploitation**	DNT/m3	DNT	**-**	**-**	**0,056**	**67 343 000**	**0,056**	**67 343 000**
	Emissaire en mer								
	coût investissement et renouvellement	DNT/m3	DNT	0,151	181 440 000	-	-	- 0,151	- 181 440 000
	énergie	*kWh/m3*	*kWh*	*0,065*	*77 778 000*	-	-	*- 0,065*	*- 77 778 000*
	coût exploitation - énergie	DNT/m3	DNT	0,010	12 300 000	-	-	- 0,010	- 12 300 000
	coût exploitation - autre	DNT/m3	DNT	0,007	8 580 000	-	-	- 0,007	- 8 580 000
c	**total investissement et exploitation**	DNT/m3	DNT	0,169	**202 320 000**	**-**	**-**	**- 0,169**	**- 202 320 000**
	Productions agricoles								
b	Production cultures		DNT		89 233 000		419 920 000		330 687 000
c	Charge cultures (dont fertilisant) hors irrigation		DNT		52 490 000		185 815 000		133 325 000
b	Production élevage		DNT		-		198 231 000		198 231 000
c	Charge élevage		DNT		-		71 847 000		71 847 000
	Irrigation : coût investissement et renouvellement	DNT/m3	DNT	-	-	0,062	74 517 000	0,062	74 517 000
	Irrigation : énergie	*kWh/m3*	*kWh*	-	-	*0,259*	*311 111 000*	*0,259*	*311 111 000*
	Irrigation : coût exploitation - énergie	DNT/m3	DNT	-	-	0,041	49 200 000	0,041	49 200 000
	Irrigation : coût exploitation - autre	DNT/m3	DNT	-	-	0,007	8 398 000	0,007	8 398 000
c	Irrigation : total investissement et exploitation	DNT/m3	DNT	-	-	0,110	132 115 000	0,110	132 115 000
	sous total agricole (bénéfice) - (coût)				**36 743 000**		**228 374 000**		**191 631 000**
	Externalités environnementales négatives								
	énergie traitement tertiaire	*kWh/m3*	*kWh*	-	-	*0,080*	*96 000 000*	*0,080*	*96 000 000*
	énergie transfert	*kWh/m3*	*kWh*	-	-	*0,519*	*622 801 000*	*0,519*	*622 801 000*
	énergie irrigation	*kWh/m3*	*kWh*	-	-	*0,259*	*311 111 000*	*0,259*	*311 111 000*
	énergie émissaire	*kWh/m3*	*kWh*	*0,065*	*77 778 000*	-	-	*- 0,065*	*- 77 778 000*
	énergie totale	***kWh/m3***	***kWh***	***0,065***	***77 778 000***	***0,858***	***1 029 912 000***	***0,793***	***952 134 000***
	émission GES total	kgCO2é/m3	kgCO2é	0,030	36 011 000	0,397	476 849 000	0,367	440 838 000
	émission GES total	DNT/m3	DNT	0,004	4 726 000	0,052	62 575 000	0,048	57 849 000
	pollution milieu récepteur	DNT/m3	DNT	0,101	121 131 000	-	-	- 0,101	- 121 131 000
	contamination des sols						***		
	contamination des eaux souterraines						**		
c	**sous total externalités environnementales négatives**				**125 857 000**		**62 575 000**		**- 63 282 000**
	Externalités environnementales positives								
	séquestration de carbone		DNT		1 575 000		3 149 000		1 574 000
	lutte contre érosion		DNT		2 205 000		4 409 000		2 204 000
	libération d'une ressource milieu récepteur	DNT/m3	DNT	-	-	-	-	-	-
b	**sous total externalités environnementales négatives**				**3 780 000**		**7 558 000**		**3 778 000**
	Autres externalités en particulier sociales								
b	emplois créés ou sauvegardés						***		
b	contribution à la sécurité alimentaire						***		
b	évitement de l'exode rural						**		

Il ressort de l'analyse de ces résultats détaillés les points suivants sur la structuration de l'équilibre entre coûts et bénéfices :

- Le différentiel de valeur actualisée nette agricole s'élève à environ 265 MDT (sans intégrer le coût d'investissement du nouveau réseau d'irrigation).

  Ce montant reste très inférieur aux coûts liés directement au projet EUT, qui sont : leur traitement (172 MDT), leur transfert (217 MDT), leur stockage (67 MDN), les frais additionnels (analyses, communication …) (2.5 MDT) et le réseau d'irrigation (75 MDT), soit un total d'environ 535 MDT.

  En d'autres termes, **si on regarde strictement les coûts directs liés à l'irrigation des zones actuellement non irriguées[26], en ignorant les coûts liés aux rejets des EUT dans la situation de référence[27], le projet coûte 2 fois ce qu'il rapporte sur le plan agricole** (535 / 265). Les bénéfices liés à la hausse des rendements agricoles et à la baisse des dépenses en intrants ne compensent donc pas les coûts de la REUT.

[26] C'est-à-dire les coûts complets de la REUT : coûts d'investissement, d'exploitation et de maintenance

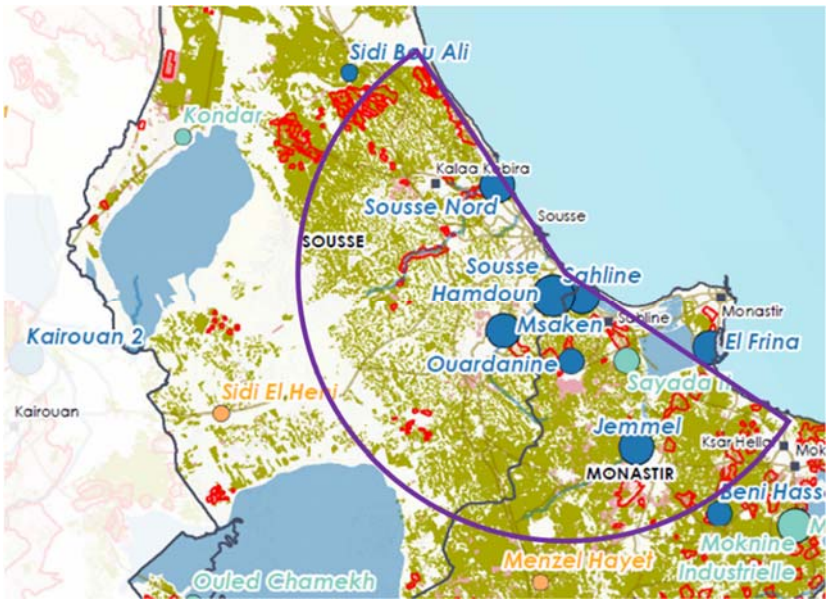
[27] C'est-à-dire les coûts de l'émissaire en mer et les externalités négatives générées par les rejets dans les eaux littorales

- Les résultats sont très différents si on considère maintenant les coûts associés à la situation de référence et l'ensemble des externalités qui ont été quantifiées. C'est là tout l'intérêt d'une telle approche ACB.

  Il apparait en effet que la prise en compte des coûts induits par la mise en place d'un émissaire (202 MDT) **et les externalités négatives associés aux rejets** (125 MDT) **conduisent à rendre le projet REUT intéressant économiquement selon les hypothèses retenues et ce même si le projet REUT génère lui-même également des externalités environnementales négatives** (62 MDT) liées essentiellement aux émissions de gaz à effet de serre qu'il entraine (environ 475 000 tonnes de CO2eq sur 30 ans soit 15 000 tonnes par an).

ET EN PRATIQUE SUR LE TERRAIN ?

Le schéma ci-dessous montre sur le fond de carte agricole de la Tunisie des cercles de 25 km appuyés sur l'ensemble de STEP Msaken - Sousse Hamdoun. La carte met en évidence (en vert) les surfaces en olivier.



La faisabilité effective d'un tel projet restera bien sûr à étudier plus en détail mais il ressort dès à présent qu'il existe a priori des surfaces en oliveraies dans les limites considérées.

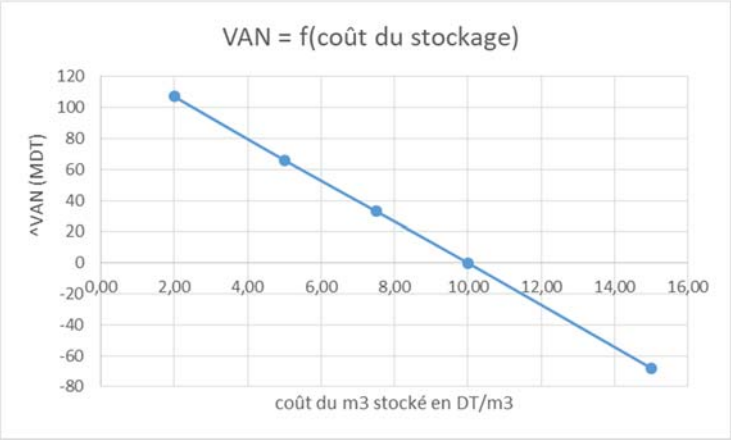
ANALYSE DE SENSIBILITE

Le modèle construit permet de faire varier facilement les paramètres et il est donc possible d'étudier sa sensibilité à divers paramètres.

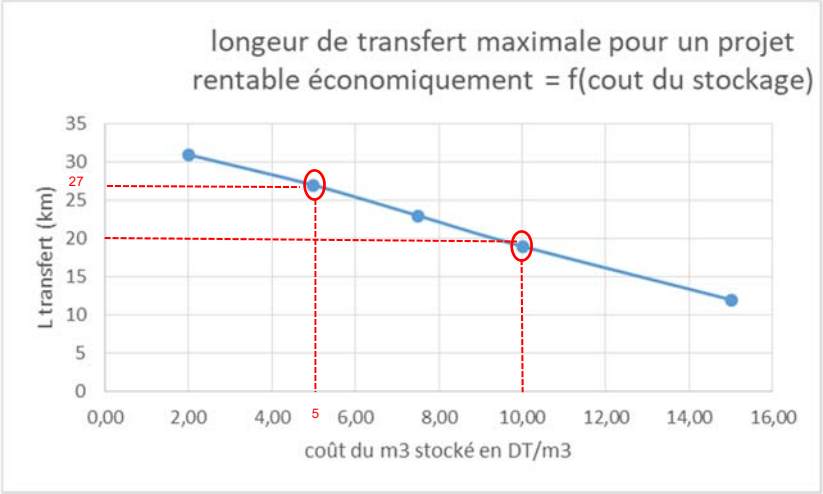
Coût du stockage

Ce coût reste particulièrement difficile à estimer et est susceptible de fortes variations selon les contextes. L'hypothèse de base retenue est un coût d'investissement de 5 DT/m^3 stocké.

On fixe la longueur du transfert à 20 km. Le graphe suivant montre, toutes choses égales par ailleurs, comment la VAN varie quand on fait varier le coût du stockage. La VAN devient négative pour un coût de stockage supérieur à 10 DT/m^3 stocké.

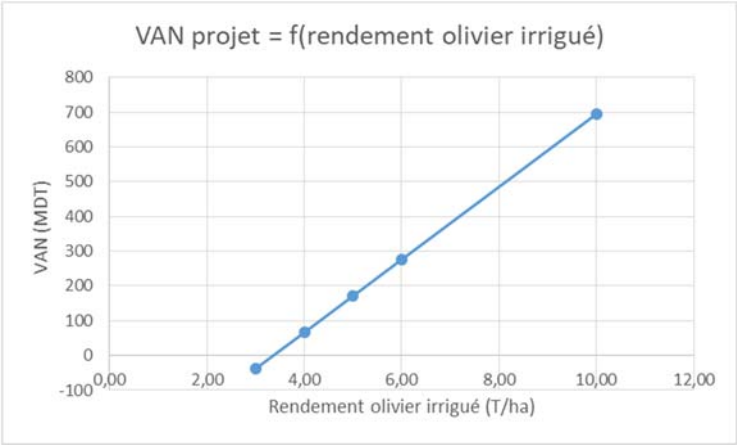


Le second graphe ci-après indique comment la longueur maximale de transfert pour garder un projet au seuil de rentabilité (celle qui conduit à une VAN nulle) varie quand on fait varier le coût du stockage. L'analyse montre que quand le coût de stockage passe de 5 DT/m^3 stocké à 10 DT/m^3 stocké la longueur passe de 27 à 20 km. Autrement dit, pour un coût de stockage de 5 DT/m^3, le projet présente une VAN supérieure à 0, si le transfert n'excède pas 27 km. Dans le cas où le coût de stockage est de 10 DT/m^3, le projet n'est rentable que si la longueur de transfert est inférieure 20 km. Le doublement du coût de stockage entraine donc une baisse de 7 km du « périmètre de rentabilité du projet REUT ».

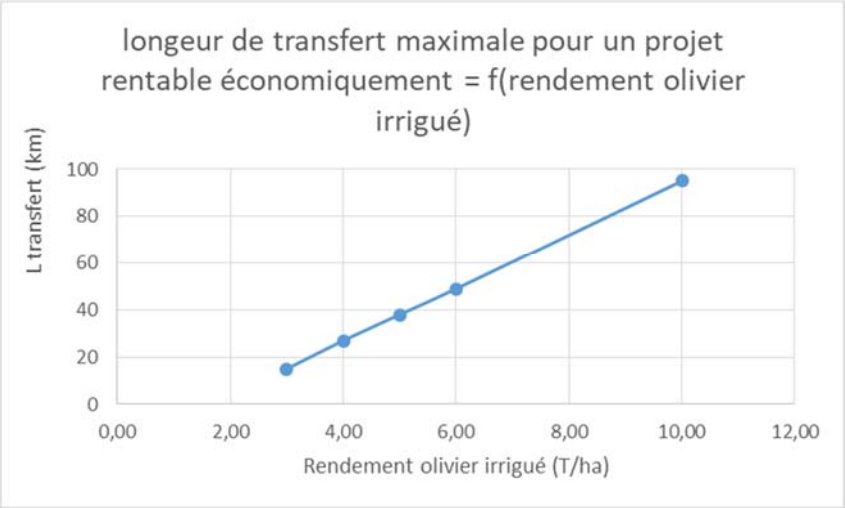


Rendement des oliviers irrigués

On fixe la longueur du transfert à 20 km. Le graphe suivant montre, toutes choses égales par ailleurs, comment la VAN varie quand on fait varier le rendement de l'olivier irrigué par les EUT, supposé égal à 4 T/ha dans le calcul de base présenté plus haut. La VAN s'annule en dessous de 3.4 T/ha.



Le second graphe ci-après indique comment la longueur maximale de transfert pour garder un projet au seuil de rentabilité (celle qui conduit à une VAN nulle) varie quand on fait varier le rendement de l'olivier irrigué par les EUT. L'analyse montre que, en ordre de grandeur, **la longueur maximale de transfert qui permet un projet rentable augmente de 10 km quand le rendement de l'olivier irrigué augmente de 1 T/ha**.



CONCLUSIONS - ACB n°1 : ***Emissaire en mer vs Transfert : Est-il intéressant de transférer des EUT à x km du littoral pour irriguer des oliveraies actuellement non irriguées ?***

Dans le cas simulé, on note les conclusions suivantes :

- **Avec les hypothèses de base du modèle :** il est plus intéressant de transférer les EUT sur une longueur de 27 km maximum pour irriguer les oliveraies plutôt que de construire un émissaire en mer. Si la longueur du transfert est supérieure à 27 km, le projet de REUT n'est plus intéressant économiquement.
- **En doublant le coût du stockage** (10 DT/m^3 au lieu de 5 DT/m^3 dans l'hypothèse de base), le « périmètre de rentabilité du projet REUT » baisse de 27 km à 20 km. Autrement dit, le doublement du coût de stockage entraine donc une baisse de 7 km du périmètre de rentabilité.
- **Lorsque l'on fait varier le rendement des oliveraies irriguées,** la longueur maximale de transfert pour garder un projet au seuil de rentabilité augmente de 10 km quand le rendement de l'olivier irrigué augmente de 1 T/ha. Pour un transfert de 20 km, la VAN s'annule en dessous de 3.4 T/ha.

De manière générique, il ressort qu'un projet de développement agricole situé à l'intérieur des terres valorisant des EUT peut être rentable au regard d'une situation de référence où on cherche à se débarrasser des EUT en mer. La rentabilité effective du projet est très sensible à la valorisation agricole, c'est-à-dire dans notre cas au rendement qu'atteindront les oliveraies grâce à l'irrigation.

16.2 ACB 2 : EUT VS RESSOURCE CONVENTIONNELLE - EST-IL INTERESSANT DE REMPLACER UNE RESSOURCE CONVENTIONNELLE PAR DES EUT SUR UN PERIMETRE IRRIGUE EXISTANT ?

16.2.1 ACB n°2A : Cas d'un territoire en forte tension hydrique qui envisage de mettre en place du dessalement pour son alimentation en eau potable

CONTEXTE - QUESTION

Dans cette deuxième analyse, nous étudions l'intérêt de la substitution, pour des usages d'irrigation déjà en place, de ressources conventionnelles par des EUT.

Il s'agit de mettre en balance :

- d'une part : les conséquences négatives liées au fait de ne pas réutiliser des EUT : pollution des milieux de rejet et/ou nécessité de construire un émissaire pour conduire les rejets au large, utilisation pour l'irrigation d'une ressource qui pourrait servir à la production d'eau potable, alors même que le pays en manque et s'apprête à multiplier des unités de dessalement ;
- avec d'autre part : le coût du traitement lié à la REUT et la production de gaz à effet de serre qu'il entraine du fait de la consommation énergétique associée.

Référence à des situations réelles

Cette situation se rencontre très fréquemment en Tunisie, en particulier dans trois régions avec de forts enjeux :

- Sahel-Sfax : on utilise des eaux en provenance du barrage de Nebhana pour l'irrigation de périmètres irrigués alors qu'il existe une forte tension entre usages pour partager les eaux de ce barrage et que dans cette zone également on projette la construction de nouvelles unités de dessalement ;
- Cap Bon : on fait venir les eaux du Nord pour irriguer des orangers alors que des EUT pourraient être utilisées pour cet usage et qu'elles sont aujourd'hui rejetées à la mer avec des plages fermées à la baignade ;
- Tunis : à environ 20 km de Tunis, on utilise des eaux de surface dans la vallée de la Medjerda pendant que des gros volumes d'EUT de l'agglomération de Tunis sont rejetés à la mer et qu'on s'apprête à mettre en place des émissaires dans le Golfe pour les éloigner du littoral.

NB : pour les zones de Tunis et du Cap Bon le dessalement n'est pas forcément envisagé à ce stade. Ce pourquoi nous avons introduit également le cas d'étude ACB n°2B détaillé au sous-chapitre suivant.

DEFINITIONS DES SITUATIONS OBJET DE L'ACB

Les deux situations définies pour conduire l'analyse sont les suivantes :

- ***Référentiel :***
  - Rejet de 40 Mm^3 d'EUT en mer après un traitement secondaire ;
  - Mise en place d'un émissaire en mer pour conduire le rejet au large ;
  - Externalités négatives liées au rejet en mer des EUT ;
  - Irrigation de périmètres irrigués à partir d'une ressource superficielle éloignée.
  - Construction d'une unité de dessalement d'une capacité de 40 Mm^3 / an en vue de fournir en eau potable le territoire considéré qui se trouve en déficit pour son AEP.

- ***Projet :***
  - Traitement tertiaire de 40 Mm^3 d'EUT par le process technologique « B-B1 » (filtration à tambour + UV) adapté pour l'irrigation de périmètres arboricoles ;
  - Irrigation des mêmes périmètres irrigués à partir des EUT produites par ce traitement en replacement des ressources conventionnelles utilisées jusqu'alors. On fera l'hypothèse dans un premier temps que ces EUT sont produites sur place. On testera dans un second temps comment le résultat évolue si on doit ajouter un coût de transfert à ces EUT.

    NB : Dans la présente analyse, on fait l'hypothèse que l'utilisation des EUT n'entraine pas de différence sur la production agricole, qui est donc supposée identique dans la situation de référence (irrigation avec de l'eau conventionnelle) et dans la situation avec projet (irrigation avec des EUT). Cette hypothèse est simplificatrice car les deux situations ne sont en effet pas semblables. L'utilisation des EUT pourra de fait conduire à une hausse des rendements et à de moindre dépenses en engrais, comme déjà vu. Elle pourra avoir aussi des conséquences négatives avec un risque de pollution des sols et de la nappe. Cependant le but du présent calcul ACB est de se concentrer sur le différentiel lié aux ressources en eau et il nous semblait plus clair, pour le présent cas, de négliger ces différences.
  - Stockage intersaisonnier : on fait l'hypothèse qu'un quart du volume doit être stocké. Cette proportion est obtenue par analyse croisée des flux d'EUT et des besoins en eau dans le périmètre d'irrigation.
  - Le projet permet de libérer 40 Mm^3 de la ressource qui était utilisée par les périmètres irrigués considérés. Cette ressource est désormais utilisée par le territoire, ce qui va éviter la construction d'une unité dessalement. L'eau potable est produite dans ce cas par potabilisation de la ressource libérée.

RESULTATS

Dans un premier jeu de calcul, on prend en compte à la fois le coût de l'émissaire en mer et les externalités négatives liées au rejet en mer supposées égales à 0.15 DT/m^3 rejeté.

Sous ces hypothèses, la VAN du projet est positive, et de l'ordre de 3 milliards de DN.

Ce résultat nous parait fondamental à considérer pour la Tunisie.

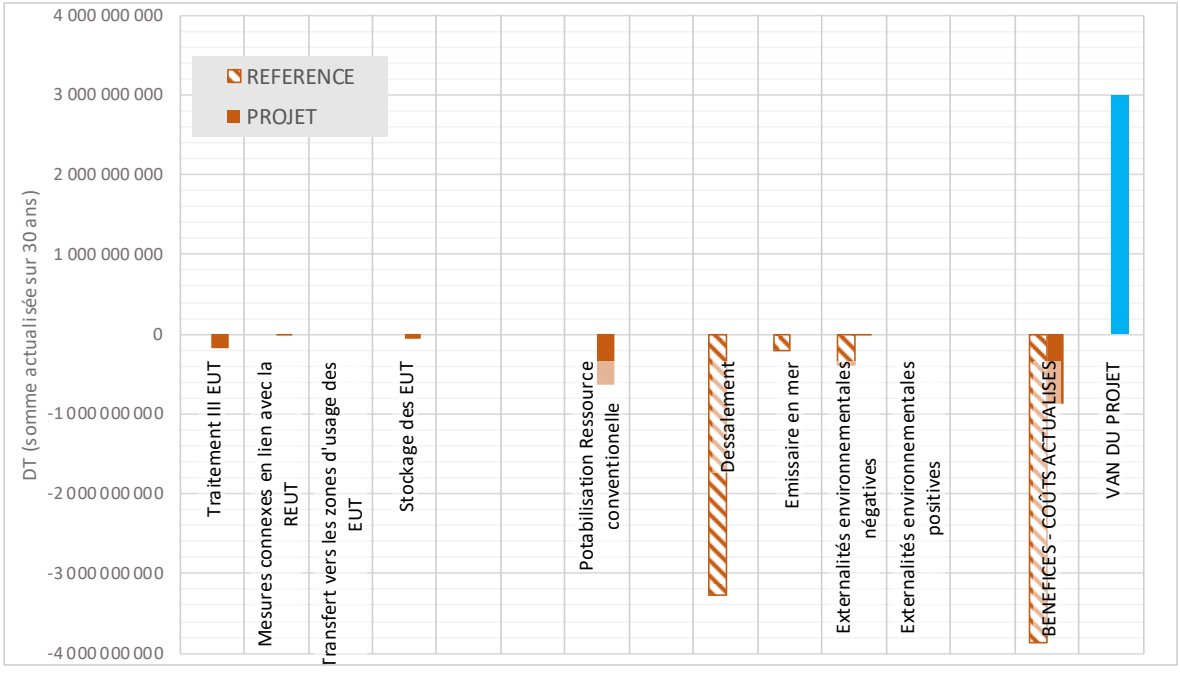
En considérant de manière intégrée les différents usages et ressources, en intégrant les EUT dans cette réflexion et en prenant en compte les coûts d'investissement et de fonctionnement sur un temps long, il montre que le choix de la REUT peut être extrêmement bénéfique pour les territoires en évitant des investissements massifs dans le dessalement ou en les repoussant à plus long terme.

Les résultats détaillés sont précisés dans les tableaux et graphe suivants.

Valeurs actualisées nettes sur 30 ans et Différentiel (présentation synthétique)

	(DNT)	REFERENCE - Rejet des EUT - Utilisation d'une ressource de surface pour l'irrigation - Construction d'une unité de dessallement pour l'AEP	PROJET - Utilisation des EUT pour l'irrigation - Libération de la ressource de surface pour l'AEP - Potabilisation de la ressource de surface	DIFFERENTIEL
c	Traitement III EUT	-	- 172 238 000	- 172 238 000
c	Mesures connexes en lien avec la REUT	-	- 2 523 000	- 2 523 000
c	Transfert vers les zones d'usage des EUT	-	-	-
c	Stockage des EUT	-	- 54 972 000	- 54 972 000
c		-	-	-
c		-	-	-
c	Potabilisation Ressource conventionelle	-	- 629 482 000	- 629 482 000
c		-	-	-
c	Dessalement	- 3 279 730 000	-	3 279 730 000
c	Emissaire en mer	- 202 320 000	-	202 320 000
c	Externalités environnementales négatives	- 381 037 000	- 16 769 000	364 268 000
b	Externalités environnementales positives	-	-	-
b		-	-	-
	BENEFICES - COÛTS ACTUALISES	**- 3 863 087 000**	**- 875 984 000**	
	VAN DU PROJET		2 987 103 000	**2 987 103 000**
	RATIO BENEFICES / COÛTS			**4,5**

L (km) 0



c : coût *b : bénéfice*		Unités		**Référentiel :** - Rejet des EUT - Utilisation d'une ressource de surface pour l'irrigation - Construction d'une unité de dessallement pour l'AEP		**Projet :** - Utilisation des EUT pour l'irrigation - Libération de la ressource de surface pour l'AEP - Potabilisation de la ressource de surface		**Différentiel** entre Projet et Référentiel	
		par m3	total	par m3	total sur 30 ans	par m3	total sur 30 ans	par m3	total sur 30 ans
	Traitement III EUT								
	coût investissement et renouvellement	DNT/m3	DNT	-	-	0,112	134 488 000	0,112	134 488 000
	énergie	*kWh/m3*	*kWh*	-	-	*0,080*	*96 000 000*	*0,080*	*96 000 000*
	coût exploitation - énergie	DNT/m3	DNT	-	-	0,013	15 182 000	0,013	15 182 000
	coût exploitation - hors énergie	DNT/m3	DNT	-	-	0,019	22 568 000	0,019	22 568 000
c	**total investissement et exploitation**	DNT/m3	DNT	**-**	**-**	**0,144**	**172 238 000**	0,144	**172 238 000**
	Autres frais liés au projet REUT (Analyses, vaccination, information…)								
c	coût autre frais	DNT/m3	DNT	**-**	**-**	**0,002**	**2 523 000**	**0,002**	**2 523 000**
	Transfert des EUT vers les zones d'usage								
	coût investissement et renouvellement	DNT/m3	DNT	-	-	-	-	-	-
	énergie	*kWh/m3*	*kWh*	-	-	-	-	-	-
	coût exploitation - énergie	DNT/m3	DNT	-	-	-	-	-	-
	coût exploitation - hors énergie	DNT/m3	DNT	-	-	-	-	-	-
c	**total investissement et exploitation**	DNT/m3	DNT	**-**	**-**	**-**	**-**	-	**-**
	Stockage intersaisonnier des EUT								
	coût investissement et renouvellement	DNT/m3	DNT	-	-	0,037	44 878 000	0,037	44 878 000
	coût exploitation	DNT/m3	DNT	-	-	0,008	10 094 000	0,008	10 094 000
c	**total investissement et exploitation**	DNT/m3	DNT	**-**	**-**	**0,046**	**54 972 000**	**0,046**	**54 972 000**
	Emissaire en mer								
	coût investissement et renouvellement	DNT/m3	DNT	0,151	181 440 000	-	-	- 0,151	- 181 440 000
	énergie	*kWh/m3*	*kWh*	*0,065*	*77 778 000*	-	-	- *0,065*	- *77 778 000*
	coût exploitation - énergie	DNT/m3	DNT	0,010	12 300 000	-	-	- 0,010	- 12 300 000
	coût exploitation - autre	DNT/m3	DNT	0,007	8 580 000	-	-	- 0,007	- 8 580 000
c	**total investissement et exploitation**	DNT/m3	DNT	0,169	**202 320 000**	**-**	**-**	**- 0,169**	**- 202 320 000**
	Dessalement								
	coût investissement et renouvellement	DNT/m3	DNT	1,202	1 442 581 000	-	-	- 1,202	- 1 442 581 000
	énergie	*kWh/m3*	*kWh*	*3,500*	*4 200 000 000*	-	-	- *3,500*	- *4 200 000 000*
	coût exploitation - énergie	DNT/m3	DNT	0,554	664 200 000	-	-	- 0,554	- 664 200 000
	coût exploitation - autre	DNT/m3	DNT	0,977	1 172 949 000	-	-	- 0,977	- 1 172 949 000
c	**total investissement et exploitation**	**DNT/m3**	**DNT**	**2,733**	**3 279 730 000**	**-**	**-**	**- 2,733**	**- 3 279 730 000**
	Potabilisation post-traitement III d'une ressource de surface								
	coût investissement et renouvellement	DNT/m3	DNT	-	-	0,137	164 172 000	0,137	164 172 000
	énergie	*kWh/m3*	*kWh*	-	-	*0,150*	*180 000 000*	*0,150*	*180 000 000*
	coût exploitation - énergie	DNT/m3	DNT	-	-	0,024	28 466 000	0,024	28 466 000
	coût exploitation - autre	DNT/m3	DNT	-	-	0,364	436 845 000	0,364	436 845 000
c	**total investissement et exploitation**	**DNT/m3**	**DNT**	**-**	**-**	**0,525**	**629 482 000**	**0,525**	**629 482 000**
	Externalités environnementales négatives								
	énergie traitement tertiaire	*kWh/m3*	*kWh*	-	-	*0,080*	*96 000 000*	*0,080*	*96 000 000*
	énergie transfert	*kWh/m3*	*kWh*	-	-	-	-	-	-
	énergie irrigation	*kWh/m3*	*kWh*	-	-	-	-	-	-
	énergie ressource actuelle	*kWh/m3*	*kWh*	-	-	-	-	-	-
	énergie dessallement	*kWh/m3*	*kWh*	*3,500*	*4 200 000 000*	-	-	- *3,500*	- *4 200 000 000*
	énergie potabilisation EUT post traitement III	*kWh/m3*	*kWh*	-	-	-	-	-	-
	énergie potabilisation Eau de surface	*kWh/m3*	*kWh*	-	-	*0,150*	*180 000 000*	*0,150*	*180 000 000*
	énergie émissaire	*kWh/m3*	*kWh*	*0,065*	*77 778 000*	-	-	- *0,065*	- *77 778 000*
	énergie totale	***kWh/m3***	***kWh***	***3,565***	***4 277 778 000***	***0,230***	***276 000 000***	**- *3,335***	**- 4 001 778 000**
	émission GES total	kgCO2é/m3	kgCO2é	1,651	1 980 611 000	0,106	127 788 000	- 1,544	- 1 852 823 000
	émission GES total	DNT/m3	DNT	0,217	259 906 000	0,014	16 769 000	- 0,203	- 243 137 000
	pollution milieu récepteur	DNT/m3	DNT	0,101	121 131 000	-	-	- 0,101	- 121 131 000
	contamination des sols						***		
	contamination des eaux souterraines						**		
c	**sous total externalités environnementales négatives**				**381 037 000**		**16 769 000**		**- 364 268 000**

Il ressort, de l'analyse des résultats, différents points saillants qui expliquent la VAN élevée du projet :

- Le coût du dessalement est bien plus élevé que la potabilisation d'une ressource de surface classique. Les coûts intégrés sur 30 ans respectifs de ces deux techniques sont environ 3 280 MDT et 630 MDT, soit un ratio de l'ordre de l'ordre de 5.

- Le coût total lié aux EUT, de l'ordre de 230 MDT (traitement 170 MDT, mesures connexes 2.5 MDT, stockage 55 MDT), reste d'un ordre inférieur.

On peut aussi noter le bénéfice en termes de gaz à effet de serre. Dans la situation de référence, l'émission totale de CO2eq sur 30 ans en lien avec la consommation énergétique est de près de 2 000 000 tonnes (1 980 611 exactement si on se reporte au tableau détaillé) alors qu'elle n'est que de l'ordre de 130 000 tonnes dans la situation avec projet (1/3 pour le traitement des EUT, 2/3 pour la potabilisation de la ressource de surface). Cette différence importante est liée en grande partie à la consommation en énergie élevée pour le dessalement.

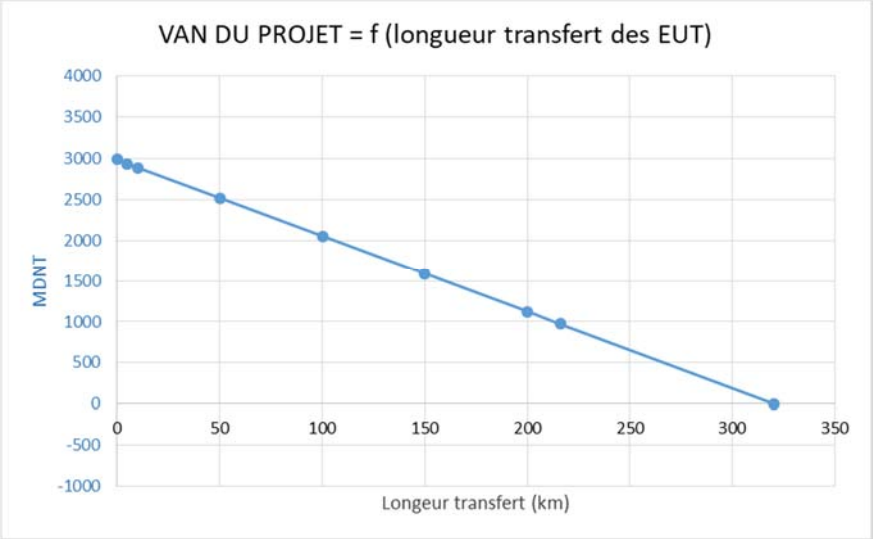
ANALYSE DE SENSIBILITE

Prise en compte d'un transfert des EUT

Dans la situation de base qui a été modélisée nous avons supposé que les EUT étaient produites à proximité des périmètres qui les utilisaient.

Il est possible d'intégrer un transfert de ces EUT à l'analyse. Le graphique suivant présente la variation de la VAN du projet en fonction de la distance de transfert. On fait l'hypothèse que le dénivelé associé au transfert augmente de manière proportionnelle à la distance avec une pente de 3 m/km (ce qui fait par exemple un dénivelé de 30 m pour un transfert de 10 km).

Avec les hypothèses retenues, la VAN devient nulle quand le transfert dépasse 320 km.

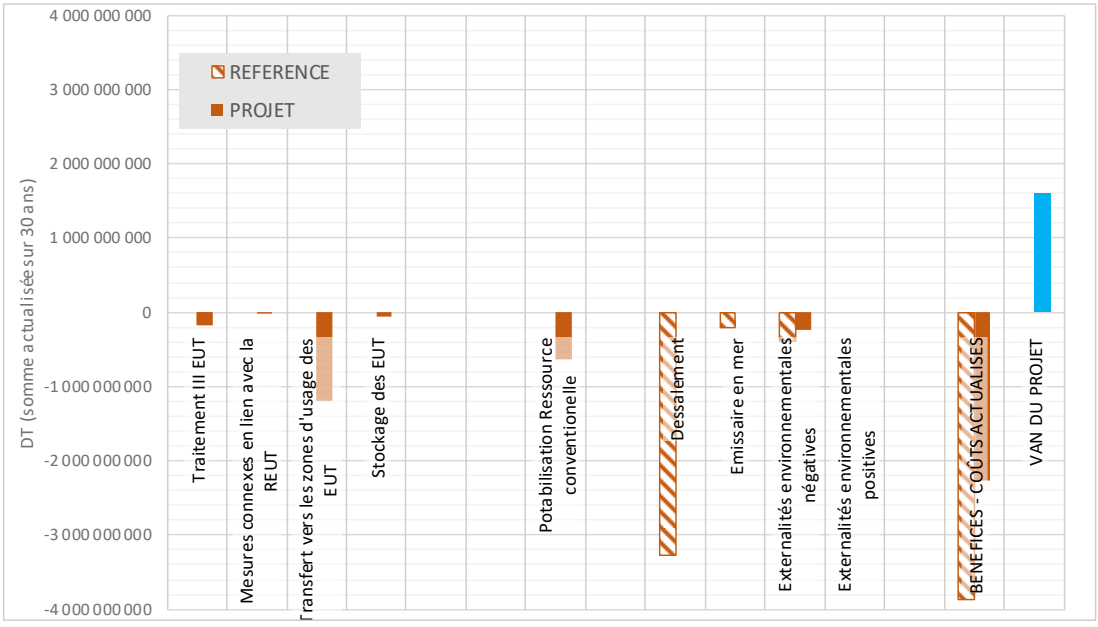


On présente ci-après les résultats détaillés pour un transfert de 150 km (dénivelé de 450 m).

Valeurs actualisées nettes sur 30 ans et Différentiel (présentation synthétique)

	(DNT)	REFERENCE - Rejet des EUT - Utilisation d'une ressource de surface pour l'irrigation - Construction d'une unité de dessalement pour l'AEP	PROJET - Utilisation des EUT pour l'irrigation - Libération de la ressource de surface pour l'AEP - Potabilisation de la ressource de surface	DIFFERENTIEL
c	Traitement III EUT	-	- 172 238 000	- 172 238 000
c	Mesures connexes en lien avec la REUT	-	- 2 523 000	- 2 523 000
c	Transfert vers les zones d'usage des EUT	-	- 1 187 882 000	-1 187 882 000
c	Stockage des EUT	-	- 54 972 000	- 54 972 000
c		-	-	-
c		-	-	-
c	Potabilisation Ressource conventionelle	-	- 629 482 000	- 629 482 000
c		-	-	-
c	Dessalement	- 3 279 730 000	-	3 279 730 000
c	Emissaire en mer	- 202 320 000	-	202 320 000
c	Externalités environnementales négatives	- 381 037 000	- 226 989 000	154 048 000
b	Externalités environnementales positives	-	-	-
b		-	-	-
	BENEFICES - COÛTS ACTUALISES	**- 3 863 087 000**	**- 2 274 086 000**	
	VAN DU PROJET		1 589 001 000	**1 589 001 000**
	RATIO BENEFICES / COÛTS			**1,8**

L (km) 150



Coûts et bénéfices pris en compte ans l'ACB (présentation détaillée)									
c : coût *b : bénéfice*		Unités		**Référentiel :** - Rejet des EUT - Utilisation d'une ressource de surface pour l'irrigation - Construction d'une unité de dessallement pour l'AEP		**Projet :** - Utilisation des EUT pour l'irrigation - Libération de la ressource de surface pour l'AEP - Potabilisation de la ressource de surface		**Différentiel** entre Projet et Référentiel	
		par m3	total	par m3	total sur 30 ans	par m3	total sur 30 ans	par m3	total sur 30 ans
	Traitement III EUT								
	coût investissement et renouvellement	DNT/m3	DNT	-	-	0,112	134 488 000	0,112	134 488 000
	énergie	*kWh/m3*	*kWh*	-	-	*0,080*	*96 000 000*	*0,080*	*96 000 000*
	coût exploitation - énergie	DNT/m3	DNT	-	-	0,013	15 182 000	0,013	15 182 000
	coût exploitation - hors énergie	DNT/m3	DNT	-	-	0,019	22 568 000	0,019	22 568 000
c	**total investissement et exploitation**	DNT/m3	DNT	**-**	**-**	**0,144**	**172 238 000**	0,144	**172 238 000**
	Autres frais liés au projet REUT (Analyses, vaccination, information…)								
c	coût autre frais	DNT/m3	DNT	**-**	**-**	**0,002**	**2 523 000**	**0,002**	**2 523 000**
	Transfert des EUT vers les zones d'usage								
	coût investissement et renouvellement	DNT/m3	DNT	-	-	0,431	517 083 000	0,431	517 083 000
	énergie	*kWh/m3*	*kWh*	-	-	*2,883*	*3 460 007 115*	*2,883*	*3 460 007 115*
	coût exploitation - énergie	DNT/m3	DNT	-	-	0,456	547 176 000	0,456	547 176 000
	coût exploitation - hors énergie	DNT/m3	DNT	-	-	0,103	123 624 000	0,103	123 624 000
c	**total investissement et exploitation**	DNT/m3	DNT	**-**	**-**	**0,990**	**1 187 882 000**	0,990	**1 187 882 000**
	Stockage intersaisonnier des EUT								
	coût investissement et renouvellement	DNT/m3	DNT	-	-	0,037	44 878 000	0,037	44 878 000
	coût exploitation	DNT/m3	DNT	-	-	0,008	10 094 000	0,008	10 094 000
c	**total investissement et exploitation**	DNT/m3	DNT	**-**	**-**	**0,046**	**54 972 000**	**0,046**	**54 972 000**
	Emissaire en mer								
	coût investissement et renouvellement	DNT/m3	DNT	0,151	181 440 000	-	-	- 0,151	- 181 440 000
	énergie	*kWh/m3*	*kWh*	*0,065*	*77 778 000*	-	-	- *0,065*	- *77 778 000*
	coût exploitation - énergie	DNT/m3	DNT	0,010	12 300 000	-	-	- 0,010	- 12 300 000
	coût exploitation - autre	DNT/m3	DNT	0,007	8 580 000	-	-	- 0,007	- 8 580 000
c	**total investissement et exploitation**	DNT/m3	DNT	0,169	**202 320 000**	**-**	**-**	**- 0,169**	**- 202 320 000**
	Dessalement								
	coût investissement et renouvellement	DNT/m3	DNT	1,202	1 442 581 000	-	-	- 1,202	- 1 442 581 000
	énergie	*kWh/m3*	*kWh*	*3,500*	*4 200 000 000*	-	-	- *3,500*	- *4 200 000 000*
	coût exploitation - énergie	DNT/m3	DNT	0,554	664 200 000	-	-	- 0,554	- 664 200 000
	coût exploitation - autre	DNT/m3	DNT	0,977	1 172 949 000	-	-	- 0,977	- 1 172 949 000
c	**total investissement et exploitation**	**DNT/m3**	**DNT**	**2,733**	**3 279 730 000**	**-**	**-**	**- 2,733**	**- 3 279 730 000**
	Potabilisation post-traitement III d'une ressource de surface								
	coût investissement et renouvellement	DNT/m3	DNT	-	-	0,137	164 172 000	0,137	164 172 000
	énergie	*kWh/m3*	*kWh*	-	-	*0,150*	*180 000 000*	*0,150*	*180 000 000*
	coût exploitation - énergie	DNT/m3	DNT	-	-	0,024	28 466 000	0,024	28 466 000
	coût exploitation - autre	DNT/m3	DNT	-	-	0,364	436 845 000	0,364	436 845 000
c	**total investissement et exploitation**	**DNT/m3**	**DNT**	**-**	**-**	**0,525**	**629 482 000**	**0,525**	**629 482 000**
	Externalités environnementales négatives								
	énergie traitement tertiaire	*kWh/m3*	*kWh*	-	-	*0,080*	*96 000 000*	*0,080*	*96 000 000*
	énergie transfert	*kWh/m3*	*kWh*	-	-	*2,883*	*3 460 007 000*	*2,883*	*3 460 007 000*
	énergie irrigation	*kWh/m3*	*kWh*	-	-	-	-	-	-
	énergie ressource actuelle	*kWh/m3*	*kWh*	-	-	-	-	-	-
	énergie dessallement	*kWh/m3*	*kWh*	*3,500*	*4 200 000 000*	-	-	- *3,500*	- *4 200 000 000*
	énergie potabilisation EUT post traitement III	*kWh/m3*	*kWh*	-	-	-	-	-	-
	énergie potabilisation Eau de surface	*kWh/m3*	*kWh*	-	-	*0,150*	*180 000 000*	*0,150*	*180 000 000*
	énergie émissaire	*kWh/m3*	*kWh*	*0,065*	*77 778 000*	-	-	- *0,065*	- *77 778 000*
	énergie totale	***kWh/m3***	***kWh***	***3,565***	***4 277 778 000***	***3,113***	***3 736 007 000***	***- 0,451***	***- 541 771 000***
	émission GES total	kgCO2é/m3	kgCO2é	1,651	1 980 611 000	1,441	1 729 771 000	- 0,209	- 250 840 000
	émission GES total	DNT/m3	DNT	0,217	259 906 000	0,189	226 989 000	- 0,027	- 32 917 000
	pollution milieu récepteur	DNT/m3	DNT	0,101	121 131 000	-	-	- 0,101	- 121 131 000
	contamination des sols						***		
	contamination des eaux souterraines						**		
c	**sous total externalités environnementales négatives**				**381 037 000**		**226 989 000**		**- 154 048 000**

On note que **la différence en termes d'émissions de gaz à effet de serre s'est dans ce cas très resserrée :** environ 2 000 000 tonnes de CO2eq dans la situation de référence et 1 700 000 tonnes dans la situation avec projet. En d'autres termes, **dans notre exemple, 150 km de transfert des EUT génèrent une quantité de gaz à effet de serre du même ordre que celle générée par le dessalement**.

Coût du dessallement

Les hypothèses de coût formulées sur le dessalement retenues dans le calcul sont les suivantes :

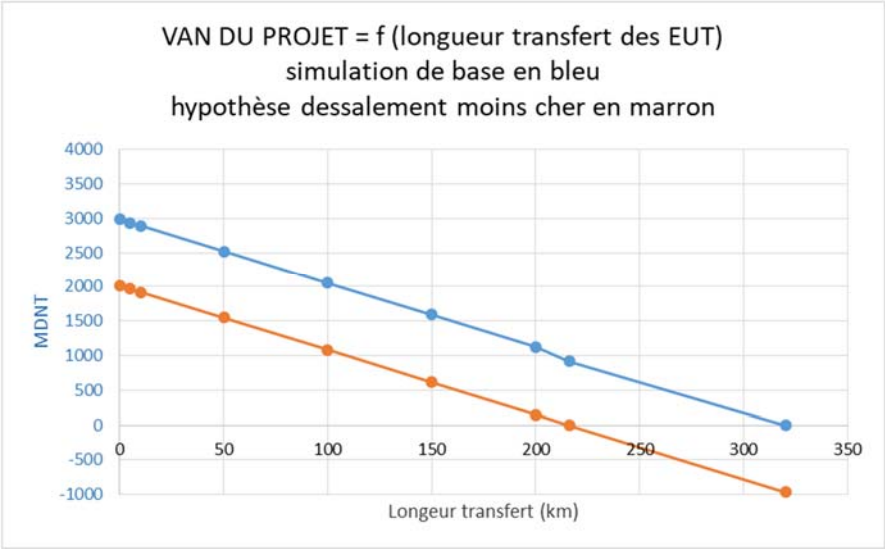
- 1500 euros/m^3/j pour l'investissement avec une répartition de 80% équipement, 20 % génie civil,
- renouvellement de l'équipement tous les 10 ans,
- 0.70 €/m^3 de coût global de fonctionnement, dont énergie,
- 3.5 kWh/m^3 pour la consommation énergétique du process.

Ces hypothèses pourront apparaitre élevées.

Nous avons testé comment le résultat du calcul évoluait si on réduisait l'investissement à 1000 €/m^3/j, le fonctionnement à 0.60 €/m^3, l'énergie à 3 kWh/m^3 et en considérant 2 renouvellements de sur une période de 30 ans (au lieu de 3 renouvellements).

Avec ces nouvelles hypothèses la VAN dans la simulation de base passe d'un peu plus de 3 000 MDT à un peu plus de 2 000 MDT, soit une réduction d'un tiers.

Avec ces mêmes hypothèses, nous avons recalculé le graphe présenté ci-après qui montre l'évolution de la VAN en fonction de la longueur de transfert des EUT.

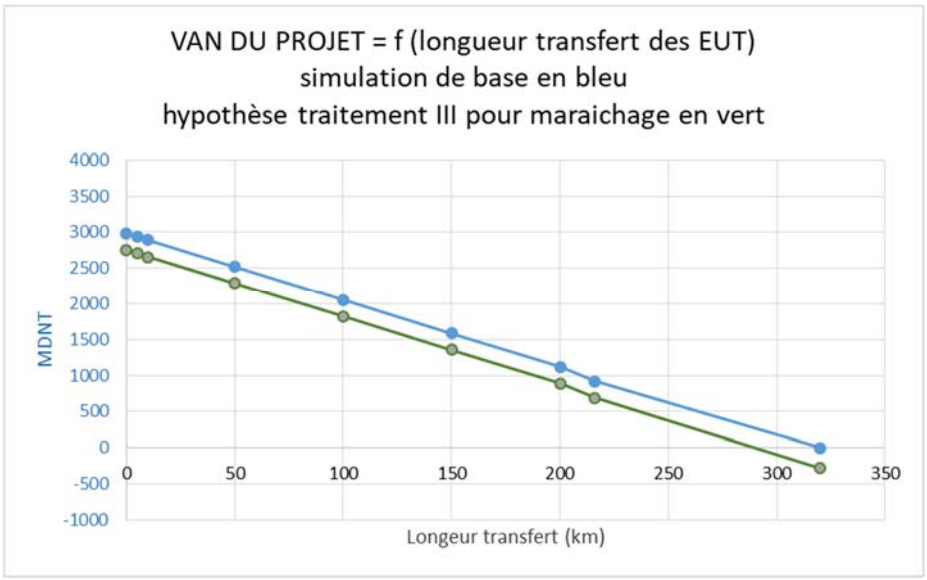


Avec les hypothèses de coût réduit pour le dessalement, la longueur de transfert des EUT correspondant à une VAN nulle passe de 320 km à 215 km.

Type de traitement des EUT et type de cultures

Le modèle permet également de faire varier le niveau de traitement des EUT. Toutes choses égales par ailleurs, le passage d'un traitement B-B2 (filtration sur sable + désinfection) adapté à de l'arboriculture à un traitement B-A2 (microfiltration + UV) adapté à du maraichage conduit à faire passer la VAN de 2 987 MDT à 2 755 MDT soit une diminution de 10%.

Le graphe présentant la VAN en fonction de la longueur de transfert évolue comme suit :



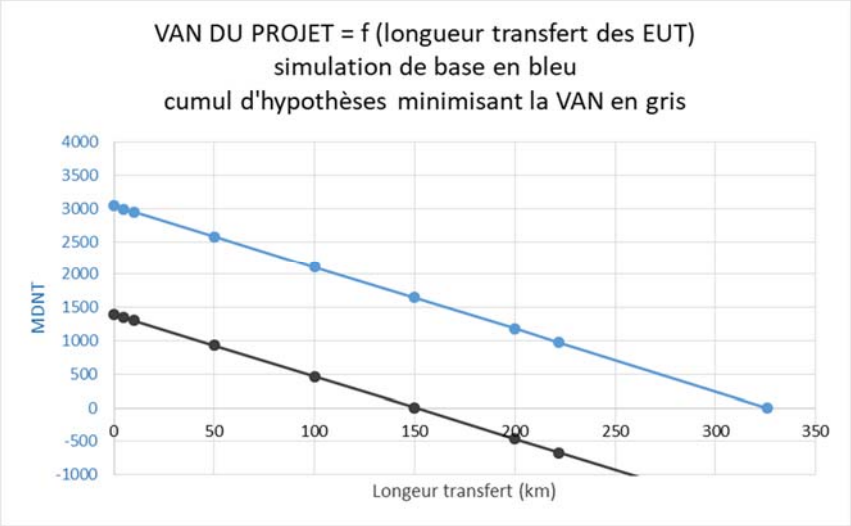
Avec les hypothèses formulées sur le niveau de traitement, la longueur de transfert des EUT correspondant à une VAN nulle passe de 320 km à un peu moins de 300 km.

Cumul d'hypothèses tendant à diminuer la VAN

Dans cette dernière simulation, nous cumulons les hypothèses suivantes qui tendant toutes potentiellement à diminuer la VAN :

- Réduction du coût du dessalement (selon hypothèse déjà explicitée plus haut),
- Traitement des EUT de type B -A2 (microfiltration + UV) adapté à du maraichage,
- Stockage intersaisonnier de 50 % du volume d'EUT (au lieu de 25% comme supposée dans les hypothèses de base),
- Non prise en compte d'un émissaire et des conséquences environnementales du rejet des EUT.

Sous ces hypothèses, la VAN passe de 3 046 MDT à 1 400 MDT, soit environ une division par 2 et le graphe présentant la VAN en fonction de la longueur de transfert évolue comme suit, où l'on note que **la longueur de transfert des EUT correspondant à une VAN nulle passe de 320 km à 150 km.**

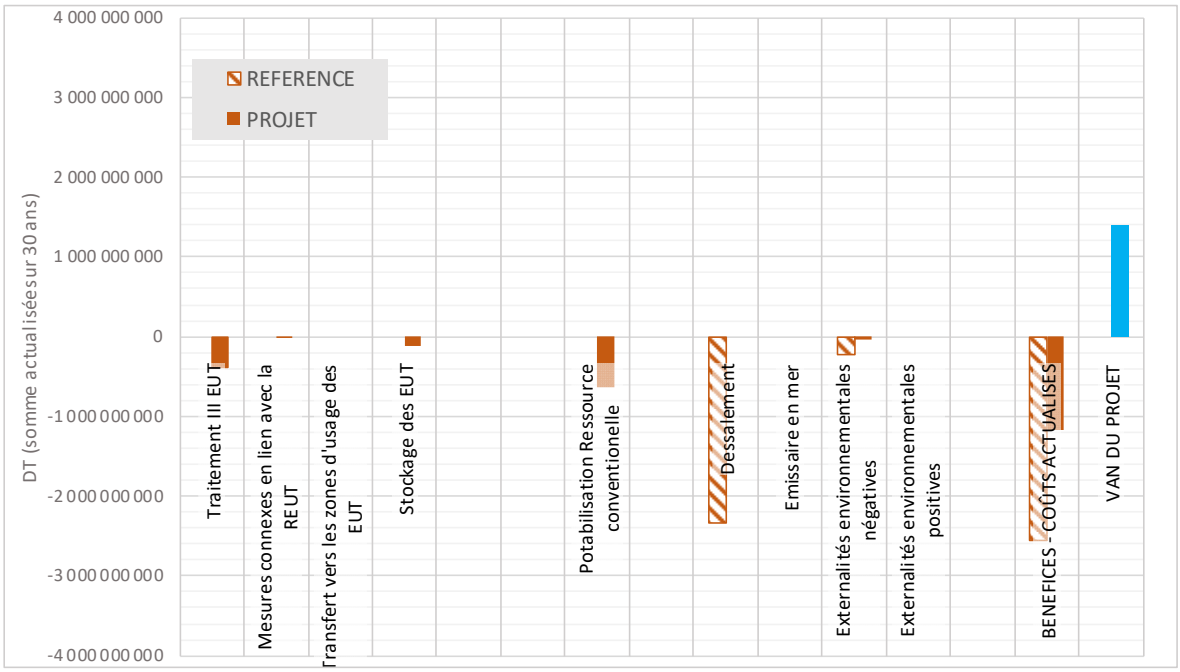


Les résultats détaillés sont présentés dans les tableaux et graphes suivants (pour un transfert de longueur nulle, puis pour un transfert de longueur 150 km).

Résultats détaillés pour un transfert des EUT de longueur nulle

Valeurs actualisées nettes sur 30 ans et Différentiel (présentation synthétique)

	(DNT)	REFERENCE - Rejet des EUT - Utilisation d'une ressource de surface pour l'irrigation - Construction d'une unité de dessalement pour l'AEP	PROJET - Utilisation des EUT pour l'irrigation - Libération de la ressource de surface pour l'AEP - Potabilisation de la ressource de surface	DIFFERENTIEL
c	Traitement III EUT	-	- 390 618 000	- 390 618 000
c	Mesures connexes en lien avec la REUT	-	- 2 523 000	- 2 523 000
c	Transfert vers les zones d'usage des EUT	-	-	-
c	Stockage des EUT	-	- 109 944 000	- 109 944 000
c		-	-	-
c		-	-	-
c	Potabilisation Ressource conventionelle	-	- 629 482 000	- 629 482 000
c		-	-	-
c	Dessalement	- 2 344 657 000	-	2 344 657 000
c	Emissaire en mer	-	-	-
c	Externalités environnementales négatives	- 218 726 000	- 30 622 000	188 104 000
b	Externalités environnementales positives	-	-	-
b		-	-	-
	BENEFICES - COÛTS ACTUALISES	**- 2 563 383 000**	**- 1 163 189 000**	
	VAN DU PROJET		1 400 194 000	**1 400 194 000**
	RATIO BENEFICES / COÛTS		291	**2,2**
		L (km)	0	

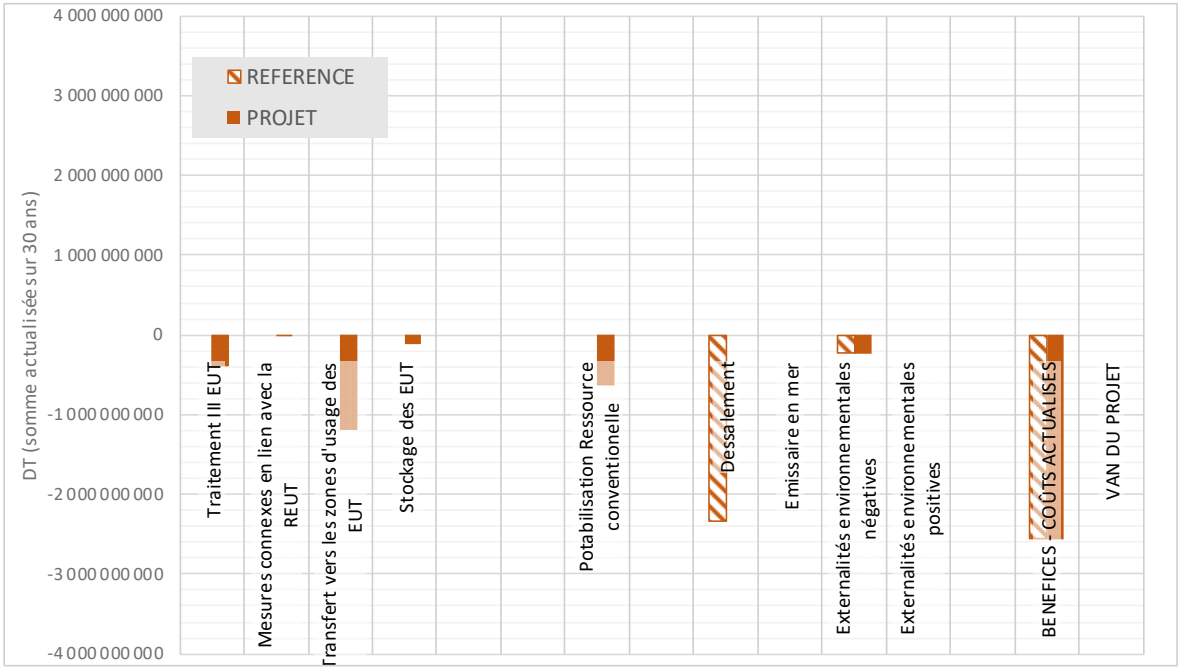


Coûts et bénéfices pris en compte ans l'ACB (présentation détaillée)									
c : coût *b : bénéfice*		Unités		**Référentiel :** - Rejet des EUT - Utilisation d'une ressource de surface pour l'irrigation - Construction d'une unité de dessallement pour l'AEP		**Projet :** - Utilisation des EUT pour l'irrigation - Libération de la ressource de surface pour l'AEP - Potabilisation de la ressource de surface		**Différentiel** entre Projet et Référentiel	
		par m3	total	par m3	total sur 30 ans	par m3	total sur 30 ans	par m3	total sur 30 ans
	Traitement III EUT								
	coût investissement et renouvellement	DNT/m3	DNT	-	-	0,252	302 535 000	0,252	302 535 000
	énergie	*kWh/m3*	*kWh*	-	-	*0,270*	*324 000 000*	*0,270*	*324 000 000*
	coût exploitation - énergie	DNT/m3	DNT	-	-	0,043	51 238 000	0,043	51 238 000
	coût exploitation - hors énergie	DNT/m3	DNT	-	-	0,031	36 844 000	0,031	36 844 000
c	**total investissement et exploitation**	DNT/m3	DNT	**-**	**-**	**0,326**	**390 618 000**	0,326	**390 618 000**
	Autres frais liés au projet REUT (Analyses, vaccination, information…)								
c	coût autre frais	DNT/m3	DNT	**-**	**-**	**0,002**	**2 523 000**	**0,002**	**2 523 000**
	Transfert des EUT vers les zones d'usage								
	coût investissement et renouvellement	DNT/m3	DNT	-	-	-	-	-	-
	énergie	*kWh/m3*	*kWh*	-	-	-	-	-	-
	coût exploitation - énergie	DNT/m3	DNT	-	-	-	-	-	-
	coût exploitation - hors énergie	DNT/m3	DNT	-	-	-	-	-	-
c	**total investissement et exploitation**	DNT/m3	DNT	**-**	**-**	**-**	**-**	-	**-**
	Stockage intersaisonnier des EUT								
	coût investissement et renouvellement	DNT/m3	DNT	-	-	0,075	89 756 000	0,075	89 756 000
	coût exploitation	DNT/m3	DNT	-	-	0,017	20 188 000	0,017	20 188 000
c	**total investissement et exploitation**	DNT/m3	DNT	**-**	**-**	**0,092**	**109 944 000**	**0,092**	**109 944 000**
	Emissaire en mer								
	coût investissement et renouvellement	DNT/m3	DNT	-	-	-	-	-	-
	énergie	*kWh/m3*	*kWh*	-	-	-	-	-	-
	coût exploitation - énergie	DNT/m3	DNT	-	-	-	-	-	-
	coût exploitation - autre	DNT/m3	DNT	-	-	-	-	-	-
c	**total investissement et exploitation**	DNT/m3	DNT	-	-	-	-	-	-
	Dessalement								
	coût investissement et renouvellement	DNT/m3	DNT	0,642	769 957 000	-	-	- 0,642	- 769 957 000
	énergie	*kWh/m3*	*kWh*	*3,000*	*3 600 000 000*	-	-	- *3,000*	- *3 600 000 000*
	coût exploitation - énergie	DNT/m3	DNT	0,474	569 314 000	-	-	- 0,474	- 569 314 000
	coût exploitation - autre	DNT/m3	DNT	0,838	1 005 385 000	-	-	- 0,838	- 1 005 385 000
c	**total investissement et exploitation**	**DNT/m3**	**DNT**	**1,954**	**2 344 657 000**	**-**	**-**	**- 1,954**	**- 2 344 657 000**
	Potabilisation post-traitement III d'une ressource de surface								
	coût investissement et renouvellement	DNT/m3	DNT	-	-	0,137	164 172 000	0,137	164 172 000
	énergie	*kWh/m3*	*kWh*	-	-	*0,150*	*180 000 000*	*0,150*	*180 000 000*
	coût exploitation - énergie	DNT/m3	DNT	-	-	0,024	28 466 000	0,024	28 466 000
	coût exploitation - autre	DNT/m3	DNT	-	-	0,364	436 845 000	0,364	436 845 000
c	**total investissement et exploitation**	**DNT/m3**	**DNT**	**-**	**-**	**0,525**	**629 482 000**	**0,525**	**629 482 000**
	Externalités environnementales négatives								
	énergie traitement tertiaire	*kWh/m3*	*kWh*	-	-	*0,270*	*324 000 000*	*0,270*	*324 000 000*
	énergie transfert	*kWh/m3*	*kWh*	-	-	-	-	-	-
	énergie irrigation	*kWh/m3*	*kWh*	-	-	-	-	-	-
	énergie ressource actuelle	*kWh/m3*	*kWh*	-	-	-	-	-	-
	énergie dessallement	*kWh/m3*	*kWh*	*3,000*	*3 600 000 000*	-	-	- *3,000*	- *3 600 000 000*
	énergie potabilisation EUT post traitement III	*kWh/m3*	*kWh*	-	-	-	-	-	-
	énergie potabilisation Eau de surface	*kWh/m3*	*kWh*	-	-	*0,150*	*180 000 000*	*0,150*	*180 000 000*
	énergie émissaire	*kWh/m3*	*kWh*	-	-	-	-	-	-
	énergie totale	***kWh/m3***	***kWh***	***3,000***	***3 600 000 000***	***0,420***	***504 000 000***	***- 2,580***	***- 3 096 000 000***
	émission GES total	kgCO2é/m3	kgCO2é	1,389	1 666 800 000	0,194	233 352 000	- 1,195	- 1 433 448 000
	émission GES total	DNT/m3	DNT	0,182	218 726 000	0,026	30 622 000	- 0,157	- 188 104 000
	pollution milieu récepteur	DNT/m3	DNT	-	-	-	-	-	-
	contamination des sols						***		
	contamination des eaux souterraines						**		
c	**sous total externalités environnementales négatives**				**218 726 000**		**30 622 000**		**- 188 104 000**

Résultats détaillés pour un transfert des EUT d'une longueur de 150 km

Valeurs actualisées nettes sur 30 ans et Différentiel (présentation synthétique)

	(DNT)	REFERENCE - Rejet des EUT - Utilisation d'une ressource de surface pour l'irrigation - Construction d'une unité de dessalement pour l'AEP	PROJET - Utilisation des EUT pour l'irrigation - Libération de la ressource de surface pour l'AEP - Potabilisation de la ressource de surface	DIFFERENTIEL
c	Traitement III EUT	-	- 390 618 000	- 390 618 000
c	Mesures connexes en lien avec la REUT	-	- 2 523 000	- 2 523 000
c	Transfert vers les zones d'usage des EUT	-	- 1 189 660 000	-1 189 660 000
c	Stockage des EUT	-	- 109 944 000	- 109 944 000
c		-	-	-
c		-	-	-
c	Potabilisation Ressource conventionelle	-	- 629 482 000	- 629 482 000
c		-	-	-
c	Dessalement	- 2 344 657 000	-	2 344 657 000
c	Emissaire en mer	-	-	-
c	Externalités environnementales négatives	- 218 726 000	- 241 156 000	- 22 430 000
b	Externalités environnementales positives	-	-	-
b		-	-	-
	BENEFICES - COÛTS ACTUALISES	**- 2 563 383 000**	**- 2 563 383 000**	
	VAN DU PROJET			-
	RATIO BENEFICES / COÛTS			**1,0**
		L (km)	150,2245	



Coûts et bénéfices pris en compte ans l'ACB (présentation détaillée)									
c : coût *b : bénéfice*		Unités		**Référentiel :** - Rejet des EUT - Utilisation d'une ressource de surface pour l'irrigation - Construction d'une unité de dessallement pour l'AEP		**Projet :** - Utilisation des EUT pour l'irrigation - Libération de la ressource de surface pour l'AEP - Potabilisation de la ressource de surface		**Différentiel** entre Projet et Référentiel	
		par m3	total	par m3	total sur 30 ans	par m3	total sur 30 ans	par m3	total sur 30 ans
	Traitement III EUT								
	coût investissement et renouvellement	DNT/m3	DNT	-	-	0,252	302 535 000	0,252	302 535 000
	énergie	*kWh/m3*	*kWh*	-	-	*0,270*	*324 000 000*	*0,270*	*324 000 000*
	coût exploitation - énergie	DNT/m3	DNT	-	-	0,043	51 238 000	0,043	51 238 000
	coût exploitation - hors énergie	DNT/m3	DNT	-	-	0,031	36 844 000	0,031	36 844 000
c	**total investissement et exploitation**	DNT/m3	DNT	-	-	**0,326**	**390 618 000**	0,326	**390 618 000**
	Autres frais liés au projet REUT (Analyses, vaccination, information…)								
c	coût autre frais	DNT/m3	DNT	-	-	**0,002**	**2 523 000**	**0,002**	**2 523 000**
	Transfert des EUT vers les zones d'usage								
	coût investissement et renouvellement	DNT/m3	DNT	-	-	0,432	517 857 000	0,432	517 857 000
	énergie	*kWh/m3*	*kWh*	-	-	*2,888*	*3 465 185 592*	*2,888*	*3 465 185 592*
	coût exploitation - énergie	DNT/m3	DNT	-	-	0,457	547 994 000	0,457	547 994 000
	coût exploitation - hors énergie	DNT/m3	DNT	-	-	0,103	123 809 000	0,103	123 809 000
c	**total investissement et exploitation**	DNT/m3	DNT	-	-	**0,991**	**1 189 660 000**	0,991	**1 189 660 000**
	Stockage intersaisonnier des EUT								
	coût investissement et renouvellement	DNT/m3	DNT	-	-	0,075	89 756 000	0,075	89 756 000
	coût exploitation	DNT/m3	DNT	-	-	0,017	20 188 000	0,017	20 188 000
c	**total investissement et exploitation**	DNT/m3	DNT	-	-	**0,092**	**109 944 000**	**0,092**	**109 944 000**
	Emissaire en mer								
	coût investissement et renouvellement	DNT/m3	DNT	-	-	-	-	-	-
	énergie	*kWh/m3*	*kWh*	-	-	-	-	-	-
	coût exploitation - énergie	DNT/m3	DNT	-	-	-	-	-	-
	coût exploitation - autre	DNT/m3	DNT	-	-	-	-	-	-
c	**total investissement et exploitation**	DNT/m3	DNT	-	-	-	-	-	-
	Dessalement								
	coût investissement et renouvellement	DNT/m3	DNT	0,642	769 957 000	-	-	- 0,642	- 769 957 000
	énergie	*kWh/m3*	*kWh*	*3,000*	*3 600 000 000*	-	-	*- 3,000*	*- 3 600 000 000*
	coût exploitation - énergie	DNT/m3	DNT	0,474	569 314 000	-	-	- 0,474	- 569 314 000
	coût exploitation - autre	DNT/m3	DNT	0,838	1 005 385 000	-	-	- 0,838	- 1 005 385 000
c	**total investissement et exploitation**	**DNT/m3**	**DNT**	**1,954**	**2 344 657 000**	-	-	**- 1,954**	**- 2 344 657 000**
	Potabilisation post-traitement III d'une ressource de surface								
	coût investissement et renouvellement	DNT/m3	DNT	-	-	0,137	164 172 000	0,137	164 172 000
	énergie	*kWh/m3*	*kWh*	-	-	*0,150*	*180 000 000*	*0,150*	*180 000 000*
	coût exploitation - énergie	DNT/m3	DNT	-	-	0,024	28 466 000	0,024	28 466 000
	coût exploitation - autre	DNT/m3	DNT	-	-	0,364	436 845 000	0,364	436 845 000
c	**total investissement et exploitation**	**DNT/m3**	**DNT**	-	-	**0,525**	**629 482 000**	**0,525**	**629 482 000**
	Externalités environnementales négatives								
	énergie traitement tertiaire	*kWh/m3*	*kWh*	-	-	*0,270*	*324 000 000*	*0,270*	*324 000 000*
	énergie transfert	*kWh/m3*	*kWh*	-	-	*2,888*	*3 465 186 000*	*2,888*	*3 465 186 000*
	énergie irrigation	*kWh/m3*	*kWh*	-	-	-	-	-	-
	énergie ressource actuelle	*kWh/m3*	*kWh*	-	-	-	-	-	-
	énergie dessallement	*kWh/m3*	*kWh*	*3,000*	*3 600 000 000*	-	-	*- 3,000*	*- 3 600 000 000*
	énergie potabilisation EUT post traitement III	*kWh/m3*	*kWh*	-	-	-	-	-	-
	énergie potabilisation Eau de surface	*kWh/m3*	*kWh*	-	-	*0,150*	*180 000 000*	*0,150*	*180 000 000*
	énergie émissaire	*kWh/m3*	*kWh*	-	-	-	-	-	-
	énergie totale	***kWh/m3***	***kWh***	***3,000***	***3 600 000 000***	***3,308***	***3 969 186 000***	***0,308***	**369 186 000**
	émission GES total	kgCO2é/m3	kgCO2é	1,389	1 666 800 000	1,531	1 837 733 000	0,142	170 933 000
	émission GES total	DNT/m3	DNT	0,182	218 726 000	0,201	241 156 000	0,019	22 430 000
	pollution milieu récepteur	DNT/m3	DNT	-	-	-	-	-	-
	contamination des sols						***		
	contamination des eaux souterraines						**		
c	**sous total externalités environnementales négatives**				**218 726 000**		**241 156 000**		**22 430 000**

16.2.2 ACB n°2B : Cas d'un territoire en moindre tension où le dessalement n'est pas forcément envisagé à ce stade

CONTEXTE - QUESTION

Nous reprenons la même grande question dans le cas précédent (ACB n°2A) mais dans ce nouveau calcul nous supposons cette fois que le territoire considéré n'est pas obligé de faire appel à du dessalement pour satisfaire ses besoins en eau.

DEFINITIONS DES SITUATIONS OBJET DE L'ACB

Les deux situations définies pour conduire l'analyse sont les suivantes :

- ***Référentiel :***
  - Rejet de 40 Mm^3 d'EUT en mer après un traitement secondaire ;
  - Mise en place d'un émissaire en mer pour conduire le rejet au large ;
  - Externalités négatives liées au rejet en mer des EUT ;

- Irrigation de périmètres irrigués à partir d'une ressource superficielle éloignée ;
- Production d'AEP à partir de la même ressource superficielle éloignée.

- ***Projet :***
  - Traitement tertiaire de 40 Mm^3 d'EUT par le process technologique « B-B1 » (filtration à tambour + UV) adapté pour l'irrigation de périmètres arboricoles ;
  - Irrigation des mêmes périmètres irrigués à partir des EUT produites par ce traitement en replacement des ressources conventionnelles utilisées jusqu'alors. On fera l'hypothèse dans un premier temps que ces EUT sont produites sur place. On testera dans un second temps comment le résultat évolue si on doit ajouter un coût de transfert à ces EUT.

    NB : comme dans la précédente analyse (ACB n°2A), on fait l'hypothèse que l'utilisation des EUT n'entraine pas de différence sur la production agricole, qui est donc supposée identique dans la situation de référence (irrigation avec de l'eau conventionnelle) et dans la situation avec projet (irrigation avec des EUT). Cette hypothèse est simplificatrice car les deux situations ne sont en effet pas semblables. L'utilisation des EUT pourra de fait conduire à une hausse des rendements et à de moindre dépenses en engrais, comme déjà vu. Elle pourra avoir aussi des conséquences négatives avec un risque de pollution des sols et de la nappe. Cependant le but du présent calcul ACB est de se concentrer sur le différentiel lié aux ressources en eau et il nous semblait plus clair, pour le présent cas, de négliger ces différences.
  - Stockage intersaisonnier : on fait l'hypothèse qu'un quart du volume doit être stocké. Cette proportion est obtenue par analyse croisée des flux d'EUT et des besoins en eau dans le périmètre d'irrigation.
  - Le projet permet de libérer 40 Mm^3 de la ressource qui était utilisée par les périmètres irrigués considérés. Cette ressource désormais libérée pourra être utilisé par le territoire par exemple pour satisfaire la croissance de ces besoins en eau potable.

    Dans cette optique elle est valorisée dans l'analyse au prix actuel de l'eau potable. On considère pour cela un prix moyen de 0.65 DT/m^3, coût moyen cité à la page 101 du rapport de Diagnostic Volume 3 de l'étude Eau 2050 (prix qui ne prend pas en compte la part fixe de la facturation AEP). Cette valorisation par le prix de l'AEP pourra être discutée. C'est la méthode recommandée à la page 37 du document Plan Bleu déjà cité *Condom, Lefevre, Vandome, 2012, La REUT en Méditerranée : retour d'expériences et aide à l'élaboration de projets.*

    Cette valorisation des eaux libérées par la REUT est indiquée dans la catégorie « externalités environnementales positives » dans nos tableaux de résultats.

RESULTATS

Dans un premier jeu de calcul, on prend en compte à la fois le coût de l'émissaire en mer et les externalités négatives liées au rejet en mer supposées égales à 0.15 DT/m^3 rejeté.

Dans ces hypothèses, **la VAN du projet s'élève à environ 620 MDT**.

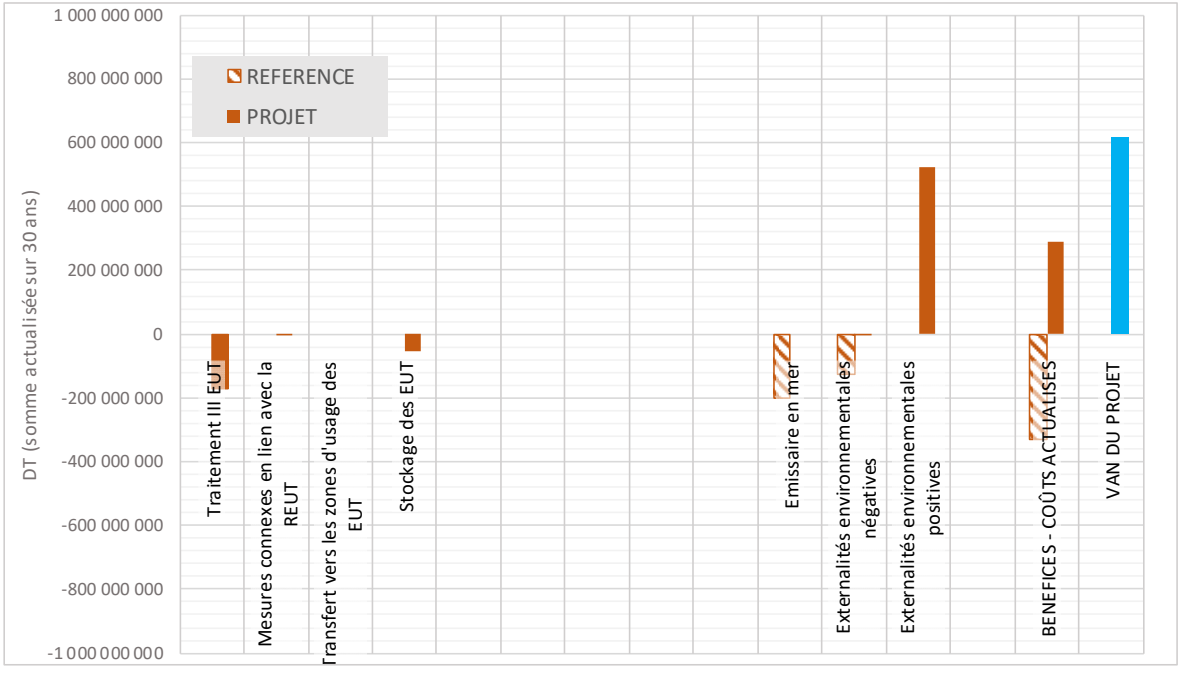
Elle est bien moins élevée que dans le cas 2A. Ceci est lié au fait que la ressource reste globalement suffisamment abondante sur le territoire considéré alors que dans le cas précédent le territoire devait recourir au dessalement.

Si elle est moins élevée elle reste cependant très largement positive.

Valeurs actualisées nettes sur 30 ans et Différentiel (présentation synthétique)

	(DNT)	REFERENCE - Rejet des EUT - Utilisation d'une ressource de surface pour l'irrigation	PROJET - Utilisation des EUT pour l'irrigation - Libération de la ressource de surface pour le territoire (par exemple pour de l'AEP)	DIFFERENTIEL
c	Traitement III EUT	-	- 172 238 000	- 172 238 000
c	Mesures connexes en lien avec la REUT	-	- 2 523 000	- 2 523 000
c	Transfert vers les zones d'usage des EUT	-	-	-
c	Stockage des EUT	-	- 54 972 000	- 54 972 000
c		-	-	-
c		-	-	-
c		-	-	-
c		-	-	-
c		-	-	-
c	Emissaire en mer	- 202 320 000	-	202 320 000
c	Externalités environnementales négatives	- 125 857 000	- 5 833 000	120 024 000
b	Externalités environnementales positives	-	524 900 000	524 900 000
b		-	-	-
	BENEFICES - COÛTS ACTUALISES	**- 328 177 000**	**289 334 000**	
	VAN DU PROJET		617 511 000	**617 511 000**
	RATIO BENEFICES / COÛTS			**3,7**

L (km) 0



Coûts et bénéfices pris en compte ans l'ACB (présentation détaillée)									
c : coût *b : bénéfice*		Unités		**Référentiel :** - Rejet des EUT - Utilisation d'une ressource de surface pour l'irrigation		**Projet :** - Utilisation des EUT pour l'irrigation - Libération de la ressource de surface pour le territoire (par exemple pour de l'AEP)		**Différentiel** entre Projet et Référentiel	
		par m3	total	par m3	total sur 30 ans	par m3	total sur 30 ans	par m3	total sur 30 ans
	Traitement III EUT								
	coût investissement et renouvellement	DNT/m3	DNT	-	-	0,112	134 488 000	0,112	134 488 000
	énergie	*kWh/m3*	*kWh*	-	-	*0,080*	*96 000 000*	*0,080*	*96 000 000*
	coût exploitation - énergie	DNT/m3	DNT	-	-	0,013	15 182 000	0,013	15 182 000
	coût exploitation - hors énergie	DNT/m3	DNT	-	-	0,019	22 568 000	0,019	22 568 000
c	**total investissement et exploitation**	DNT/m3	DNT	**-**	**-**	**0,144**	**172 238 000**	0,144	**172 238 000**
	Autres frais liés au projet REUT (Analyses, vaccination, information…)								
c	coût autre frais	DNT/m3	DNT	**-**	**-**	**0,002**	**2 523 000**	**0,002**	**2 523 000**
	Transfert des EUT vers les zones d'usage								
	coût investissement et renouvellement	DNT/m3	DNT	-	-	-	-	-	-
	énergie	*kWh/m3*	*kWh*	-	-	-	-	-	-
	coût exploitation - énergie	DNT/m3	DNT	-	-	-	-	-	-
	coût exploitation - hors énergie	DNT/m3	DNT	-	-	-	-	-	-
c	**total investissement et exploitation**	DNT/m3	DNT	**-**	**-**	**-**	**-**	-	**-**
	Stockage intersaisonnier des EUT								
	coût investissement et renouvellement	DNT/m3	DNT	-	-	0,037	44 878 000	0,037	44 878 000
	coût exploitation	DNT/m3	DNT	-	-	0,008	10 094 000	0,008	10 094 000
c	**total investissement et exploitation**	DNT/m3	DNT	**-**	**-**	**0,046**	**54 972 000**	**0,046**	**54 972 000**
	Emissaire en mer								
	coût investissement et renouvellement	DNT/m3	DNT	0,151	181 440 000	-	-	- 0,151	- 181 440 000
	énergie	*kWh/m3*	*kWh*	*0,065*	*77 778 000*	-	-	- *0,065*	- *77 778 000*
	coût exploitation - énergie	DNT/m3	DNT	0,010	12 300 000	-	-	- 0,010	- 12 300 000
	coût exploitation - autre	DNT/m3	DNT	0,007	8 580 000	-	-	- 0,007	- 8 580 000
c	**total investissement et exploitation**	DNT/m3	DNT	0,169	**202 320 000**	**-**	**-**	- **0,169**	- **202 320 000**
	Dessalement								
	coût investissement et renouvellement	DNT/m3	DNT	-	-	-	-	-	-
	énergie	*kWh/m3*	*kWh*	-	-	-	-	-	-
	coût exploitation - énergie	DNT/m3	DNT	-	-	-	-	-	-
	coût exploitation - autre	DNT/m3	DNT	-	-	-	-	-	-
c	**total investissement et exploitation**	**DNT/m3**	**DNT**	**-**	**-**	**-**	**-**	**-**	**-**
	Potabilisation post-traitement III d'une ressource de surface								
	coût investissement et renouvellement	DNT/m3	DNT	-	-	-	-	-	-
	énergie	*kWh/m3*	*kWh*	-	-	-	-	-	-
	coût exploitation - énergie	DNT/m3	DNT	-	-	-	-	-	-
	coût exploitation - autre	DNT/m3	DNT	-	-	-	-	-	-
c	**total investissement et exploitation**	**DNT/m3**	**DNT**	**-**	**-**	**-**	**-**	**-**	**-**
	Externalités environnementales négatives								
	énergie traitement tertiaire	*kWh/m3*	*kWh*	-	-	*0,080*	*96 000 000*	*0,080*	*96 000 000*
	énergie transfert	*kWh/m3*	*kWh*	-	-	-	-	-	-
	énergie émissaire	*kWh/m3*	*kWh*	*0,065*	*77 778 000*	-	-	- *0,065*	- *77 778 000*
	énergie totale	***kWh/m3***	***kWh***	***0,065***	***77 778 000***	***0,080***	***96 000 000***	***0,015***	**18 222 000**
	émission GES total	kgCO2é/m3	kgCO2é	0,030	36 011 000	0,037	44 448 000	0,007	8 437 000
	émission GES total	DNT/m3	DNT	0,004	4 726 000	0,005	5 833 000	0,001	1 107 000
	pollution milieu récepteur	DNT/m3	DNT	0,101	121 131 000	-	-	- 0,101	- 121 131 000
	contamination des sols						***		
	contamination des eaux souterraines						**		
c	**sous total externalités environnementales négatives**				**125 857 000**		**5 833 000**		- **120 024 000**
	Externalités environnementales positives								
	libération d'une ressource milieu récepteur	DNT/m3	DNT	-	-	0,437	524 900 000	0,437	524 900 000
b	**sous total externalités environnementales négatives**				**-**		**524 900 000**		**524 900 000**

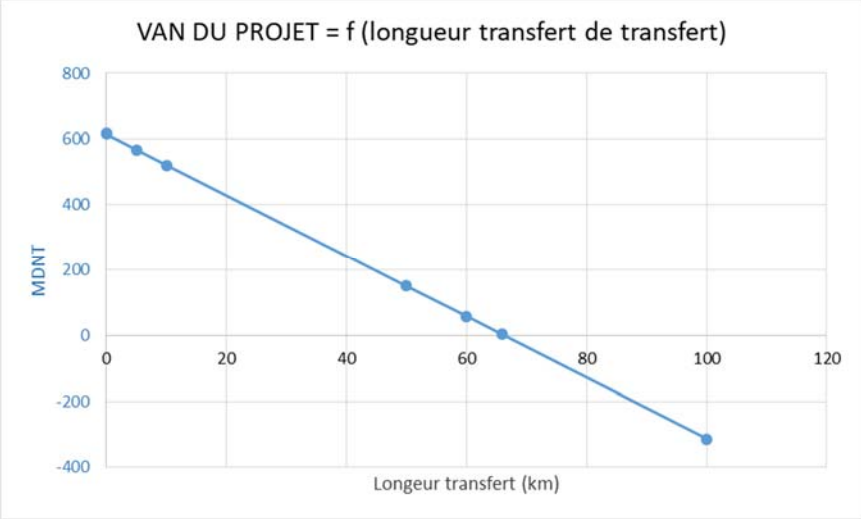
ANALYSE DE SENSIBILITE

Prise en compte d'un transfert des EUT

Dans la situation de base qui a été modélisée nous avons supposé que les EUT étaient produites à proximité des périmètres qui les utilisaient.

Il est possible d'intégrer un transfert de ces EUT à l'analyse. Le graphique suivant présente la variation de la VAN du projet en fonction de la distance de transfert. On fait l'hypothèse que le dénivelé associé au transfert augmente de manière proportionnelle à la distance avec une pente de 3 m/km (ce qui fait par exemple un dénivelé de 30 m pour un transfert de 10 km).

Avec les hypothèses retenues, la VAN devient nulle quand le transfert dépasse 65 km.



CONCLUSIONS - ACB n°2 : EUT vs Ressource conventionnelle - Est-il intéressant de remplacer une ressource conventionnelle par des EUT sur un périmètre irrigue existant ?

ACB n°2A : Cas d'un territoire en forte tension hydrique qui envisage de mettre en place du dessalement pour son alimentation en eau potable

- **Avec les hypothèses de base du modèle et sans coût de transfert**, la VAN du projet de est de l'ordre de 3 Milliards DT. Le choix de la REUT apparait bénéfique pour les territoires car il évite des investissements massifs dans le dessalement ou les repousse à plus long terme.
- **En intégrant les coûts de transfert,** la VAN devient nulle lorsque la longueur du transfert dépasse 320 km.
- **Avec les hypothèses de coût réduit pour le dessalement**, la longueur de transfert des EUT correspondant à une VAN nulle passe de 320 km à 215 km.
- **Avec les hypothèses de hausse du le niveau de traitement (passage de B-B2 à B-A2),** la longueur de transfert des EUT correspondant à une VAN nulle passe de 320 km à un peu moins de 300 km.

ACB n°2B : Cas d'un territoire en moindre tension où le dessalement n'est pas forcément envisagé à ce stade

- **Avec les hypothèses de base du modèle et sans coût de transfert :** la VAN du projet REUT s'élève à environ 620 MDT. Elle est bien moins élevée que dans le cas n°2A (3 Milliards DT). Ceci est lié au fait que la ressource reste globalement suffisamment abondante sur le territoire considéré alors que dans le cas précédent le territoire devait recourir au dessalement.
- **En intégrant les coûts de transfert,** la VAN devient nulle lorsque la longueur du transfert dépasse 65 km.

17. ELEMENTS DE CONCLUSION

La Tunisie réutilise aujourd'hui moins de 10 % de ses EUT alors que le pays doit se préparer à un climat encore plus chaud et plus sec, une population qui va consommer plus d'eau potable, des défis de sécurité alimentaire et qu'il investit déjà dans des infrastructures de dessalement symboles d'un bilan hydrique déficitaire.

Le volume actuel (2020) des EUT s'élève à près de 300 Mm^3. Il pourrait atteindre 650 Mm^3 à l'horizon 2050 avec la hausse du nombre de stations d'épuration (passage de 120 à 200) et la hausse des flux à traiter. La présente phase prospective montre que le pays a tout en main pour donner de la valeur à ce gisement très important et en faire une ressource à même de participer aux défis à relever.

Dans cette conclusion :

- Nous mettrons en avant cinq messages clés :
  - Les EUT constituent effectivement une ressource à même d'améliorer le bilan hydrique du pays, à condition de choisir les scénarios adaptés ;
  - La question de la REUT doit se poser d'abord en termes d'aménagement du territoire et utiliser tous les outils de la gestion intégrée des ressources en eau pour prendre des choix éclairés avec les territoires concernés ;
  - Les investissements pour le développement de la REUT doivent être raisonnés avec une vue d'ensemble du cycle de l'eau, via un travail plus étroit entre institutions ;
  - Les efforts doivent se concentrer sur 3 grands pôles à enjeu ;
  - Des outils techniques, réglementaires, financiers et institutionnels doivent être mis en place pour garantir le succès de la REUT.
- Nous rappelons ensuite nos principales propositions concernant les outils réglementaires, institutionnels et économiques,
- Nous évoquons sous une forme illustrée par des articles de journaux fictifs des trajectoires possibles que pourrait prendre la filière REUT tunisienne dans les années à venir.

17.1 MESSAGES CLES

LES EUT - POSSIBLEMENT UN ¼ DES RESSOURCES EN EAU DU PAYS EN 2050 - SONT A MEME D'AMELIORER LE BILAN HYDRIQUE DU PAYS, A CONDITION DE CHOISIR LES SCENARIOS DE REUTILISATION ADAPTES

L'analyse prospective de phase 2 met en évidence que les EUT peuvent avoir un fort rôle à jouer sur le bilan hydrique national, notamment à l'horizon 2050 en considérant les impacts du changement climatique et l'augmentation des besoins en eau.

Les analyses coûts bénéfices ont aussi permis ce constat en comparant une situation où des périmètres sont alimentés par des eaux conventionnelles et une situation où ces eaux sont remplacées par des EUT. Cette perspective a été intégrée dans les scénarios régionaux.

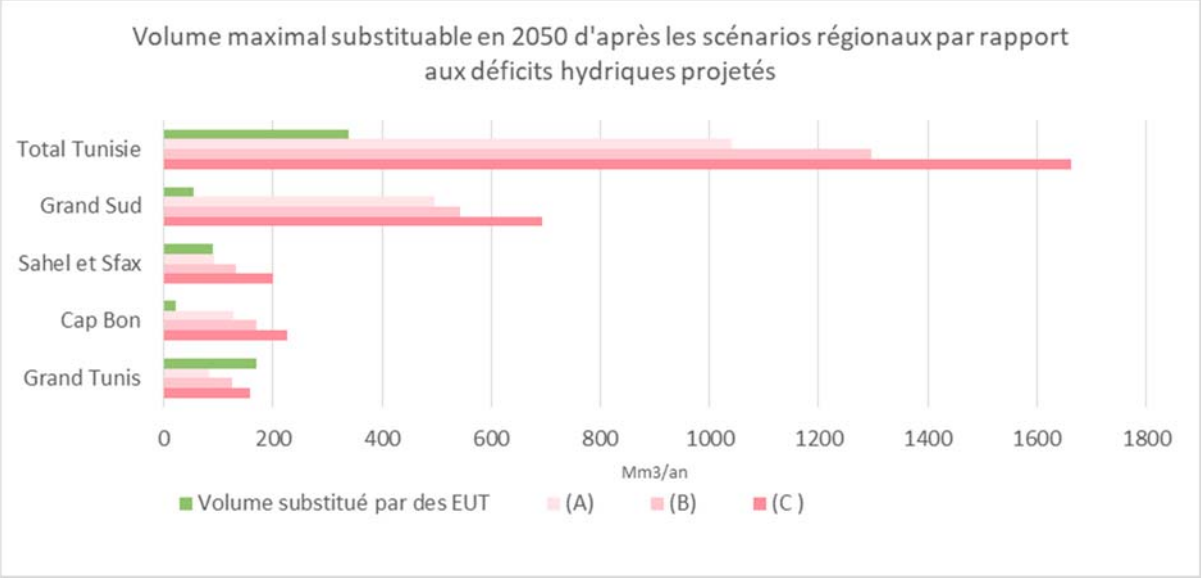
A l'échelle du pays, comme déjà souligné, les EUT représentent dès à présent entre 6 % (année moyenne) et 11 % (année sèche) du mix de ressources du pays. Cette proportion pourrait être comprise entre environ **14 % (année moyenne) et 26% (année sèche) à l'horizon 2050, en considérant la hausse du volume d'EUT produit (passage de 300 à 640 Mm3 par an) et la baisse des ressources en eau superficielles et souterraines en lien avec le changement climatique (poursuite de la hausse de l'ETP et possible diminution des précipitations).**

Si l'on développe les scénarios les plus ambitieux en termes de substitution, l'usage des EUT pourrait permettre de réduire, dans une proposition comprise entre 20 % (cas avec impact fort du changement climatique) et 33 %, le déficit hydrique national (cas avec moindre impact du changement climatique) à l'horizon 2050.

Ce dernier point est illustré par le tableau et le graphique ci-dessous qui dressent une synthèse des volumes d'EUT qui pourraient se substituer aux EUT dans les différents scénarios proposés dans le présent rapport et comparent ces volumes avec les différentes projections de déficits hydriques, par région, à l'horizon 2050.

Tableau 129 : Comparaison entre (i) les volumes d'eau conventionnelle pouvant être substitués par des EUT selon différents scénarios régionaux et (ii) les différentes projections de déficit hydrique à l''horizon 2050

Régions	Déficit hydrique projeté en 2050 selon différentes hypothèses de changement climatique (Mm3)			Volume d'eau conventionnelle substitué par des EUT en 2050 (Mm3)				Volume substitué / Déficit total		
	(A) Déficit 2020 + augmentation des besoins en AEP	(B) RCP 4.5 + augmentation des besoins en AEP	(C) RCP 8.5 + augmentation des besoins en AEP	Scénario 1	Scénario 2	Scénario 3	Scénario 4	(A)	(B)	(C)
Grand Tunis	83	125	157	170	120	156	100			
Cap Bon	127	169	227	23	0	16	-			
Sahel et Sfax	92	133	201	90	0	16	-			
Grand Sud	497	544	694	56	13	-	-			
Centre	243	324	384	*En fonction des opportunités locales*						
Nord Ouest	0	0	0	*En fonction des opportunités locales*						
Total Tunisie	**1041**	**1295**	**1663**	Volume max substitué		**339**		**33%**	**26%**	**20%**
				Volume min substitué		**113**		**11%**	**9%**	**7%**



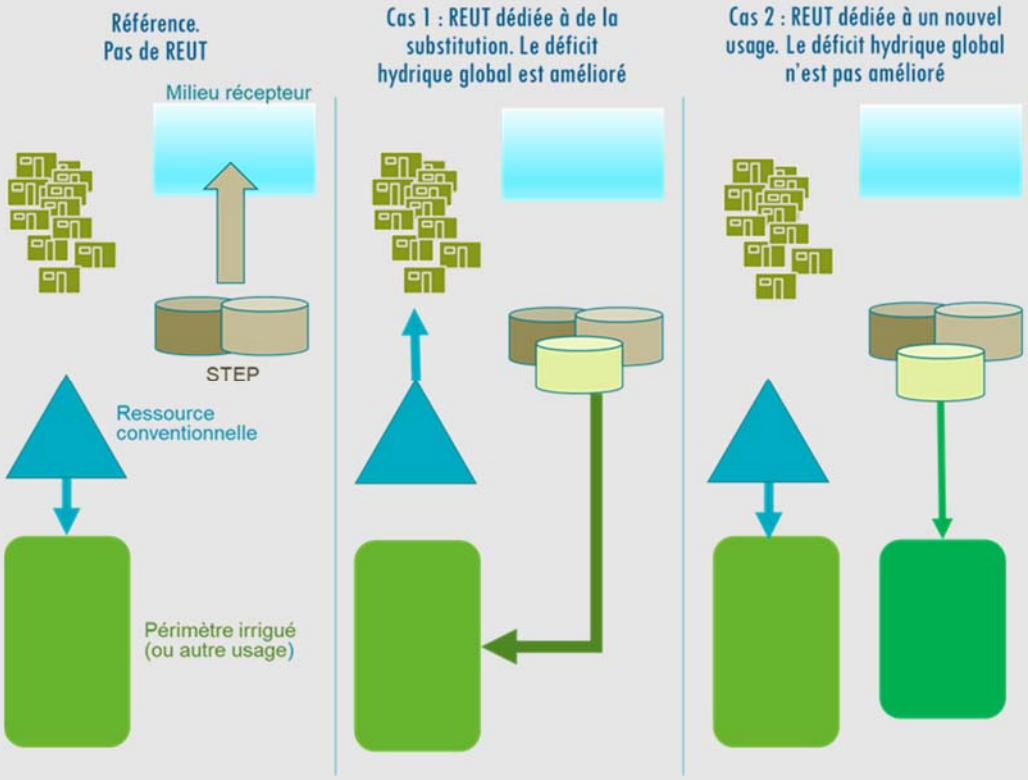
Soulignons ainsi une de nos recommandations principales : pour que les EUT participent effectivement à cette réduction du déficit hydrique, leur réutilisation devra être orientée vers des usages où elles viendront effectivement en substitution d'autres ressources. Ce point est explicité dans l'encadré ci-après. La conclusion n'est pas qu'absolument tous les usages des EUT doivent contribuer à de la substitution mais il nous semble très important d'avoir cette notion à l'esprit dans l'approche stratégique globale, et, considérant le bilan hydrique actuel de la Tunisie et les perspectives climatiques, **il nous semblerait fondamental qu'une part importante de la politique de REUT vise de la substitution**.

Comment faire de la EUT un vecteur effectif d'amélioration du bilan hydrique national dans un contexte de hausse de la demande et de baisse des ressources en lien avec le changement climatique ?

Nous insistons sur la nécessité de **distinguer avec attention les usages des EUT conduisant à une réduction effective du déficit hydrique du pays, par la substitution d'une ressource conventionnelle, et les usages des EUT conduisant à une nouvelle consommation nette d'eau ne participant pas à l'amélioration du bilan hydrique national comme l'irrigation d'espaces vers précédemment non irrigués, l'irrigation d'un nouveau périmètre irrigué etc.**

Ce point est fondamental pour faire de la REUT un vecteur effectif d'adaptation du pays aux perspectives d'aggravation du stress hydrique en lien avec le changement climatique et la croissance démographique et économique.

Le schéma suivant a été présenté dans ce sens lors du COPIL de fin de phase 2 tenu en novembre 2021 à Tunis.



Source : BRLi

Dans la partie gauche du schéma (Référence), on décrit la situation de référence dans laquelle une ville rejette ses eaux usées dans le milieu naturel et où une zone agricole (ou un autre usage) utilise des eaux conventionnelles pour son irrigation.

Dans le schéma central (Cas 1) on substitue les eaux conventionnelles, utilisées jusque-là sur un périmètre irrigué, par des EUT. La ressource conventionnelle « libérée » permet à la ville de subvenir à ses nouveaux besoins. Il y a bien substitution et amélioration du bilan hydrique globale grâce à la REUT.

Dans le schéma de droite (Cas 2), le périmètre irrigué continue à utiliser les eaux conventionnelles pour son irrigation, les EUT ne sont plus rejetées dans le milieu naturel (ce qui est en soi un progrès) mais elles sont cependant utilisées pour créer un nouveau périmètre irrigué. Il y a hausse globale de la consommation d'eau, et au final, aggravation du bilan hydrique d'un point de vue global. Dans ce cas, la ville risque d'être obligée d'utiliser une ressource telle que le dessalement pour subvenir à ses nouveaux besoins.

Soulignons qu'il est en pratique essentiel de tenir compte des particularités propres à ces ressources potentielles, notamment leur localisation :

- leur répartition est inégale sur le territoire tunisien et les enjeux de la REUT ne seront donc pas partout les mêmes ;
- leur production est principalement concentrée dans les grands pôles urbains : les EUT sont donc parfois éloignées des zones de réutilisation potentielle (zones agricoles, zones industrielles, zone possible de recharge de nappe…) ;
- leur production est principalement concentrée sur le littoral : leur rejet en mer engendrent des impacts négatifs environnementaux et sur des activités socioéconomiques.

LA QUESTION DE LA REUT DOIT SE POSER D'ABORD EN TERMES D'AMENAGEMENT DU TERRITOIRE ET UTILISER TOUS LES OUTILS DE LA GIRE POUR PRENDRE DES CHOIX ECLAIRES AVEC LES TERRITOIRES CONCERNES

Reformulation de la question de la REUT

Les analyses régionales conduites dans les chapitres 10 à 15 ont en effet montré que, pour chaque zone, les EUT peuvent répondre à des objectifs territoriaux différents en fonction de politique de gestion de l'eau et d'aménagement du territoire que l'on souhaite y mener. C'est pourquoi il est primordial de s'imprégner du contexte hydrique et socioéconomique du territoire avant d'envisager d'y exploiter les EUT.

La question n'est pas : « *Pour quel usages devons-nous réutiliser les EUT ?* » = Usages agricoles, ou industriels, ou touristiques…

Mais plutôt : « *Quels objectifs territoriaux voulons nous atteindre en réutilisant les EUT ?* » = Réduction du stress hydrique, et/ou développement économique, et/ou réduction de la pollution…

Les éléments d'aide à la décision et une démarche au service de la REUT

Nous avons développé dans cette phase d'étude des outils d'aide à la décision et une manière de faire.

En matière d'outils, mentionnons en particulier :

- Une base de données donnant une vision d'ensemble des stations d'épuration du pays, actuelles et projetées, et permettant de quantifier précisément les flux d'EUT actuels et aux horizons 2025, 2030, 2040 et 2050.
- Un atlas d'environ 60 cartes sur les sujets suivants, croisés avec la localisation des STEP existantes et projetées : ressources en eau de surface et souterraines, agriculture, industrie, tourisme, impacts environnementaux et socio-économiques des rejets actuels et futurs,
- Un outil de bilan permettant de cerner les grands termes du bilan hydrique à différentes échelles géographiques et de mesurer l'enjeu de la REUT en termes de ressources en eau. Cet outil prend en compte les évolutions possibles des demandes en eau et des ressources en eau selon deux hypothèses de projection concernant le changement climatique,
- Un inventaire des traitements possibles des EUT, avec une mise en correspondance avec une large gamme d'usages,
- Une étude de marché détaillée des valorisations possibles des EUT à l'échelle de 34 sous-zones regroupés au sein de 6 grandes zones, balayant les grandes familles d'usages des EUT et indiquant les enjeux associés vu du territoire (par exemple à travers des questions comme « quelle part de la surface en verger est-il possible d'irriguer avec les EUT aujourd'hui et demain ? »),
- Un outil de calcul Coût – Bénéfices dynamique permettant de mettre en lien des avantages et inconvénients de différentes grandes options d'aménagement du territoire impliquant potentiellement des EUT.

  Il permet de traiter des questions et de dépasser des idées reçues en mettant dans la balance les coûts directs mais aussi une partie des externalités associées aux projets.

Cet outil agrège des éléments de nombreuses disciplines : traitement des eaux, la potabilisation, le dessalement, grande hydraulique, irrigation, agriculture associée à la REUT. Il est générique et dynamique et permet de réaliser facilement des études de sensibilité.

En termes de méthode, rappelons les points suivants :

- La concertation a eu lieu tout au long de la phase d'étude à travers :
  - Des réunions de travail avec les acteurs des territoires (gouvernorats, CRDA, ONAS, associations environnementales, représentant du tourisme, de l'industrie …)
  - plus de 300 personnes interrogées lors des enquêtes de terrain, qui ont concerné la quasi-totalité des gouvernorats du pays et qui ont permis d'enrichir l'étude de marché et de prendre le pouls de l'acceptabilité sociale au sujet de la REUT
  - la tenue de 6 ateliers régionaux qui ont permis d'enrichir également l'étude de marché et l'identification des enjeux environnementaux et socio-économiques associés aux rejets actuels des EUT,
  - la tenue de deux ateliers nationaux, le dernier ayant permis des échanges fructueux sur les questions transversales du réglementaire, de l'institutionnel et du financement,

L'ensemble de ces points ont été l'occasion de cerner le dynamisme des acteurs sur la question et leur attentes en terme de cadre pour mobiliser plus fortement l'intelligence collective qui est à l'œuvre.

- Nous nous sommes efforcés de développer une approche intégrée tout au long de la démarche :
  - L'étude de marché a été conduite en considérant les réalités hydriques (vision d'ensemble des ressources en eau présentes sur le territoire) et socio-économiques (synthèse sur les questions de l'agriculture, du tourisme et de l'industrie), pour formuler des propositions de valorisations en prise avec la réalité des territoires concernés.
  - Les ACB réalisées prennent en compte des alternatives en termes de ressources en eau.

Pour la suite

La prospective est un process qui doit s'enrichir en permanence. Les décisions ne sont pas prises une fois pour toute et il s'agit plutôt de rester proactif pour ne pas subir l'avenir mais le choisir.

Il nous semble ainsi, pour la suite du développement de la filière REUT en Tunisie, fondamental de :

- Faire vivre de tels outils d'aides à la décision,
- Poursuivre la démarche de concertation territoriale large initiée par la présente étude.

LES INVESTISSEMENTS POUR LE DEVELOPPEMENT DE LA REUT DOIVENT ETRE RAISONNES AVEC UNE VUE D'ENSEMBLE DU CYCLE DE L'EAU, VIA UN TRAVAIL PLUS ETROIT ENTRE INSTITUTIONS

Le développement de la REUT ne pourra répondre aux enjeux du territoire s'il n'existe pas une étroite collaboration entre au minimum l'institution chargée de la REUT (aujourd'hui la DGGREE), le ministère en charge des ressources en eau (aujourd'hui le ministère de l'agriculture, des ressources hydrauliques et de la pêche), les autres ministères concernés par la REUT (santé, environnement, tourisme, industrie…), l'ONAS et les organismes en charge de définir les stratégies d'aménagement du territoire. La cohérence entre les investissements des différents ministères doit particulièrement se poser pour :

- la création et le dimensionnement des émissaires en mer, alors même qu'on souhaite en parallèle développer la REUT. **Concernant les émissaires en mer, le Consultant insiste sur la nécessité de s'interroger de manière urgente - les projets avancent - sur l'intérêt véritable de ces ouvrages alors même que le présent Schéma directeur vise une réutilisation beaucoup plus massive des EUT**. Les ACB réalisées dans le cadre de l'étude montrent en effet tout l'intérêt économique de la REUT en comparaison du développement d'émissaires (chapitre 16.1). Il ne sera peut-être pas toujours possible d'éviter la construction de l'émissaire au regard des fluctuations des besoins dans l'année des usages des EUT, cependant, dans ce cas, une concertation doit être établie pour vérifier son dimensionnement qui pourra certainement être réduit.

- le choix des filières de traitement complémentaire et la localisation des nouvelles STEP. En effet, différents scénarios de traitement sont envisageables dans le contexte tunisien en fonction des usages mais aussi des contraintes territoriales et économiques. C'est pourquoi la coordination entre les investissements de l'ONAS pour la réhabilitation et la création de nouvelles STEP et les usages de l'eau est primordiale pour la réussite des projets de REUT.

DES EFFORTS A CONCENTRER EN PARTICULIER SUR 3 GRANDS POLES A ENJEU

La taille des projets de REUT (en termes de volumes d'EUT réutilisés) sera très variables selon les territoires.

La présente phase montre clairement qu'il serait illusoire de vouloir atteindre une part significative de REUT dans le pays en se limitant à des projets de tailles réduites ou se concentrant sur des seuls usages qui induisent des volumes réduits.

Très pratiquement, nous proposons de distinguer trois grands types de projets qui pourraient être mis en œuvre.

Type 1 : Des projets « modèles »

Ce sont des projets à petite échelle (quelques dizaines d'ha pour l'agriculture, réutilisation des EUT à l'échelle d'une industrie, d'un golf, etc.). Ils ont pour objectif de tester de nouvelles valorisations des EUT et/ou de participer à l'acceptabilité de la REUT par les futurs usagers.

Beaucoup des REUT développée jusque-là en Tunisie rentrent dans ce cadre. Ces projets déjà existants ou à l'étude sont par exemple :

- Des périmètres irrigués dans différentes régions agricoles pour des cultures arboricoles ou fourragères dont le taux d'intensification est proche de 100 % (exemple des périmètres irrigués de Ouardanine à Monastir, El Aguila à Gafsa, Souhil à Nabeul) ;
- Les sites pilotes de recharge de nappe (Souhil et Korba), à réhabiliter ;
- Le rejet d'EUT pour le soutien hydrologique de la lagune de Korba ;
- Les espaces verts irrigués avec des EUT à Tunis ou Gabes ;
- La réutilisation des EUT dans le secteur industriel avec le GCT à Gabes et Gafsa (en projet) ;
- La réutilisation des eaux industrielles de l'industrie Vitalait pour l'irrigation agricole à Mahdia (en projet).

D'autres projets pourraient être mis en place pour tester de nouvelles valorisations des EUT non expérimentées à ce jour en Tunisie et ainsi préparer l'avenir. Par exemple la Réutilisation dans des zones touristiques : nouvelle zone de Chott Hamrouni prévue au sud de Gabès ou extension des zones touristiques de Djerba. Ces éléments peuvent avoir un impact déterminant pour des touristes qui deviendront de plus en plus sensibles aux questions environnementales. Un autre exemple serait la mise en place des sites pilotes pour l'irrigation du maraîchage avec les EUT.

Type 2 : Des grands projets structurants pour le développement de la REUT

Les expériences existantes en Tunisie ont un intérêt pour développer des usages à un niveau local à proximité des STEP et pour aider à prendre confiance dans la REUT. Cependant, afin d'augmenter significativement le taux de réutilisation des EUT l'échelle nationale, il sera nécessaire de développer des projets de plus grande envergure. Ces projets concerneront quelque grands pôles épuratoires qui concentrent la majorité des EUT du pays. On peut distinguer des pôles d'importance nationale et des pôles d'importance régionale.

Des pôles épuratoires d'importance nationale

Il s'agit des pôles urbains du Grand Tunis, du Grand Sousse et Monastir et du Grand Sfax. Ils concentreront respectivement 34 %, 11 % et 7 % des EUT produites dans le pays potentiellement à l'horizon 2050. Les choix stratégiques concernant la valorisation de ces EUT doivent impliquer fortement le niveau national, leur exploitation permettant de participer de manière importante à la réduction du stress hydrique du pays.

Ce sont des zones qui présentent en effet des bilans hydriques grandement déficitaires et/ou dépendants des autres régions pour leur alimentation en eau. La REUT pour des usages existants permettrait de libérer des ressources en eaux conventionnelles pour des usages plus exigeants en termes de qualités comme l'AEP (eaux conventionnelles en particulier concernées : eaux du Nord, eaux du barrage Nebhana pour le Sahel, eaux des nappes du Centre pour Sfax …).

Leur réutilisation pourrait aussi aider à la sauvegarde de zones agricoles stratégiques menacées par la baisse des ressources en eau avec le changement climatique et l'augmentation de besoins en eau potable (plaines arboricoles de Mornag ou Grombalia, basse vallée de la Medjerdah, zones littorales maraichères du Sahel, oliveraies de Sfax…).

La mobilisation de ces nouvelles ressources va engendrer des investissements et des coûts d'exploitation importants, que ce soit en termes de niveau de traitement des EUT ou pour transférer ces eaux vers les zones de réutilisation. Cependant, les ACB développées montrent que, en intégrant l'ensemble de la situation, dont en particulier les contraintes liées aux rejets en mer, la nécessité de faire du dessalement si on devait manquer d'eau ou la valeur induire par la ressource libérée, on aboutit à des VAN positives pour les projets envisagés.

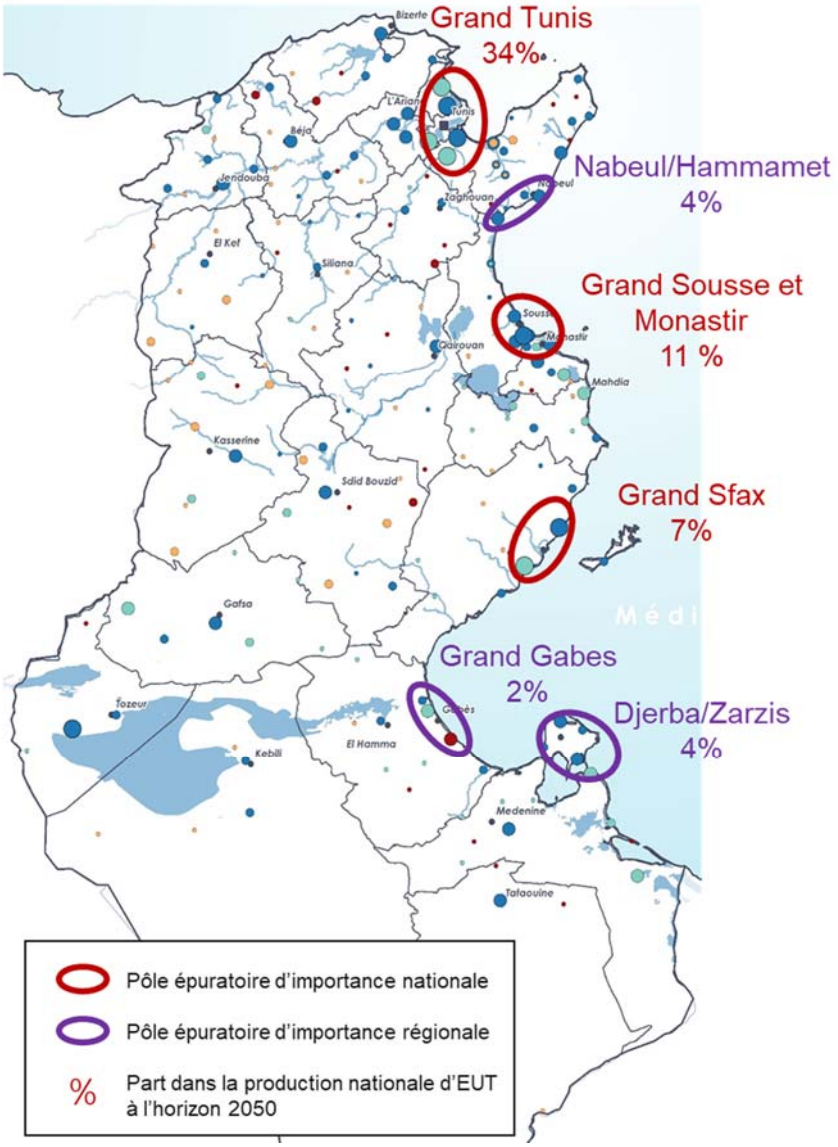
Des pôles épuratoires d'importance régionale

Il s'agit cette fois des pôles urbains de Nabeul/Hammamet, Grand Gabes et Djerba/Zarzis. Pour ces pôles, les quantités d'EUT produites sont moindre au regard du déficit hydrique national. Elles représentent respectivement 4 %, 2 % et 4 % des EUT produites dans le pays potentiellement à l'horizon 2050.

Cependant, ces flux peuvent avoir un impact non négligeable sur le bilan hydrique régional ou sur le développement de nouvelles activités économiques. Ils se situent dans des zones où les prélèvements en eau sont conséquents : eaux agricoles pour le Cap Bon (agrumes, maraichage…), eaux industrielles pour Gabes (secteur des phosphates) eaux touristiques pour Djerba/Zarzis… Le développement de nouvelles activités économiques dans ces zones pourra donc être conditionné par la REUT afin de limiter les prélèvements dans des ressources conventionnelles, actuellement surexploitées dans ces zones.

La carte ci-dessous localise ces différents pôles épuratoires à l'échelle du pays.

Figure 104 : Localisation des pôles épuratoire des EUT d'importance nationale et régional



Les pôles épuratoires nationaux et régionaux prennent en compte seulement **25 STEP** sur plus de 200 STEP qui seront existantes en 2050 dans le pays. Néanmoins, ils représenteront **62 % du flux d'EUT produit à l'échelle du pays.**

Type 3 : Projets locaux sur les STEP disséminées sur le territoire

En dehors des pôles épuratoire d'importance nationale ou régionale, les volumes d'EUT produits dans le reste du pays sont globalement disséminés sur tout le territoire. Les réflexions seront alors à mener pour chacune des STEP en fonction des opportunités locales.

De l'animation territoriale de proximité sera nécessaire pour faire émerger les demandes pour des nouveaux projets. Ces projets n'auront qu'un faible effet sur le bilan hydrique global du pays mais pourront toutefois diminuer des stress hydriques locaux ou apporter une nouvelle ressource à des zones qui en sont dépourvues et ainsi aider au développement économique (nouvelles activités industrielles, nouvelles zones irriguées, etc.).

La gestion de ces projets devrait se faire à un niveau très décentralisé (échelle du gouvernorat voir communale) pour faciliter leur mise en œuvre et répondre rapidement aux demandes.

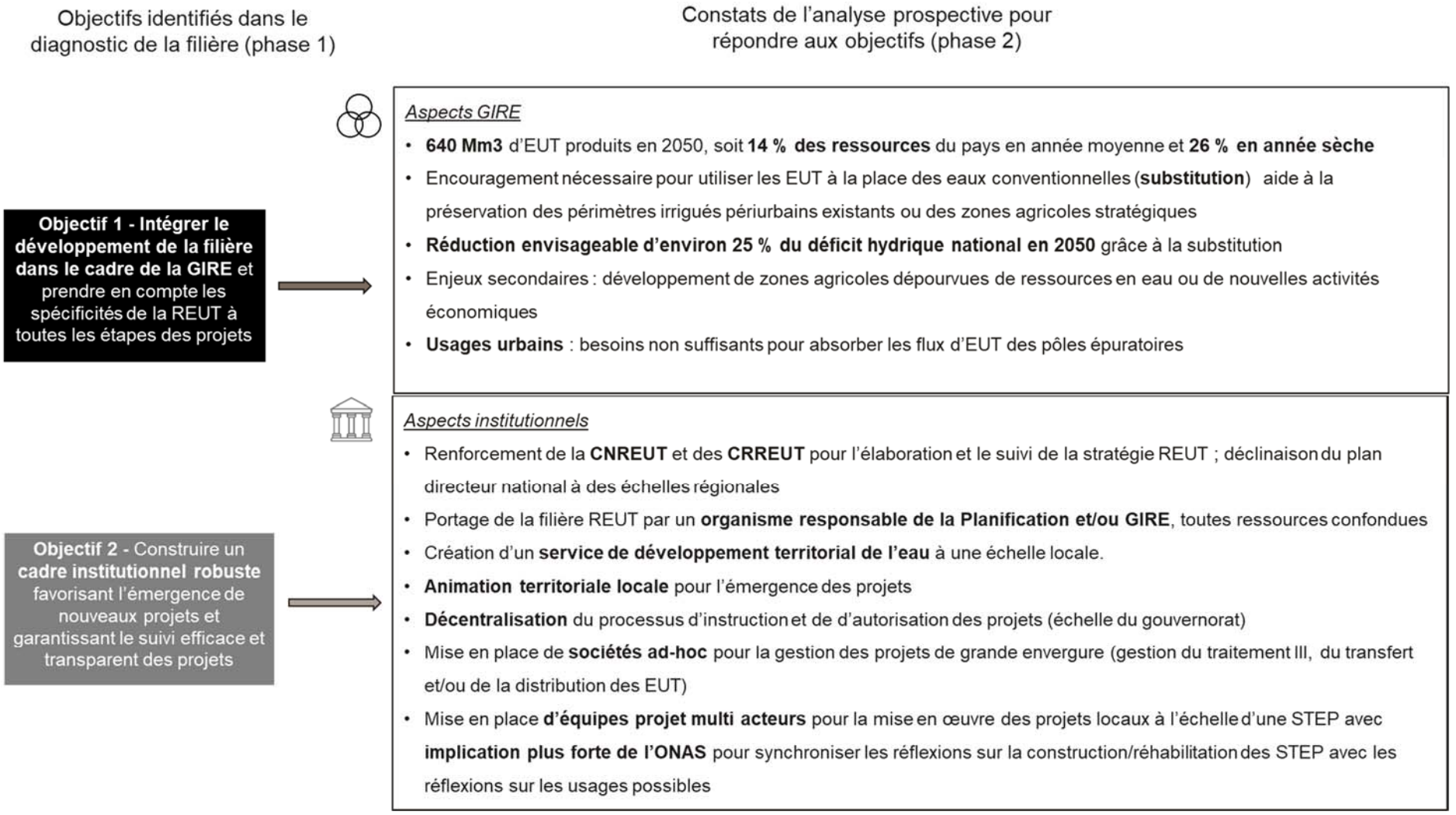
DES OUTILS TECHNIQUES, REGLEMENTAIRES, FINANCIERS ET INSTITUONNELS DOIVENT ETRE MIS EN PLACE POUR GARANTIR LE SUCCES DE LA REUT

Les points les plus importants à retenir qui conditionnent la réussite de la filière de la REUT sont les suivants :

- **La question de qualité des EUT est primordiale avec la maîtrise des risques sanitaires et environnementaux**. Une montée en gamme des technologies de traitement sur les STEP sera incontournable. Mais cette question ne se limite pas au seul traitement complémentaire des EUT. Elle doit aussi être considérée en amont des STEP avec une meilleure sensibilisation des usagers qui rejettent leurs effluents dans le réseau d'assainissement, l'amélioration de la séparation des flux industriels et domestiques et la suppression des flux illicites. Tout le petit cycle de l'eau doit être concerné par la REUT. L'approche barrière doit aussi être mise en œuvre pour ajouter des gardes fous supplémentaires au traitement et faire en sorte que celui-ci soit optimisé en terme de coûts.
- Pour convaincre les usagers et les consommateurs de la qualité de l'eau, il ne suffira pas d'améliorer techniquement les traitements. Cela nécessitera de la **transparence sur les données de qualité** ainsi que des **alertes en temps réel des usagers en cas de non-conformité**.
- Le **cadre réglementaire** devra s'adapter en différentes étapes dans le temps et anticiper les nouvelles valorisations des EUT. Des **financements pérennes** devront être envisagés.
- Au niveau de la mise en œuvre des projets, les **approches institutionnelles devront être déconcentrées et décentralisées pour autoriser plus rapidement les nouveaux projets** pour les usagers demandeurs d'exploiter les EUT.

17.2 LIGNES DIRECTRICES POUR REPONDRE AUX OBJECTIFS FORMULES LORS DU DIAGNOSTIC DE LA PHASE 1

L'analyse prospective a permis d'aborder les aspects transversaux de la REUT (aspects réglementaires, institutionnels, technologiques, économiques, sociaux, etc.) qui seront par la suite détaillé en phase 3. La figure ci-dessous reprend les différents constats effectués en phase 2 et les met en parallèle avec les 4 grands objectifs fixés lors de la phase 1 de diagnostic.


Objectifs identifiés dans le diagnostic de la filière (phase 1)
Constats de l'analyse prospective pour répondre aux objectifs (phase 2)
Objectif 1 - Intégrer le développement de la filière dans le cadre de la GIRE et prendre en compte les spécificités de la REUT à toutes les étapes des projets
Aspects GIRE
• 640 Mm3 d'EUT produits en 2050, soit 14 % des ressources du pays en année moyenne et 26 % en année sèche
• Encouragement nécessaire pour utiliser les EUT à la place des eaux conventionnelles (substitution) aide à la préservation des périmètres irrigués périurbains existants ou des zones agricoles stratégiques
• Réduction envisageable d'environ 25 % du déficit hydrique national en 2050 grâce à la substitution
• Enjeux secondaires : développement de zones agricoles dépourvues de ressources en eau ou de nouvelles activités économiques
• Usages urbains : besoins non suffisants pour absorber les flux d'EUT des pôles épuratoires
Aspects institutionnels
• Renforcement de la CNREUT et des CRREUT pour l'élaboration et le suivi de la stratégie REUT ; déclinaison du plan directeur national à des échelles régionales
• Portage de la filière REUT par un organisme responsable de la Planification et/ou GIRE, toutes ressources confondues
• Création d'un service de développement territorial de l'eau à une échelle locale.
• Animation territoriale locale pour l'émergence des projets
• Décentralisation du processus d'instruction et de d'autorisation des projets (échelle du gouvernorat)
• Mise en place de sociétés ad-hoc pour la gestion des projets de grande envergure (gestion du traitement III, du transfert et/ou de la distribution des EUT)
• Mise en place d'équipes projet multi acteurs pour la mise en œuvre des projets locaux à l'échelle d'une STEP avec implication plus forte de l'ONAS pour synchroniser les réflexions sur la construction/réhabilitation des STEP avec les réflexions sur les usages possibles
Objectif 2 - Construire un cadre institutionnel robuste favorisant l'émergence de nouveaux projets et garantissant le suivi efficace et transparent des projets

Objectif 3 - Adapter la qualité de l'eau aux différents usages que la Tunisie souhaite développer et **garantir sa disponibilité**

Aspects techniques et coûts

- Elaboration de **scénarios de traitements des EUT** (secondaire + tertiaire) en fonction des **usages**
- Exemples de **filière de traitements complémentaires** pour les usages principaux avec **coûts au m³** :
  - Arboriculture goutte à goutte : Tambour filtrant + UV ou filtration sur sable + désinfection (0,20 à 0,40 DT/m3)
  - Maraîchage : filtration membranaire + UV (0,66 à 0,78 DT /m3)
  - Espaces verts : Tambour filtrant + UV ou filtration sur sable + désinfection (0,20 à 0,40 DT/m3)
  - Recharge de nappe : filtration sur sable (0,17 DT/ m3)
  - AEP : osmose inverse + UV (2,10 DT /m3)
- Outils d'aide à la décision pour choisir une technologie de traitement en fonction des besoins d'un projet de REUT (qualité d'eau, nutriments, énergie, innocuité sanitaire)

Objectif 4 - Développer la réutilisation en **maîtrisant les risques associés** pour la santé humaine et l'environnement

Aspects réglementaires et sanitaires

- Système réglementaire recommandé basé sur la **gestion des risques**
- **Approche à barrières multiples** : niveau de traitement, pratiques d'irrigation, autres mesures de protection ; objectif sanitaire à atteindre par usage (abattement en pathogènes)
- Définition de **5 niveaux de qualité de l'eau** en fonction des risques sanitaires liés à l'accès du public, au type de cultures irriguées, aux technologies d'irrigation...
- Recommandations de **bonnes pratiques et mesures supplémentaires** pour éviter les impacts négatifs sur les sols, les cultures les eaux souterraines et de surface.

Aspects institutionnels

- **Simplification des procédures de contrôle et de surveillance** de la qualité de l'eau
- Mise en place d'un **système d'information transparent et partagé**
- Responsabilités institutionnelles, outils de contrôle et sanctions en cas de non-respect de la réglementation à définir

Aspects environnementaux

- Mise en valeur des **bénéfices de la REUT** avec la **diminution des rejets dans les milieux récepteurs** : réduction de la pollution et des nuisances, coûts évités des émissaires en mer…

17.3 LES FUTURS POSSIBLES ET SOUHAITABLES DE LA REUT EN TUNISIE

Afin de mieux **se projeter sur le long terme** et de se représenter **les futurs possibles de la REUT en Tunisie**, 3 articles de journaux fictifs et futuristes ont été rédigés par l'équipe en charge de la présente étude. Ils illustrent chacun une vision possible de la REUT en Tunisie et les alternatives de développement du territoire aux horizons 2040 – 2050 pour les grands pôles urbains producteurs d'EUT.

Ces articles ont servi de support à l'atelier de concertation national organisé le 29 et 30 juin 2021. Les objectifs poursuivis lors de l'atelier étaient les suivants :

- Faire s'exprimer les participants sur une **vision qui leur paraît favorable au développement de la REUT ;**
- Ouvrir la réflexion sur le **long terme ;**
- Aider à la décision sur des **choix de politique de l'eau ;**
- Mise en œuvre de **l'intelligence collective** pour travailler la question suivante : **A quels objectifs la REUT doit-elle répondre en priorité ?** Par exemple :
    - Réduire le stress hydrique (substitution de ressources existantes) ou créer de nouveaux usages ?
    - Préserver des zones agricoles périurbaines pour contrôler l'urbanisation ou alimenter des zones rurales sans autres ressources ?
    - Dynamiser des secteurs économiques (agriculture, industrie, tourisme) ou protéger l'environnement (recharge de nappe, alimentation de zones humides, reboisement…) ?
    - Améliorer le cadre de vie urbain (espaces verts…) ou aider à la sécurité alimentaire ?
    - Investir dans des nouvelles technologies de traitement, dans des transferts ou dans des émissaires ?

Les grandes trajectoires tracées par chacun des articles peuvent être résumées de la manière suivante :

Article 1 : Irriguer ses oliviers avec les eaux usées du Grand Tunis

Cet article s'intéresse à la valorisation des EUT produites dans les grand pôles urbains en prenant l'exemple du Grand Tunis. L'idée principale est de transférer les EUT pour alimenter des zones rurales pauvres en ressources en eaux conventionnelles. Des nouveaux périmètres sont donc créées, pour des cultures actuellement autorisées pour être irriguées avec des EUT (arboriculture, fourrages). Les investissements sont donc centrés sur le transfert plutôt que sur le niveau de traitement des EUT. Dans cet article, la REUT reste du ressort du ministère de l'agriculture qui décide des grands projets à l'échelle nationale. La gestion des transferts est confiée à des sociétés ad hoc, qui appliquent un tarif des EUT proches de celui des eaux conventionnelles.

Article 2 : Des piments irrigués avec des EUT au Cap Bon

Plutôt que la création de nouveaux périmètres comme proposé dans l'article précédent, l'article 2 décrit une situation où des périmètres existants reçoivent des EUT en remplacement des eaux conventionnelles. Les objectifs de la REUT dans cet article sont donc la réduction du stress hydrique en substituant les eaux conventionnelles par des EUT. De plus, une levée des restrictions culturales accompagnée de la mise en place de traitements complémentaires poussés permet l'irrigation de cultures maraîchères avec des EUT. Ce traitement complémentaire est pris en charge par les usagers pour des productions à haute valeur ajoutée. La gestion des projets de REUT est plus décentralisée (mise en œuvre, suivi et autorisation).

Article 3 : Gabes, nouvelle destination du tourisme durable pour cet été ?

Ce troisième article développe la possibilité de valoriser des EUT dans des nouveaux usages urbains (irrigation d'espace verts, nouvelles activités industrielles, usages municipaux, etc.). Les objectifs de la REUT poursuivis sont de développer la réutilisation proche des STEP urbaines et de préserver l'eau potable en milieu urbain pour l'AEP domestique en utilisant les EUT pour des usages industriels et touristiques. Cet article propose une implication plus importante du producteur des EUT dans le pilotage de la REUT. La production d'eau potable est même envisagée dans l'article à l'horizon 2050, avec la création d'une seule et même structure qui gère l'ensemble du petit cycle de l'eau.

Les articles complets peuvent être retrouvés en annexe 7.

Lors de l'atelier de concertation, les participants ont été amenés à donner leur avis sur ces différentes visions de la REUT en Tunisie sur le long terme.

Sur l'article 1, la proposition du transfert a divisé les participants. Certains y voient une mesure d'adaptions « sans regrets » car elle permettrait de limiter les rejets dans le Golfe de Tunis et éviter la construction d'un émissaire en mer, tout en améliorant le rendement d'oliveraies actuellement en pluvial. D'autres ont émis l'avis que les bénéfices du transfert n'étaient pas si évident au regard des investissements fournis et du coût au m^3 final des EUT pour irriguer des oliviers.

De plus, des craintes ont été exprimées sur l'acceptabilité des irrigants à recevoir des eaux qu'ils perçoivent comme « de mauvaise qualité » provenant de Tunis. Des agriculteurs sont aussi méfiants car ils craignent que l'irrigation avec des EUT ne permettent de convertir leurs oliveraies en agriculture biologique. L'exploitation des EUT, même après la mise en place du transfert, n'est donc pas assurée. Pour cela, il a été proposé que les premiers bénéficiaires des EUT soient des grands exploitants (SMVDA) et qu'elles irriguent des terres domaniales afin de montrer l'exemple aux autres agriculteurs et pour valoriser des grands volumes d'EUT.

Le long du transfert, il y a de nombreuses contraintes à lever : un suivi strict sera nécessaire pour vérifier que la qualité des EUT ne se dégrade pas et que la disponibilité des EUT en termes quantitatif soit assurée (pas de coupures fréquentes à cause de pannes). Pour cela, la proposition qu'une société soit responsable de la gestion du transfert a été discutée. Dans tous les cas, il est apparu que ce n'était pas le rôle de l'ONAS de se charger de ce transfert.

Pour finir sur cet article, les participants ont insisté sur la nécessité de réduire le stress hydrique grâce aux EUT, et donc de préserver les eaux conventionnelles pour des usages exigeants des eaux de meilleure qualité. Pour cela, les EUT transférées devront donc en priorité alimenter des périmètres existants plutôt que de nouveaux périmètres.

Sur l'article 2, les participants ont partagé les bénéfices agronomiques de la levée des restrictions culturales. La possibilité pour les agriculteurs de se diversifier et de faire des cultures à plus haute valeur ajoutée sera un moteur pour l'exploitation des EUT. De plus, il a été noté un enjeu de sauvegarde des cultures maraîchères menacées par le manque de ressources hydriques dans certaines régions.

Cependant, les inconvénients de cette perspective mis en évidence ont été les risques sanitaires élevés. Il a été soulignée qu'une réglementation sévère devra être élaborée, avec des contrôles et des mesures barrières sur tout le long de la filière, des actions de sensibilisation et la mise en place de parcelles de démonstration pour les agriculteurs. Ces éléments ont plutôt été formulés comme des contraintes possibles à lever plutôt que des obstacles à la REUT.

Les craintes échangées ont plutôt porté sur le coût du traitement complémentaire pour de tels usages et sur qui va payer ces coûts supplémentaires. Un partage des coûts sera nécessaire sur toute la filière REUT. Des entreprise privées pourront aussi être impliquée, comme les industries agro-alimentaires pour la transformation des produits irrigués avec des EUT et ainsi permettre l'écoulement contrôlé de ces produits.

BIBLIOGRAPHIE

AFT. (2020). *Nouvelle stations touristiques*. Récupéré sur http://www.aft.nat.tn/

ANPE. (2008). *Rapport sur le suivi scientifituqe au parc national de l'Ichkeul année 2006 - 2007.*

APII. (2019). *Portail de l'industrie tunisienne*. Récupéré sur Tissu industriel tunisien: http://www.tunisieindustrie.nat.tn/fr/tissu.asp

Azam, M.-H., & Horsin Molinaro, H. (2017). *La cloacothermie ou l'énergie renouvelable des eaux usées.* ENS Saclay.

Banque mondiale. (2019). *Eau et assainissement pour tous en Tunisie - Un objectif réaliste.*

BEI. (2013). *Dépollution du lac de Bizerte - Etude de faisabilité.*

Belaid, N. (2010). *Evaluation des impacts de l'irrigation par les eaux usées traitées sur les plantes et les sols du périmètre irrigué d'El Hajeb-Sfax : salinisation, accumulation et phytoabsoprtion des éléments métalliques.* Thèse, Université de Sfax et de Limoges.

Ben Mrad, N. (2020). Tunisie : voici la liste des 23 plages interdites à la baignade cet été. *Espace Manager*.

Bousquet, C. (2015). *Turbinage des eaux usées, quel potentiel pour la Suisse ?* LCH.

BPEH. (2019). *Elaboration de la vision et de la stratégie du secteur de l'eau à l'horizon 2050 pour la Tunisie "Eau 2050".* Etape 2 : Réalisation du diagnostic / état des lieux du secteur de l'eau et élaboration des orientations de base.

BPEH. (2020). *Elaboration de la vision et la stratégie du secteur de l'eau à l'horizon 2050 pour la Tunisie "EAU 2050" - Etape 3.* STUDI.

CGDR. (2017). *Elaboration d'une étude stratégique pour le développement du Gouvernorat de Zaghouan à l'horizon 2030.*

CGDR. (2018). *Etude stratégique pour le développement du Gouvernorat de la Manouba à l'horizon 2030.*

CGDR. (2018). *Etude stratégique pour le développemetn du gouvernorat de Mahdia à l'horizon 2030.*

CGDR. (2018). *Gouvernorats en chiffres.*

CGDR. (2018). *Gouvernorats en chiffres : Nabeul.*

Chennaoui, H. (2016). Kasserine : mercure et chlrore empoisonnent la vie des habitants. *Nawaat*.

CHPclim. (2020). *High quality monthly rainfall climatology*. Récupéré sur Climate Hazards Center UC Santa Barbara: https://www.chc.ucsb.edu/data/chpclim

Commission Européenne. (2019). *Photovoltaic geographical information system*. Récupéré sur https://re.jrc.ec.europa.eu/pvg_tools/fr/#PVP

Condom, N., Lefebvre, M., & Vandome, L. (2012). *La réutilisation des eaux usées traitées en Méditerranée : retour d'expériences et aide à l'élaboration de projets.* Les cahiers du Plan Bleu 11.

CRDA Ben Arous. (2016). *Projet d'amélioration de la gestion intégrée des ressources en eau des périmètres irrigués de Mornag - Rapport APS recharge de la nappe.*

CRDA de Manouba. (2017). *Etude de création d'un périmètre irrigué avec les EUT à Mornaguia.*

CRDA Nabeul. (2020). *Liste des périmètres irrigués dans le gouvernorat de Nabeul (base de données).*

DEROUICHE, L. (2019). Lagune de Tazerka classée "Ramsar" : adieu les oiseaux d'eau ! *La Presse*.

DEROUICHE, L. (2019). Le littoral du Cap Bon menacé par... le concentré de tomates : halte aux rejets non traités ! *Le Presse*.

DGAT. (2009). *Schéma Directeur d'Aménagement de la région économique du Centre Ouest.*

DGAT. (2010). *Etude du schéma directeur d'aménagement de la région économique du Sud Ouest.*
DGAT. (2010). Schéma Directeur d'Aménagement de la région économique du Nord Ouest.
DGAT. (2011). *Etude du Schéma Directeur d'Aménagement de la région économique du Nord Est.*
DGAT. (2011). *Schéma Directeur d'Aménagement de la région économique du Centre Est.*
DGEDA. (2018). *Enquête sur les périmères irrigués - campagne 2017/2018.*
DGEQV. (2009). *Etude de faisabilité de transfert des EUT des STEP du Grand Tunis vers les zones de réutilisation.*
DGEQV. (2009). *Etude de faisabilité technico-économique de la recharge artificielle des nappes par les EUT des STEPs.*
DGEQV. (2010). *Elaboration d'un schéma national de gestion des margines.*
DGEQV. (2018). *Etude pour la mise en oeuvre d'un programme intégré de pollution du bassin versant d'oued Medjerdah.*
DGGREE. (2017). *Etude d'élaboration d'un Plan Directeur pour la modernisation des périmètres publics irrigués de la Basse Vallée de la Medjerdah approvisionnés par le Canal Laaroussia.*
DGGREE. (2017). *Etude préalable à un plan national "réutilisation des eaux usées traitées" pour la Tunisie - Diagnostic de l'existant.* SCP, Eaux de Marseille.
DGGREE. (2017). *Etude préalable à un plan national "réutilisation des eaux usées traitées" pour la Tunisie - Diagnostic de l'existant.* SCP, Eaux de Marseille.
DGGREE. (2018). *Plan d'action à court terme de développement de la réutilisation des eaux usées traitées.*
DGGREE et ONAS. (2020). *Mission d'aide technique aux opérations de réutilisation des eaux usées traitées en Tunisie.* SCP.
DGRE. (2016). *Situation de l'exploitation des nappes phréatiques 2015.*
DGRE. (2017). *Etude d'évaluation des expériences de recharge artificielle de nappe de la Tunisie - Phase 1 : Inventaire des sites de recharge existants.* GEREP Environnement.
DGRE. (2017). *Recharge artificielle des nappes en Tunisie 2016.*
DGRE. (2017). *Stratégie de mobilisation des ressources en eau en Tunisie.*
DGRE. (2018). *Annuaire de l'exploitation des nappes profondes 2017.*
DGRE. (2018). *Annuaire hydrologique de la Tunisie 2016 - 2017.*
DGRE. (2018). *Annuaire piézométrique de la Tunisie 2017.*
DGRE. (2018). *Annuaire pluviométrique de Tunisie 2016 - 2017.*
DGRE. (2018). *Répertoire des forages d'eau et piézomètres réalisés en 2016.*
DGRE. (2018). *Suivi de la qualité des eaux souterraines en Tunisie (Année 2017).*
DGRE. (2019). *Cartes de Ressources en Eau de la Tunisie (CRET), 6 phases.*
DGSAM. (2016). *Etude de mise en valeur et d'aménagement de la sebkha Sejoumi.*
Drechsel, P., Qadir, M., & Wichelms, D. (2015). *Wastewater - Economic asset in an urbanizing world.*
ECOFILAE. (2016). *Réutilisation des eaux usées pour l'irrigation agricole en zone péri-urbaine de pays en développement: pratiques, défis et solutions opérationnelles.* AFEID, AFD, COSTEA.
FAO. (1988). *La qualité de l'eau en agriculture - révision 1.*
FTDES. (2013). *Le désastre écologique de la baie de Monastir.*
Guelmani, A. (2020). *Sebkhat Sejoumi et son Bassin Versant (Tunisie) : Un territoire en mouvement - Analyse des dynamiques spatiotemporelles des superficies en eau libre et de l'occupation du sol entre 1987 et 2018. .* Tour du Valat.
Hachicha, M. (2015). *The Safe Use of TWW in Tunisian Agriculture.* Université de Carthage.
Hiegemann, H. (2016). *An integrated 45 L pilot microbial fuel cell system at a full-scale wastewater treatment plant.*
IFSSTE. (s.d.). *Eawag aquatic research*. Récupéré sur 2021: https://www.eawag.ch/fr/departement/eng/projets/water-hub/
INS. (2014). *Recensement Général de la Population et de l'Habitat 2014.*

INS. (2015). *Les projections de la population 2014 - 2044.*
Kalboussi, M. (2018). Eaux usées non traitées dans le milieu récepteur : à qui la faute ? *Nawaat*.
Laboratoire Ampère. (2020). *La pile à combustible microbienne*. Récupéré sur http://www.ampere-lab.fr/IMG/pdf/la_pile_a_combustible_microbienne.pdf
Lazarova, V. (2019). *Approche multidisciplinaire de la réutilisation, JTED.*
Lazarova, V., Choo, K.-H., & Cornel, P. (2012). *Water - Energy interactions in Water Reuse.*
LISBP. (s.d.). *Projet MUSES - Modélisation urbaine de séparation des effluents à la source*.
MARHP. (2019). *Programme "Gestion Intrée des Ressources en Eau dans le cadre du développement des régions rurales" - Etude de faisabilité d'un transfert du Nord au Centre de la Tunisie.*
Moussa, M., Baccar, L., & Ben Khemis, R. (2005). *La lagune de Ghar El Melh : diagnostic éconologique et perspectives d'aménagement hydraulique.*
ODNO. (2018). *Gouvernorats en chiffres.*
ODS. (2018). *Gouvernorats en chiffres.*
ONAS. (2014). *Etude d'actualisation du plan directeur d'assainissement du Grand Tunis - Mission D : Plan directeur d'assainissement.*
ONAS. (2014). *Etude d'impact environnemental et social du projet d'exécution du système d'évacuation des eaux épurées de la station dépuration Choutrana vers la mer.*
ONAS. (2017). *Elaboration des schémas directeurs d'assainissement dans les gouvernorats de Sousse, Mahdia, Sfax, Gabes, Medenine et Gafsa - Mission 3.*
ONAS. (2017). *Rapports annuels d'exploitation.*
ONAS. (2017). *Rapports annuels d'explotation des STEP.*
ONAS. (2018). *Etude d'avant projet sommaire pour l'exécution des réseaux de collecte, de rejet et de stations de traitement des eaux usées des bains maures de la ville d'El Hamma.*
ONAS. (2018). *Etude des coûts et du schéma de gestion de l'assainissement des localités rurales de plus de 4 000 habitants.*
ONAS. (2019). *CADRIN actualisation 2019 : Base de données des raccordements industriels.*
ONAS. (2020). *Base de données : Programme à court terme 2020 - 2026.*
ONAS. (2020). *Etude d'exécution d'un émissaire pour l'évacuation et l'éloignement des eaux traitées du pôle d'épuration sud de Tunis (pôle Sud Meliane).*
ONAS. (2020). *Orientations stratégiques de l'ONAS.*
ONTT. (2019). *Réalisation du secteur touristique (base de données).* Direction des études.
Roche, N. (2019). *Economie circulaire appliquée au cycle d'usage de l'eau .* ASTEE.
SECADENORD. (2020). *Présentation*. Récupéré sur Site web de la SECADENORD: https://www.secadenord.com.tn/french/contenu/1/1/Pr%C3%A9sentation.html
Service d'information sur les sites Ramsar. (2007). *Fiche descriptive Ramsar - Tunisie Sebkhet Sejoumi.*
SONEDE. (2018). *Rapport des statistiques 2018.*
STDG. (2018). *Perspective de développement du tourisme golfique en Tunisie.*
STEG. (2010). *Etude d'impact sur l'environnement - Centrale électrique à cycle combiné mono-arbre de Sousse.*
Stricker, A.-E., & Canler, J.-P. (2017). *Consommation énergétique du traitement intensif des eaux usées en France - Etat des lieux et facteurs de variation.* IRSTEA - Agence de l'eau.
Tallel. (2015). ONAS, Tunisie lait et aquaculture tunisienne, pollueurs de la sebkha de Halk El Menzel ? *Webmanagercenter*.
TAP. (2015). Les atteintes à l'environnement se multiplient en Tunisie. *Webmanagercenter*.
URAM. (2003). *Etude des plans de gestion des sites MedWetCoast - "Ecosystèmes lagunaires de Maamoura à Kelibia (non inclus)".*
WWAP. (2017). *Rapport mondial des Nations Unies sur la mise en valeur des ressources en eau. Les eaux usées – Une ressource inexploitée.*

ANNEXES

Annexe 1 : Justification du découpage retenu pour l'étude

(extrait de la note « Approche méthodologique envisagée pour les enquêtes (Phase 2) - Version 3.0 du 30/03/2020)

Un découpage en grandes zones est proposé. Elles ont été déterminées en fonction de la répartition de la production des EUT dans le pays, des ressources en eaux conventionnelles disponibles (pluviométrie, eaux superficielles et souterraines) et du contexte socio-économique (grandes régions économiques, zones agricoles).

Les tableaux ci-dessous reprennent, pour chacun de ces critères, les zonages qui sont couramment retenus à l'échelle nationale. A partir de l'étude de tous ces zonages, le dernier tableau indique celui que nous avons retenu et qui nous semble pertinent à adopter pour l'étude.

PRODUCTION DES EUT

4 grands pôles de production des EUT ont été identifié, Ils cumulent, à ce jour, près de 80 % de la production nationale et représentent donc les zones où l'offre en EUT sera la plus importante pour la réutilisation.

Tableau 130 : Pôles de production des EUT

ZONAGE	GOUVERNORATS CONCERNES	VOLUME D'EUT PRODUIT ET PART DU VOLUME NATIONAL EN %
GRAND TUNIS	Tunis, Manouba, Ariana, Ben Arous,	44 % des EUT produites, soit 124 Mm^3 par an
CAP BON	Nabeul	9 % des EUT produites, soit 27 Mm^3 par an
LITTORAL DU SAHEL	Sousse, Monastir, Mahdia	18 % des EUT produites, soit 50 Mm^3 par an
VILLE DE SFAX ET PERIPHERIE	Sfax	7 % des EUT produites, soit 19 Mm^3 par an

Source : ordres de grandeur sur la base des données ONAS 2017 compilées dans la phase 1

Les autres régions du pays présentent des STEP isolées avec des productions moindres : 8 % des EUT sont produites dans la région du Nord-Ouest (Jendouba, Beja, Bizerte, Kef, Siliana, Zaghouan) 5 % dans le Centre (Kairouan, Kasserine, Sidi Bouzid) et 8 % dans le Sud (Gafsa, Tozeur, Kebili, Gabes, Médenine, Tataouine). Pour ces cas, il faudra donc adopter une stratégie différente que pour les pôles de production sur le littoral.

Quelques zones sont tout de même à notifier comme le littoral Sud de Gabès à Zarzis qui concentre 5 % de la production des EUT au niveau national et donc 65 % des EUT du Sud, ou encore les STEP de Bizerte et Kairouan qui produisent plus de 5 millions de m^3 par an chacune.

CONDITIONS CLIMATIQUES ET RESSOURCES EN EAU

Pour les critères de la pluviométrie, des ressources en eaux superficielles et souterraines (nappes phréatiques et profondes), les zonages exposés dans les tableaux suivant reprennent ceux utilisés dans les annuaires de la DGRE.

Tableau 131 : Zonage de la DGRE pour la pluviométrie

ZONAGE	GOUVERNORATS CONCERNES	PLUVIOMETRIE MOYENNE ANNUELLE
NORD OUEST	Jendouba, Beja, Kef, Siliana	531 mm (moyenne de 400 mm le long de la Medjerdah et 600 mm à l'extrême Nord-Ouest, pouvant aller jusqu'à 1500 mm)
NORD EST	Grand Tunis, Nabeul, Zaghouan, Bizerte	504 mm (variant de 400 et 600 mm)
CENTRE OUEST	Kairouan, Kasserine, Sidi Bouzid	285 mm (variant de 200 à 400 mm)
CENTRE EST	Sousse, Monastir, Mahdia, Sfax	265 mm (variant de 200 à 400 mm)
SUD OUEST	Gafsa, Tozeur, Kebili	128 mm (variant de 50 à 200 mm)
SUD EST	Gabes, Medenine, Tataouine	134 mm (variant de 50 à 200 mm)

Source : Annuaire pluviométrique 2016 – 2017, DGRE

Tableau 132 : Régions hydrographiques

ZONAGE	GOUVERNORATS CONCERNES	APPORTS HYDROLOGIQUES MOYENS ANNUELS (ANNUAIRE DGRE)
EXTREME NORD ET ICHKEUL	Nord Jendouba, Nord Beja, Nord Bizerte	1 180 Mm^3/an (variant de 225 à 3 500 Mm^3) dont 498 Mm^3/an mobilisables (42 %)
CAP BON, OUED MILIANE ET SAHEL NORD	Grand Tunis, Nabeul Zaghouan, Nord Sousse	205 Mm^3/an (variant de 22 à 533 Mm^3) dont 76 Mm^3/an mobilisables (37 %)
MEDJERDAH ET GHAR EL MELH	Sud Jendouba, Sud Beja, Sud Bizerte, Kef, Siliana, (+ 33 % en Algérie)	1 017 Mm^3/an (variant de 230 à 2 820 Mm^3) dont 424 Mm^3/an mobilisables (42 %)
SEBKHAS KELBIA ET SIDI EL HANI	Kairouan, Kasserine, Sidi Bouzid, Ouest du Sahel	221 Mm^3/an (variant de 37 à 700 Mm^3) dont 106 Mm^3/an mobilisables (48 %)
SAHEL ET LEBEN	Est du Sahel, Sfax, Sud Sidi Bouzid	
CHOTT GHARSA ET SEBKHAS NOUAL-SIDI MANSOUR	Sud Kasserine, Gafsa, Nord Tozeur	156 Mm^3/an (variant de 55 à 376 Mm^3) dont 95 Mm^3/an mobilisables (61 %)
SUD	Gabes, Kebili, Medenine, Tataouine, Sud Tozeur	

Source : Annuaire hydrologique 2016 – 2017, DGRE

A noter que lors des analyses faites dans l'annuaire pour l'hydrologie, les 2 bassins hydrographiques du centre sont regroupés ainsi que les 2 bassins du Sud.

Tableau 133 : Systèmes aquifères

ZONAGE	GOUVERNORATS CONCERNES	RESSOURCES NAPPES PHREATIQUES	RESSOURCES NAPPES PROFONDES
Nord	Jendouba, Beja, Kef, Siliana, Bizerte, Grand Tunis, Nabeul, Zaghouan	376 Mm^3/an, exploitation à 110 % Nord-Ouest caractérisé par des petites entités hydrogéologiques peu exploitées (58 Mm^3) contrairement au Nord Est (356 Mm^3) avec salinisation importante des nappes côtières	315 Mm^3/an, exploitation estimée à 91 %, dont 73 Mm^3 au Nord-Ouest et 216 Mm^3 au Nord Est
		TOTAL : 691 MM^3/AN, EXPLOITE A 102 %	
Centre	Kasserine, Kairouan, Sidi Bouzid, Sousse, Monastir, Mahdia, Sfax	252 Mm^3/an, exploitation à 141 % Nappes alluviales localisées surtout sous les plaines des steppes du centre ouest. Salinisation importante des nappes côtières (Sahel et Sfax)	330 Mm^3/an, exploitation estimée à 142 % dont 189 Mm^3 pour le Kairouannais-Sahel et 281 Mm^3 pour le centre ouest
		TOTAL : 582 MM^3/AN EXPLOITE A 142 %	
Sud	Gafsa, Tozeur, Kebili, Gabes, Medenine, Tataouine	139 Mm^3/an, exploitation à 96 % Dégradation de la qualité chimique des eaux des nappes	784 Mm^3/an, exploitation estimée à 116 % dont 704 Mm^3 pour le Sud-Ouest et 206 Mm^3 pour le Sud Est
		TOTAL : 923 MM^3/AN EXPLOITE A 113 %	

Source : Annuaire des nappes phréatiques 2015 et des nappes profondes 2017, DGRE

Globalement, pour les ressources en eau, nous pouvons retenir, pour les différentes régions :

- Un **Nord-Ouest** (Jendouba, Beja, Bizerte, Nord Kef et Nord Siliana) pluvieux avec des ressources en eaux superficielles relativement abondantes et mobilisables, quelques ressources souterraines disponibles en cas d'année sèche.
- Un **Nord Est** (Grand Tunis, Nabeul, Zaghouan) ayant plusieurs ressources à sa disposition (pluies, eaux du nord, nappes) mais qui sont surexploitées et qui se dégradent en terme de qualité.
- Un **Centre Ouest** (Sud Kef et Sud Siliana, Kasserine, Kairouan et Sidi Bouzid) où les ressources reposent sur un système aquifère riche mais surexploité.
- Un **Centre Est** (Sousse, Monastir, Mahdia, Sfax) n'ayant que très peu de ressources que ce soit superficielles ou souterraines par rapport aux besoins.
- Un **Sud désertique** (Gafsa,Tozeur, Kebili, Gabes, Medenine, Tataouine) dont l'apport en eau repose essentiellement sur les nappes profondes dont les ressources ne sont pas renouvelables.

SECTEURS ECONOMIQUES

En prenant en compte les caractéristiques socio-économiques, plusieurs grandes régions économiques, relativement homogènes, ont été délimitées dans le Schéma National d'Aménagement du Territoire en 1984. Depuis, ces régions, sont utilisées pour la planification territoriale dans les schémas d'aménagement territoriaux régionaux. Le tableau suivant expose ces régions et quelques-unes de leurs caractéristiques dans le secteur agricole, industriel et touristique.

Tableau 5 : Grandes régions socio-économiques

ZONAGE	GOUVERNORATS CONCERNES	SECTEURS PRODUCTIFS
Nord-Ouest	Jendouba, Beja, Kef, Siliana	**Région agricole importante**, principale zone céréalière du pays grâce aux ressources en eau, 31,5 % du potentiel forestier du pays. Faible dynamisme industriel, peu diversifié, surtout textile, concentration autour des chefs-lieux et au Nord de la région. Activité touristique récente, surtout autour du pôle Tabarka-Ain Draham, 39 unité hôtelières (5 % de l'hébergement national).
Nord Est	Grand Tunis, Nabeul, Zaghouan, Bizerte	Région la plus urbanisée (80 %), regroupe 40% des activités économiques au niveau national. **Agriculture diversifiée** notamment au Cap Bon, zones agricoles aussi dans les terres intérieures du gouvernorat de Bizerte et autour de Zaghouan **1er pôle industriel,** activité diversifiée (dominance textile et industries mécaniques et électroniques) et répartie sur tout le territoire **Pôle touristique**, notamment au niveau de Hammamet, 30 % de la capacité d'hébergement du pays
Centre Ouest	Kairouan Kasserine, Sidi Bouzid	**L'agriculture est le pilier principal du développement économique de la région** Sauf la ville de Kairouan, peu d'espaces à vocation industrielle, industrialisation lente : emploie seulement 8 % des actifs contre 19,4 % au niveau national Surtout industries agricoles et alimentaires, matériaux de construction et industries diverses (papeterie, vannerie, plastique…) Pas de zones touristiques, quelques nuitées dans la ville de Kairouan
Centre Est	Sousse, Monastir, Mahdia, Sfax	Zone oléicole la plus importante et importance du maraîchage, industrie laitière à Mahdia **2e plateforme industrielle** la plus importante après Tunis, surtout textile (57 %) **1er pôle touristique** du pays, 205 unités hôtelières soit 25 % de l'hébergement du pays
Sud Ouest	Gafsa, Tozeur, Kebili	**L'agriculture est l'activité principale de la région** Peu de potentiel pour les activités industrielles outre les mines de phosphates et les unités de conditionnement des dattes. **Poids important du tourisme pour la région**, en expansion. 5 % de l'hébergement national, surtout concentré à Tozeur.
Sud Est	Gabes, Medenine, Tataouine	Potentiel agricole localisé sur le littoral **Activité industrielle en croissance**, surtout localisée au niveau du Grand Gabes, El Hamma et Medenine. Poids important des industries chimiques pour l'emploi, sinon industries d'agroalimentaires, mécaniques, électroniques et diverses. **Activité touristique concentrée dans le pôle Djerba-Zarzis**, 152 unité hôtelières soit près de 20 % de l'hébergement du pays

Source : Schémas Directeurs d'Aménagement Régionaux 2010 – 2011, DGAT

Pour rentrer plus en détails sur le secteur agricole, 6 systèmes agraires sont distingués en fonction des conditions environnementales (climat, sol, topographie) et des traditions culturales pour l'agriculture pluviale. Le tableau suivant repend les grandes caractéristiques de ces systèmes selon l'OTEDD. Les autres tableaux détaillent les systèmes d'élevage ainsi que les catégories des périmètres irrigués existants.

Tableau 6 : Systèmes agraires

ZONAGE	GOUVERNORATS CONCERNES	CARACTERISTIQUES DU SYSTEME AGRAIRE
Nord-Ouest	Jendouba, Beja, Kef, Siliana, Bizerte, Nord de Zaghouan	**Système céréalier « traditionnel » (1 300 000 ha) :** 50 % céréales, 45% arboriculture (surtout oliviers, 18 millions de pieds), 5 % maraîchage et cultures fourragères Climat favorable à une agriculture pluviale
Grand Tunis et Cap Bon	Grand Tunis, Nabeul	**Système agricole diversifié (270 000 ha) :** 45 % arboriculture (surtout oliviers, 4,4 millions de pieds mais plantation âgées), 35 % céréales, 20 % maraîchage et cultures fourragères Diversification des produits et climat favorable, mais morcellement important des exploitations (40 % inférieures à 1 ha) et urbanisation non maîtrisée
Centre	Kairouan Kasserine, Sidi Bouzid, sud de Zaghouan Nord de Gafsa	**Système mixte arboricole – céréalier (860 000 ha) :** 55 % arboriculture (dont 16,2 millions d'oliviers), 35 % céréales, et 10 % maraîchage et cultures fourragères Faible rendement des céréales, érosion hydrique
Sahel et Sfax	Sousse, Monastir, Mahdia, Sfax	**Système arboricole (1 400 000 ha):** 85 % arboriculture (surtout oliviers, 18,2 millions de pieds mais plantations âgées), 10 – 15 % céréales, , 5 % maraîchage et cultures fourragères Climat peu favorable pour l'agriculture pluviale mais sol et influence maritime adaptés pour oliviers
Sud-Ouest	Gafsa, Tozeur, Kebili	**Système d'agriculture pluviale marginale (1 000 000 ha):** 75 % arboriculture (3,2 millions d'oliviers), 2 % céréales (20 000 ha), 20 % maraîchage et cultures fourragères Agriculture basée sur l'irrigation, érosion hydrique et éolienne
Sud Est	Gabes, Medenine, Tataouine	**Système vulnérable à dominante oléicole (350 000 ha):** 78 % arboriculture (5 millions d'oliviers), 20 % céréales (70 000 ha), 2 % maraîchage et cultures fourragères Sol sablonneux fragile, érosion éolienne

Source : Rapport général sur la durabilité de l'agriculture en Tunisie 2010, OTEDD

Tableau 7 : Systèmes d'élevage

Zonage	Gouvernorats concernés	Caractéristiques des systèmes d'élevage
Nord	Jendouba, Beja, Bizerte, Siliana, Kef, Grand Tunis, Nabeul, Zaghouan	**Bovins (72 % production nationale) :** soit système extensif peu rentable mais adapté aux conditions agroécologiques, soit système intégré à l'exploitation mais dépendant des apports extérieurs en fourrages, soit système hors sol en périphérie des villes (Bizerte, Tunis, Nabeul). **Ovins (38 % production nationale) et caprins (26 %) :** soit système intégré à la production des céréales au Nord-Ouest, soit élevage intensif pour la production laitière à Béja et Bizerte, soit système agro-sylvo-pastoral en zones montagneuses et à la lisière des forêts (chèvre locale).
Centre	Kasserine, Kairouan, Sidi Bouzid, Sahel, Sfax	**Bovins (25 % production nationale)** : surtout systèmes hors sol en périphérie des villes du Sahel et Sfax **Ovins (39 % production nationale) et caprins (22 %) :** Système intensif intégré à l'exploitation pour l'engraissement au Centre, surtout Sidi Bouzid
Sud	Gafsa, Tozeur, Kebili, Gabes, Medenine, Tataouine	**Bovins (3 % production nationale) :** **Ovins (22 % production nationale) et caprins (51 %) :** surtout système intensif intégré à l'exploitation pour l'engraissement (surtout Gafsa) **Camélidés :** peu de données, système pastoral

Source : Rapport général sur la durabilité de l'agriculture en Tunisie 2010, OTEDD

Tableau 8 : Périmètres irrigués

Zonage	Gouvernorats concernés	Classe des périmètres irrigués
Haute et Moyenne Vallée de la Medjerdah	Jendouba, Beja Siliana,	**51 000 ha aménagés**. PPI récents sur barrages, grandes cultures, faible intensification en été
	Kef, Zaghouan	**21 000 ha aménagés**. PPI récents sur forages, grandes cultures et maraîchage, faible intensification
Basse Vallée de la Medjerdah	Bizerte	**16 000 ha aménagés**. PPI récents sur barrages, grandes cultures, faible intensification en hiver
	Ariana Manouba	**21 000 ha aménagés**. PPI anciens vétustes types gravitaires, polyculture, faible intensification en hiver
Périmètres types Cap Bon	Nabeul, Ben Arous	**61 000 ha aménagés**. PI sur forages/puits, PPI avec eaux du Nord, maraîchage intensif et systèmes agrumicoles, nappes surexploitées
Périmètres de la Tunisie centrale	Kairouan, Kasserine, Sidi Bouzid	**126 000 ha aménagés**. PI sur puits, PPI sur forages, maraîchage et polyculture, faibles intensification en été, nappes surexploitées. Ou PPI sur barrages, grandes cultures, ressources en eau variables et faible intensification
Périmètres maraîchers du Sahel	Sousse, Monastir	**13 000 ha aménagés**. PPI sur barrages, maraîchage et arboriculture, peu d'eau mais bonne valorisation
	Mahdia, Sfax	**18 000 ha aménagés**. PI sur puits/forages, maraîchage, salinité élevée de l'eau et surexploitation des nappes
Périmètres du Sud	Gafsa, Tozeur, Kebili, Gabes	**66 000 ha aménagés**. PPI forages profonds, systèmes oasiens
	Medenine, Tataouine	**7 000 ha aménagés**. PPI forages/puits, polyculture, faible intensification

Source : Rapport général sur la durabilité de l'agriculture en Tunisie 2010, OTEDD

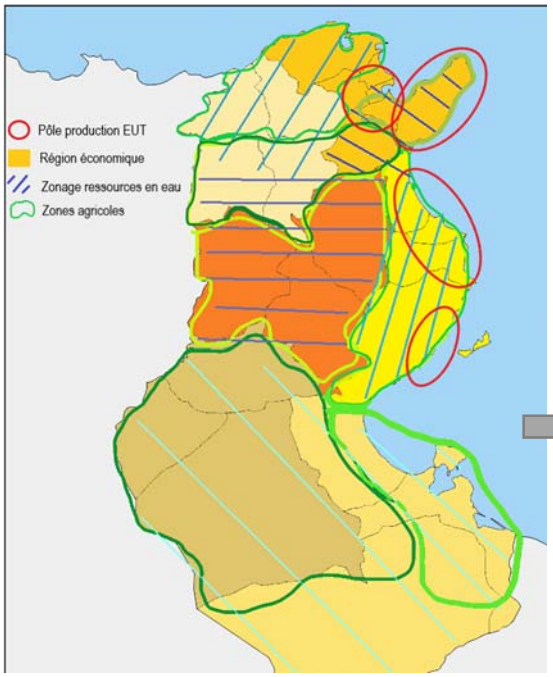
Globalement, pour l'agriculture, nous pouvons retenir :

- Un **Extrême Nord** (Jendouba, Beja, Bizerte) propice à l'agriculture pluviale céréalière, avec une importance de l'élevage bovin et une agriculture irriguée qui profite des barrages de la région.
- Un **Nord-Ouest** (Kef, Siliana, Zaghouan) marqué par des transitions bioclimatiques plus importantes, des grandes surfaces céréalières et oléicoles mais avec des rendements faibles, un élevage ovin se rapprochant plus des systèmes du centre. Les périmètres irrigués sont plutôt sur forages, et peu intensifs.
- Un **Nord Est** (Ben Arous, Nabeul) avec une agriculture diversifiée (agrumes, maraîchage, céréales, oliviers etc.). L'agriculture irriguée profite des eaux provenant du Nord et des nappes souterraines locales mais une surexploitation de ces ressources entraîne l'abandon de périmètres irrigués dans certaines zones.
- Le **Sahel et Sfax** (Sousse, Monastir, Mahdia, Sfax) qui reposent sur l'oléiculture pour le pluvial, l'élevage laitier intensif pour Mahdia et Sfax et le maraîchage/arboriculture pour les périmètres irrigués avec une bonne valorisation de l'eau malgré le peu de ressources.
- Un **Centre Ouest** (Kasserine, Kairouan, Sidi Bouzid) marqué par l'oléiculture, les céréales et l'élevage ovin, avec aussi du maraîchage irrigué mais avec des ressources en eau variables que ce soit au niveau des nappes surexploitées ou des quelques barrages souvent peu remplis.
- Un **Sud Est** (Gabes, Medenine, Tataouine) basé surtout sur une oléiculture fragile et quelques systèmes irrigués oasiens au niveau de Gabes
- Un **Sud Ouest** (Gafsa,Tozeur, Kebili) pratiquant l'irrigation intensive des palmiers dattiers sur forages profonds dont les ressources ne sont pas renouvelables et où l'élevage ovin et caprin a son importance, notamment vers Gafsa.

SYNTHESE : PROPOSITION DE ZONAGE POUR LES ENQUETES

A partir des données mentionnées ci-dessus dans les différents tableaux et synthétisées sur la carte 1 ci-dessous, un zonage est proposé sur la carte 2 ci-dessous et dans le tableau correspondant placé plus haut dans le corps du rapport au chapitre 0.

Carte 1 : Synthèse des zonages des données de base



Carte 2 : Zonage déduit pour les enquêtes



Annexe 2 : Détails sur les options technologiques de traitement

FILTRATION GRANULAIRE

PRINCIPE

La technique principalement employée est la filtration sur sable qui permet de capter :

- les petits insectes et organismes
- les algues
- le zooplancton
- les poussières en suspension
- les particules de « floc » formées par un prétraitement de coagulation
- toutes autres particules plus grosses présentes dans l'eau.

L'effluent est distribué en continu en surface du filtre et traverse une couche de sable (ou autres pierre ponce, gravier, anthracite, grenât disposées en fonction de la densité et de la grosseur des particules) qui va retenir les particules. L'eau s'écoule assez rapidement (de 5 à 30 m/h) à travers les couches. Les particules captées s'accumulent dans le matériau filtrant et peuvent finir par obstruer le filtre ou par passer à travers, ce qui donne une eau sale :

Lavage discontinu :

Pour éviter son colmatage, un rétro-lavage est déclenché sur horloge ou sur perte de charge. La filtration est alors interrompue et de l'eau filtrée est injectée dans le filtre dans le sens opposé à la filtration pour évacuer les MES piégées au sein du sable. L'eau de lavage, chargée en MES, est récupérée et évacuée hors du filtre. De l'air peut également être insufflé en sens inverse du sens de la filtration pour détasser le média filtrant.

Lavage continu :

L'effluent est distribué uniformément soit au centre du filtre à sable par un système de distribution radiale, soit en fond de filtre qu'il traverse de bas en haut. Les MES sont retenues au sein du massif de sable et l'eau filtrée est évacuée sur la partie supérieure du filtre par une canalisation dédiée. Un cône d'aspiration placé en partie inférieure du filtre aspire le sable vers un airlift qui le conduit à un système de lavage spécifique. Le sable, lavé par de l'eau filtrée, est réintroduit dans le filtre. Ce système permet une filtration en continu.

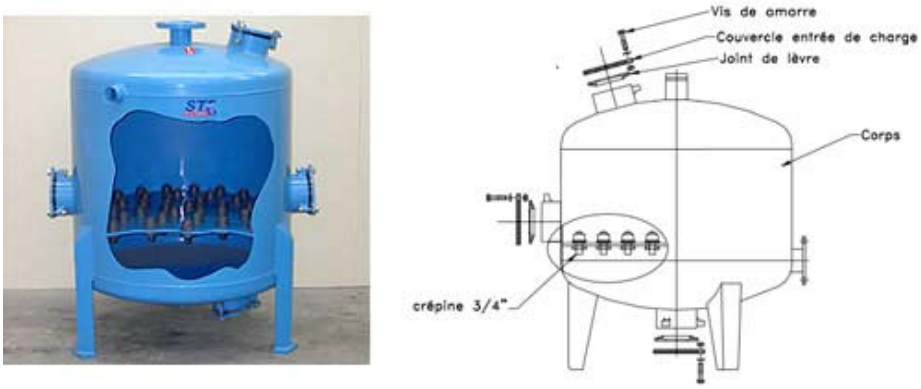
MISE EN ŒUVRE

La filtration s'effectue dans des équipements électromécaniques (si leur taille est importante cette filtration peut s'effectuer dans des ouvrages en béton).

Une bâche de stockage des eaux de lavage et des eaux sales ainsi qu'une centrale de détassage à l'air (ou d'air lift) sont nécessaires.

Les filtres (à lavage discontinu) peuvent être gravitaire ou sous-pression.

Exemple de filtre à sable à lavage discontinu



Exemple de filtre à sable à lavage continu



AVANTAGES ET INCONVENIENTS

Filtration sur sables – Avantages et inconvénients

AVANTAGES	INCONVENIENTS
• Installation rustique • Installation peu couteuse en investissement et en exploitation • Supporte les fluctuations de la concentration des matières en suspension (dans une certaine mesure) • Retours d'expérience importants en REUSE (ou similaire)	• Sujette à l'encrassement, nécessite des nettoyages physiques • Nécessité de le coupler à une étape de désinfection (UV, etc…) complémentaire

FILTRATION SUR TAMIS

PRINCIPE

La filtration sur tamis est basé sur le même principe que la filtration granulaire ou la filtration membranaire, c'est-à-dire créer une barrière physique (d'une maille de l'ordre de 5 µm) pour retenir les MES contenues dans les effluents traités.

Le média utilisé pour la filtration est une toile. Elle peut être fixée sur des disques indépendants les uns des autres ou sur un cylindre, appelé alors tambour. La totalité de l'effluent à traiter traverse les mailles de la toile ; les MES sont retenues sur sa surface pour former un « gâteau » de filtration qui va améliorer l'efficience de la filtration pendant que l'effluent filtré est rejeté au milieu naturel. Ces procédés mécaniques de filtration sont dits « rustiques ». Lorsque le filtre commence à se colmater, le niveau de l'effluent à l'entrée augmente (perte de charge) et un capteur déclenche un cycle de lavage pour nettoyer la toile des MES retenues et les évacuer.

La filtration est réalisée de façon continue.

MISE EN ŒUVRE

La filtration s'effectue sur équipement électromécanique en l'occurrence sur des filtres à disques ou des filtres à tambour en micro-filet :

Exemple de filtre à disques ou à tambour





AVANTAGES ET INCONVENIENTS

Filtration sur sables – Avantages et inconvénients

AVANTAGES	INCONVENIENTS
• Installation rustique • Installation peu couteuse en investissement et en exploitation • Supporte les fluctuations de la concentration des matières en suspension (dans une certaine mesure) • Retours d'expérience modérés en REUSE (ou similaire)	• Sujette à l'encrassement, nécessite des nettoyages physiques • Nécessité de le coupler à une étape de désinfection (UV, etc…) complémentaire

FILTRATION MEMBRANAIRE

PRINCIPE

Les membranes de microfiltration ou d'ultrafiltration sont des membranes poreuses qui permettent d'effectuer une filtration physique sous l'effet d'une pression. Dans le principe, ce sont des procédés similaires à une filtration sur sable. La membrane constitue alors une barrière sélective qui selon sa porosité permet de séparer les constituants d'un fluide en fonction de leur taille.

Les procédés de filtration sur membranes présentent les avantages suivants :

- compacité (avantage en général mais particulièrement valable vis à vis du lagunage)
- rapidité de mise en œuvre
- automatisation aisée
- qualité constante du traitement : Le procédé s'adapte aux variations subites de turbidité sans ajout de réactif donc la réponse est immédiate (microfiltration et ultrafiltration).

Cette filtration s'effectue sur différents types de membranes selon le diamètre de leurs pores, et donc des particules retenues. On trouve des membranes de microfiltration qui retiennent des particules dont le diamètre est compris entre 1µm et 0,1µm, des membranes d'ultrafiltration, de 0,1µm à 0,01µm, des membranes de nanofiltration, de 0,01µm à 0,001µm et des membranes d'osmose inverse (diffusion) aux alentours de 0,001 µm.

Le tableau suivant montre la classification des membranes, les pressions opératoires de chacune et les flux unitaires caractéristiques :

Tableau de classification des membranes

PARAMETRES	MICROFILTRATION	ULTRAFILTRATION	NANOFILTRATION	OSMOSE INVERSE
Plus petites espèces retenues	Colloïdes Microorganismes	Virus MO polymérisée	Ions divalents Petites molécules organiques	La plupart des espèces dissoutes
Pressions opératoires (bar)	0,2 – 1,0	0,1 – 5	5 – 15	15 - 80
Flux unitaires ($l/m^2.h$)	100 - 500	20 – 200	15 - 30	15 - 30

Maille de filtration et rétention des différents éléments

Taille	1 nm	10 nm	100 nm	1 µm	10 µm	100 µm	1 mm
en Å	10	10^2	10^3	10^4	10^5	10^6	10^7
Poids moléculaire (en g/mol)	100 200 1000	10 000 20 000	100 000	500 000			
Observation		microscopie électronique		microscopie optique		visible à l'oeil nu	
	ions	molécules	macro molécules	micro particules		macro particules	
Taille des particules	Sucres, Sels minéraux, Ions métalliques, Pesticides, Sels dissous (ions)	Virus, Noir de carbone, Pyrogènes, Colloïdes, Acides humiques	Pigments, Bactéries	Levures, Cheveux, Algues protozoaires, Pollens	Sable, Zooplancton		
Système de filtration	Osmose inverse, Nanofiltration	Ultrafiltration	Microfiltration	Filtration classique			
Masse moléculaire retenue (en g/mol)	< 500	500 à 500 000	> 500 000				
Taille des pores	99 Å	20 à 1000 Å	0,1 à 19 µm				
Pression transmembranaire	20 à 100 bars	5 à 20 bars	0,3 à 5 bars	0,3 à 5 bars			
Echelle et unités	1Å = 10^{-10} mètres = 10^{-4} micromètres.						

MISE EN ŒUVRE

Les membranes utilisées en traitement tertiaire d'eaux usées sont généralement des membranes d'ultrafiltration voire de microfiltration. Ces membranes fonctionnent généralement différemment de celles employées pour la fabrication d'eau potable. La filtration se fait, à l'inverse de la filtration en eau potable, de l'extérieur de fibres vers l'intérieur soit par aspiration, soit par mise sous pression.

Par ailleurs, les membranes peuvent être à fibres creuses (filtration de l'extérieur vers l'intérieur type ZENON ou PURON voire filtration de l'intérieur vers l'extérieur type NORIT) ou être planes (type KUBOTA au ALPHA LAVAL).

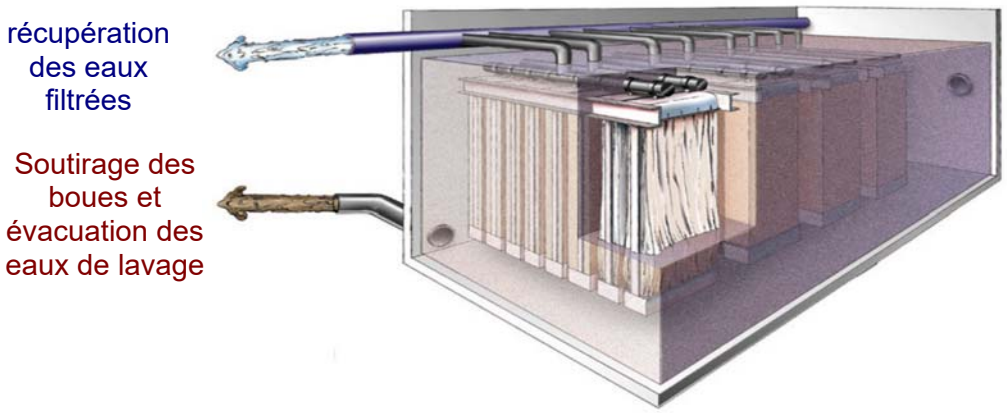
Exemples de fibres creuse et planes



Le flux habituellement retenu lors d'un traitement tertiaire par ultrafiltration est de l'ordre de 45 L/m²/h suivant la qualité de l'eau à 20°C.

Ces membranes sont soit directement immergées dans un bassin soit dans des modules fermés et sous pression.

Exemple d'une filtration membranaire dans des modules spécifiques



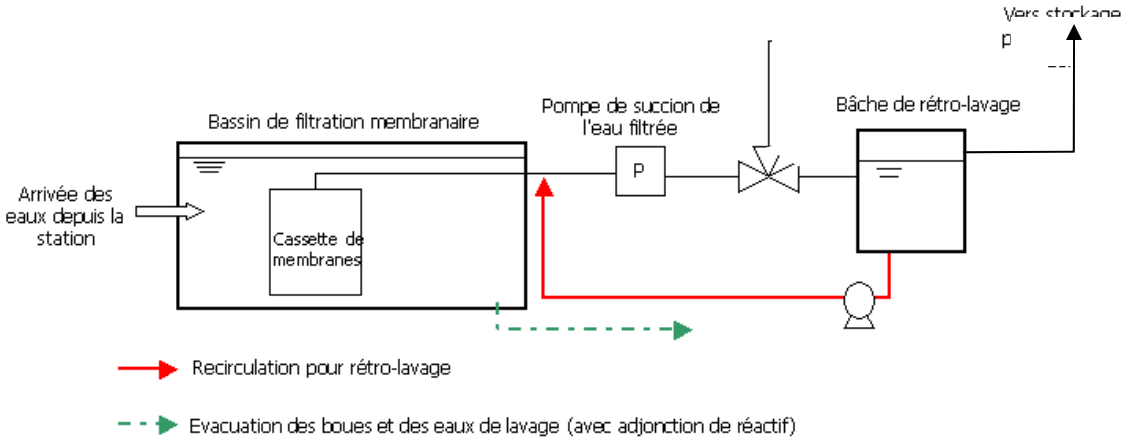
L'eau filtrée recueillie est dirigée en premier lieu dans une bâche de retro-lavage, puis lorsque cette bâche est pleine elle est dirigée vers les dispositifs de réutilisation (ou stockage). La bâche de rétro-lavage permet de conserver un volume d'eau nécessaire pour procéder au rétro-lavage.

Une à deux fois par semaine, s'ajoute un lavage dit de maintenance des membranes à l'eau de Javel puis à l'acide citrique (lors des rétrolavages).

A noter que pour les membranes planes, il n'y pas de nécessité de rétrolavage, ni de lavage de maintenance.

Pour finir, 2 fois environ par an, un lavage dit de régénération des membranes est nécessaire au travers de trempage dans des bains d'eau de Javel puis d'acide citrique.

Schéma de fonctionnement d'une filtration membranaire



PERFORMANCES

L'ultrafiltration réalise une élimination totale des particules minérales et biologiques (même les virus) ainsi que l'élimination de matières en suspension et le maintien des taux de DCO et DBO_5 à des valeurs inférieures à 35 mg/l et 5 mg/l respectivement, grâce à un piégeage total des MES.

AVANTAGES ET INCONVENIENTS

Filtration membranaire – Avantages et inconvénients

AVANTAGES	INCONVENIENTS
• Effluent de grande qualité en fonction d'installations nécessitant peu d'espace (procédé peu s'autosuffire dans certains cas) • Peut être mutualisé avec le traitement biologique des effluents (bioréacteur à membranes) • Elimination non spécifique des pathogènes • Supporte les fluctuations de la concentration des matières en suspension • Retours d'expérience importants en REUSE (ou similaire)	• Sujettes à l'encrassement, nécessite des nettoyages physique et chimique • Utilisation d'un produit chimique avec les règles de sécurité inhérentes • Installation complexe • Installation très couteuse en investissement et en exploitation (électricité, réactifs, renouvellement des membranes, etc…)

RAYONNEMENTS UV

PRINCIPE

Un autre moyen de désinfecter les eaux usées consiste à utiliser les ultraviolets. Cette désinfection tire profit de la grande énergie contenue dans les rayons UV pour détruire la capacité des bactéries et autres micro-organismes à se reproduire, ce qui est une façon efficace de les tuer.

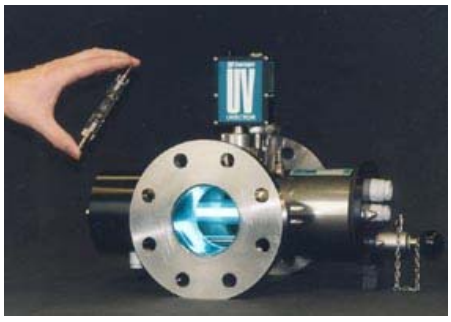
Pour qu'il y ait désinfection, les lampes doivent fournir une radiation lumineuse dont le spectre d'émission se situe dans la région de l'UVC laquelle est la plus efficace à produire un effet germicide (λ = 254 nm).

Par ailleurs, comme indiqué en préambule, plus la concentration en MES (et donc la DCO et DBO_5) sera grande, plus difficile et contraignante sera la désinfection. C'est pourquoi une étape préalable de filtration est souvent préconisée.

MISE EN ŒUVRE

Dans le traitement des eaux usées, on installe les lampes UV dans un canal de contact ouvert peu profond ou dans une chambre (ou réacteur) fermée de façon à favoriser le contact des rayons UV avec l'effluent à traiter. Lorsque les lampes sont immergées, elles doivent être confinées dans des tubes à quartz afin d'empêcher le refroidissement excessif et protégées par une grille de métal pour éviter qu'elles ne se brisent.

Lampes UV en chambre et en canal





Les équipements nécessaires sont donc :

- des lampes émettant dans le domaine des UV
- un réacteur pour y disposer les lampes
- un système de contrôle du niveau d'eau dans le canal et un système électrique
- un capteur peut être installé à l'intérieur de la lampe pour mesurer l'intensité des UV et détecter un incident ou prévenir l'utilisateur de l'usure de la lampe. Les détecteurs indiquent la perte d'efficacité et la nécessité de réaliser la maintenance telle que le nettoyage de la lampe ou bien son remplacement.

Les lampes UV peuvent être basse pression ou moyenne pression (de la famille des hautes pressions). Les lampes basse pression présentent les avantages et les inconvénients suivants :

- Plus de lampes donc moins compactes mais meilleure répartition du rayonnement
- Durée de vie plus importante mais plus de lampes
- Consommation d'énergie plus faible
- Température de fonctionnement plus faible donc moins de risque d'encrassement par entartrage mais plus de lampes à nettoyer

PERFORMANCES

Etant donné que les rayons UV doivent atteindre les bactéries contenues dans les eaux usées pour les détruire, ces eaux doivent être très peu chargées étant donné que toute particule en suspension est susceptible de réfléchir et disperser la majeure partie des rayons UV, formant ainsi un écran entre certaines bactéries et les rayons UV, et les laissant intactes. C'est pourquoi ce mode de désinfection est combiné avec une filtration amont. Pour ce type de projet, une filtration sur sable est adéquate.

S'ajoute l'impact des réactifs qui peuvent être utilisés dans la filière de traitement des eaux de la station d'épuration tel que le chlorure ferrique (pour le traitement physico-chimique du phosphore) pouvant créer des taches brunes sur les lampes limitant leur efficacité ou nécessitant des nettoyages fréquents.

A titre indicatif, le tableau ci-dessous précise l'efficacité de la désinfection UV en fonction des concentrations en MES en entrée.

Désinfection UV – Efficacité en fonction de concentration en MES

MES (EN MG/L)	MICRO-ORGANISMES A L'ENTREE (EN NOMBRE/ML)	MICRO-ORGANISMES A LA SORTIE (EN NOMBRE/ML)
0 – 5	10 000	<1 – 10
5 – 10	10 000	<1 – 100
10 – 20	10 000	10 – 1 000
20 – 100	10 000	10 – 5 000

Il est à noter cependant que, contrairement à la chloration, le traitement aux rayons UV n'a aucun pouvoir rémanent. C'est pourquoi, il est nécessaire d'ajouter une dose de chlore avant de transporter l'effluent ainsi désinfecté.

Les spores bactériennes et kystes de protozoaires sont les formes les plus résistantes et certains micro-organismes parasitaires comme les œufs d'helminthe ne sont pas tués. D'après une étude, les UV détruisent quand même 1,8 fois plus de spores que le chlore.

Les abattements obtenus par désinfection UV pour les coliformes thermotolérants permettent donc, à des doses suffisantes d'UV, de respecter les recommandations du CSHPF. En ce qui concerne l'abattement d'œufs d'helminthe, les rayonnements UV sont par contre inefficaces aux doses habituellement utilisées (pour une élimination de 99,9% de ces œufs une dose de 92 000mJ/cm2 est nécessaire).

Les rayonnements UV n'ont pas d'effet sur le pH ou la composition chimique de l'eau. Cependant la couleur, la turbidité, la composition chimique de l'eau, les MES et la MO peuvent interférer avec la transmission des UV, si bien qu'il est conseillé de déterminer l'absorbance des UV par l'eau à traiter avant d'installer l'équipement UV.

Exemple : Pour une eau déminéralisée la transmittance est de 97% à 100%, pour une eau usée la transmittance est de 40 % à 80 %. Le tableau ci-dessous montre donc que de doubler la dose d'exposition multiplie l'effet destructif par 10. Pour augmenter l'effet destructif de 90 à 99 %, il faut donc doubler la dose.

Désinfection UV – Efficacité sur E. Coli en fonction de dose

DOSES (EN MJ/CM2)	REDUCTION DU NOMBRE DE MICROORGANISMES VIVANTS
5,4	90,0%
10,8 (x2)	99,0%
16,2 (x3)	99,9%
21,6 (x4)	99,99%
27,0 (x5)	99,999%

Les lampes UV perdent de leur intensité au fur et à mesure de leur utilisation. Lorsqu'elles ont perdu 20 à 30% de leur puissance les lampes sont remplacées. La durée de vie des lampes est plutôt faible de l'ordre de 8000 heures (soit un peu plus d'un an).

Exemple de dose d'UV minimale pour atteindre en sortie 1 000 coliformes totaux/100mL avec un temps de séjour des microorganismes de 20 secondes pour des effluents ayant subi :

- une décantation primaire 750 mJ/cm^2 $\Rightarrow$ 37,5 mW/cm^2
- une floculation - décantation 750 mJ/cm^2 $\Rightarrow$ 37,5 mW/cm2
- une épuration biologique sans nitrification 550 mJ/cm^2 $\Rightarrow$ 27,5 mW/cm^2
- une épuration biologique avec nitrification 550 mJ/cm^2 $\Rightarrow$ 27,5 mW/cm^2

Ces doses ont été calculées avec des valeurs moyennes d'effluents bruts.

AVANTAGES/INCONVENIENTS

Désinfection UV – Avantages et inconvénients

AVANTAGES	INCONVENIENTS
• Bons bactéricides et virucides • Pas d'ajout de produits chimiques dans l'effluent • Pas de stockage, ni transport de produits chimiques • Temps de contact très court (20 – 30 s) • Aucune toxicité • Surdosage ne présente aucun risque • Pas de sous-produits • Retours d'expérience importants en REUSE (ou similaire)	• Pas d'effet rémanent • Efficacité dépendante des MES (nécessité d'une filtration préalable) • Sujettes à l'encrassement, nécessite de nettoyages chimiques (nettoyages pour éviter le fouling) avec utilisation de produits chimiques (dans une moindre mesure) et leurs risques inhérents • Effet réduit si l'eau change brutalement de qualité • Remplacement lampes régulier • Reviviscence des certains micro-organismes

LA CHLORATION

PRINCIPE

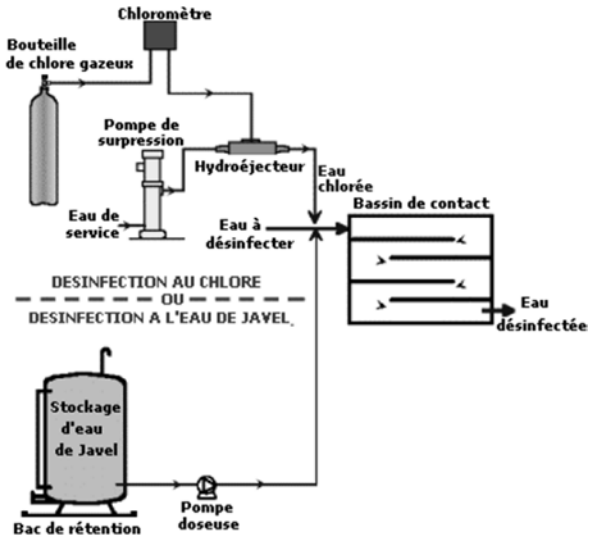
Dans l'eau, le chlore ou plus exactement l'une des formes du chlore HClO est stérilisante et peut pénétrer la membrane cellulaire pour inhiber les fonctions enzymatiques de la bactérie. En fonction de la dose appliquée, le traitement par chloration entraîne soit des lésions réversibles soit des lésions irréversibles causant la mort cellulaire.

Le problème de ce traitement est la production de composés chlorés indésirables voire dangereux (THM, chlorophénols, organochlorés) qu'elle engendre. Ces sous-produits peuvent avoir un effet néfaste sur la faune et la flore.

Par ailleurs, comme indiqué en préambule, plus la concentration en MES (et donc la DCO et DBO_5) sera grande, plus difficile et contraignante sera la désinfection. C'est pourquoi une étape préalable de filtration est souvent préconisée.

MISE EN ŒUVRE

Schéma d'une installation de chloration



La chloration peut se faire soit avec du chlore gazeux, soit avec de l'hypochlorite de calcium (peu utilisé dans le traitement des eaux) mais on utilise le plus souvent de l'hypochlorite de sodium.

$Cl_2 + H_2O \Leftrightarrow HClO + H^+ + Cl^-$

ou

$NaClO + H_2O \Leftrightarrow HClO + Na^+ + OH^-$

Le chlore gazeux est livré sous forme liquéfiée dans des bouteilles sous pression (15bar) contenant généralement 40kg de C_{l2}. Après détente dans un chloromètre, le chlore est mélangé par l'intermédiaire d'un hydroéjecteur à une eau de service puis il est injecté dans l'eau à désinfecter et va réagir dans un bassin de contact dimensionné à partir du temps de contact.

Bouteille de chlore gazeux



L'utilisation d'hypochlorite de sodium nécessite un bac de stockage, une pompe doseuse et un système d'injection. Il est livré en bonbonnes, en containers ou en camions citernes. Son stockage dans des cuves en plastique ou en acier doit se faire à l'abri de la lumière et de la chaleur (à noter qu'il cristallise à 0°C). Il se décompose rapidement et garde ses propriétés pendant deux mois maximum.

Dosage d'hypochlorite de sodium



Il existe des techniques d'électrochloration qui permettent de fabriquer de l'hypochlorite de sodium in situ par électrolyse d'une solution de NaCl.

Installation d'électrochloration



A noter que pour éviter certains effets indésirables de la persistance de composés chlorés (exemple d'impact sur les cultures à irriguer : Perturbe la croissance bactérienne saine et nuit à des micro-organismes bénéfiques, empêche l'absorption essentielle à la croissance de la plante des éléments nutritifs, altère les niveaux de pH, etc…), il est possible d'effectuer une étape de déchloration. Ce traitement met généralement en œuvre du bisulfite de sodium. La réaction se fait mole à mole aussi bien pour le chlore libre que pour les chloramines. Ce traitement engendre un surcoût de 20 à 30 % mais permet de limiter les effets toxiques de certains sous-produits.

PERFORMANCES

L'action du chlore est avérée contre les bactéries, mais d'une part son efficacité contre les virus est moins connue et d'autre part il existe de plus en plus d'organismes résistant au chlore.

L'efficacité du chlore dépend toutefois de la température de l'eau et du pH. Dans les eaux chaudes et pour des pH élevés, d'une part, la proportion de HClO baisse très vite, d'autre part, les matières oxydables par le chlore, matières organiques et surtout ammoniaque, consomment du chlore et rendent donc une partie de la dose introduite inutilisable pour la désinfection, et il faut alors augmenter la dose de chlore.

L'avantage du chlore est qu'il présente un effet rémanent dans le réseau.

Pour une eau à température de 15°C et à pH 7,5, une dose de chlore résiduel de 0,3 mg/l, maintenue pendant 10 à 20 minutes, suffit à assurer la destruction des bactéries.

A titre indicatif les dosages choisis en désinfection lors de réutilisation d'eaux usées est de l'ordre de 2 à 5 g/m^3.

AVANTAGES ET INCONVENIENTS

Chloration – Avantages et inconvénients

AVANTAGES	INCONVENIENTS
• Bon désinfectant • Facilement disponible • Plusieurs formes possibles : le Cl2, le CaClO et le NaClO • Effet rémanent • Bon marché • Bon rapport coût / risque / efficacité • Retours d'expérience modérés en REUSE (ou similaire)	• Utilisation d'un produit chimique avec les règles de sécurité inhérentes • Formation de THM ou d'organohalogénés • Pour une bonne efficacité, le pH de l'eau doit être inférieur à 7,5 • Faible stabilité en stockage pour le NaClO • Maintenance importante • Efficacité faible contre les virus • Selon les usages, peut nécessiter une déchloration selon les usages

DIOXYDE DE CHLORE

PRINCIPE

Le dioxyde de chlore (ClO_2) est appelé aussi bioxyde de chlore. C'est un gaz orangé explosif à une concentration de plus de 10% dans l'air. Pour des raisons de sécurité du fait de son instabilité, il doit être fabriqué sur place au dernier moment à partir de chlorite de sodium et d'acide chlorhydrique ou de chlorite de sodium et de chlore gazeux.

Contrairement au chlore ou à l'ozone, le dioxyde de chlore ne réagit qu'avec quelques composés organiques. Cette plus grande sélectivité augmente l'efficacité de ce désinfectant. De plus, la gamme de pH pour laquelle le dioxyde de chlore conserve un pouvoir germicide est plus importante : entre 4 et 10.

Le dioxyde de chlore est également plus efficace que le chlore pour l'inactivation des spores, bactéries, virus et autres organismes pathogènes. Son action est également rapide : temps de contact 2 à 3 fois plus court que pour le chlore.

Par ailleurs, comme indiqué en préambule, plus la concentration en MES (et donc la DCO et DBO_5) sera grande, plus difficile et contraignante sera la désinfection. C'est pourquoi une étape préalable de filtration est souvent préconisée.

MISE EN ŒUVRE

Comme nous l'avons précisé précédemment, du fait du caractère très instable, explosif et plutôt irritant du dioxyde de chlore, sa production est effectuée sur site. Pour le générer on peut utiliser soit du chlore gazeux, soit de l'acide chlorhydrique avec du chlorite de sodium. Le procédé avec l'acide chlorhydrique est le moins dangereux.

$$5\ NaClO_2 + 4\ HCl \Rightarrow ClO_2 + 2\ H_2O + 5\ NaCl$$

ou

$$NaClO + 2\ HCl + 2\ NaClO_2 \Rightarrow H_2O + 2\ ClO_2 + 3\ NaCl$$

Tout comme pour la chloration, le dioxyde de chlore est injecté à l'aide d'un hydroéjecteur dans un réacteur.

PERFORMANCES

De nombreux résultats montrent que la quantité de dioxyde de chlore à mettre en œuvre est relativement faible en raison de sa grande efficacité (2 à 5 mg/L avec un temps de contact de 5 minutes).

Exemple : Sur une STEP fonctionnant avec un procédé biologique et un procédé physico-chimique pour 115 000 équivalents habitants, l'application de 4,8 g ClO_2/m^3 donne les résultats suivants :

Abattement de micro-organismes par le ClO_2

ESPECES	TAUX D'ABATTEMENT (EN LOG)
Coliformes totaux	4,6
Coliformes fécaux	4,6
Streptocoques fécaux	4,6
Clostridium Perfringens	1,8

L'efficacité du dioxyde de chlore est au moins égale à celle du chlore, même à des concentrations inférieures.

Cependant, il présente plusieurs autres avantages, non moins négligeables :

- les valeurs de pH comprises entre 4 et 10 n'affectent pas l'efficacité,
- le dioxyde de chlore est clairement plus efficace que le chlore, pour la destruction des spores, bactéries, virus et autres organismes pathogènes,
- le temps de contact nécessaire est inférieur,
- le dioxyde de chlore est plus soluble,
- des concentrations élevées en chlore n'ont pas d'effets corrosifs. Les coûts de maintenance à long terme sont réduits,
- le dioxyde de chlore ne réagit pas avec NH3 et NH4+,
- il détruit les précurseurs THM et favorise la coagulation.

AVANTAGES ET INCONVENIENTS

Dioxyde de chlore – Avantages et inconvénients

AVANTAGES	INCONVENIENTS
• Bon désinfectant • Effet rémanent • Large plage d'utilisation de pH : de 6 à 10 • Temps de contact faible • Ne réagit pas avec les composés organiques • Action intéressante vis à vis des algues • Retours d'expérience modérés en REUSE (ou similaire)	• Utilisation d'un produit chimique avec les règles de sécurité inhérentes • Nécessite un générateur spécifique et complexe

ACIDE PERACETIQUE

PRINCIPE

Il est généralement utilisé dans l'industrie et le milieu hospitalier. Son activité désinfectante est basée sur la libération d'oxygène actif. Son efficacité est meilleure à pH acide et est fortement réduite en présence de matières organiques.

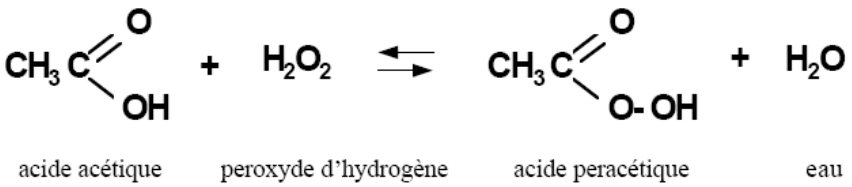
L'acide peracétique commence à être utilisé en désinfection d'eaux usées.

Par ailleurs, comme indiqué en préambule, plus la concentration en MES (et donc la DCO et DBO_5) sera grande, plus difficile et contraignante sera la désinfection. C'est pourquoi une étape préalable de filtration est souvent préconisée.

MISE EN ŒUVRE

L'acide peracétique a un fort pouvoir oxydant. Il agit par dénaturation des protéines, par modification de la perméabilité de la membrane cellulaire et par oxydation des ponts sulfure des protéines, enzymes et autres métabolites cellulaires.

En solution aqueuse, l'acide peracétique se présente sous la forme d'un mélange à l'équilibre contenant de l'acide peracétique, du peroxyde d'hydrogène (eau oxygénée), de l'acide acétique et de l'eau :



Après le traitement, les différents constituants se dégradent rapidement dans l'environnement, sans laisser de sous-produits nocifs :

- l'acide peracétique se décompose sous forme de peroxyde d'hydrogène, d'oxygène et d'acide acétique, le peroxyde d'hydrogène se transforme en eau et en oxygène
- l'acide acétique est un composé non toxique, facilement et rapidement biodégradable dans le milieu naturel.

L'un des inconvénients de son utilisation dans les eaux usées est l'accroissement non négligeable de la DBO_5 et de la DCO qu'elle provoque (20 à 60%). Il n'est pas toxique pour un temps de contact suffisant.

PERFORMANCES

Une étude montre qu'avec une dose de 5 à 7 mg/L avec un temps de contact supérieur à 10 minutes on peut abattre 3Ulog de coliformes thermotolérants d'un effluent secondaire. Par contre l'effet virucide est nettement moins bon (1Ulog sur les Entérovirus).

Lors d'essais en vraie grandeur de désinfection de boues, des œufs de Tenia Saginata ont été exposés pendant 1 heure à des boues traitées par 1000 ppm d'acide peracétique. Un examen au microscope a révélé que le taux d'éclosion a baissé à 1 % (à comparer à 94 % sans traitement). Aucun embryon actif n'a été observé dans la boue traitée, contre 25 % dans la boue non traitée. La dose indiquée de 1 000 ppm d'acide peracétique est cependant très élevée, comparée aux 2 ppm qui sont couramment utilisée dans le traitement tertiaire d'eau usée, pour obtenir environ 2 log de réduction sur les coliformes.

AVANTAGES ET INCONVENIENTS

Acide peracétique – Avantages et inconvénients

AVANTAGES	INCONVENIENTS
• Facilement biodégradable • Temps de contact relativement court	• Peu ou pas de référence pour les REUSE (ou similaire) • Utilisation d'un produit chimique avec les règles de sécurité inhérentes • Pas d'effet rémanent • Efficacité faible contre les virus

OZONATION

PRINCIPE

L'ozone est l'oxydant le plus puissant (le fluor présente un potentiel oxydant supérieur mais il n'est pas utilisé dans le traitement de l'eau). Son action est la suivante : oxydation de la paroi cellulaire, pénétration et destruction du matériel cellulaire.

L'ozone est un gaz qui se produit sur site par décharge électrique dans de l'air ou de l'oxygène. Le traitement d'ozonation se réalise dans des colonnes de contact où circulent généralement à contre-courant l'eau et le gaz ozoné.

Selon les conditions d'utilisation, l'action de l'ozone est multiple :

- la transformation de composés organiques difficilement dégradables en substrats plus faciles à décomposer par un traitement biologique ultérieur
- l'oxydation totale de composés organiques
- la décoloration par une action oxydante qui attaque préférentiellement les molécules colorantes au niveau de leurs doubles liaisons
- le puissant effet désinfectant, même à dose relativement faible

Le pouvoir oxydant de l'ozone est accru dans le procédé d'ozonation catalytique. Le procédé permet, à taux de traitement en ozone identique, une oxydation accrue de la matière organique et, en conséquence, une élimination plus poussée de la DCO et de la couleur résiduelle.

Par ailleurs, comme indiqué en préambule, plus la concentration en MES (et donc la DCO et DBO_5) sera grande, plus difficile et contraignante sera la désinfection. C'est pourquoi une étape préalable de filtration est souvent préconisée.

MISE EN ŒUVRE

Une installation d'ozonation comprend 4 parties :

- le traitement de l'air utilisé pour la production d'oxygène
- le générateur électrique d'ozone appelé ozoneur
- le transfert de l'ozone dans l'eau par turbinage, hydroinjection ou diffusion dans des cuves en béton armé
- le système de récupération et traitement des évents ozonés.

Exemple d'un ozoneur



L'air utilisé pour la production d'ozone doit être sec et propre d'où son traitement préalable. Ce traitement est constitué d'une première étape de condensation de l'air ambiant après filtration, généralement par surpression pour les petites installations (6 à 7 bars), suivie d'une dessiccation sur un adsorbant.

Une haute tension est appliquée entre deux électrodes disposées concentriquement. Les électrodes sont séparées l'une de l'autre par un diélectrique et par deux chambres de décharge traversées par le gaz. Certaines des molécules d'oxygène présentes dans le gaz injecté se fractionnent dans le champ électrique et se combinent immédiatement aux molécules d'oxygène libre, formant ainsi de l'ozone.

L'ozone peut être généré à des concentrations comprises entre 20 et 60 g/m^3 avec de l'air sec (point de rosée < - 60 °C), la consommation d'énergie étant généralement située entre 12 et 18 W/g d'O_3, en fonction de la concentration et de la température de l'eau de refroidissement. Afin de générer des volumes de production plus importants (> 1 kg/h), on utilise de plus en plus de l'oxygène pur ou de l'air enrichi d'oxygène.

PERFORMANCES

Une teneur résiduelle de 0,5 mgO_3/L après 10 minutes inactive bactéries et virus à un taux supérieur à 99,9 % dans une eau usée.

Dose d'ozone pour atteindre un abattement de 99,9% sur le Poliovirus

TYPE D'EFFLUENTS	DOSE D'OZONE (EN MGO3/L)
Effluent primaire	16 à 25
Effluent secondaire	6 à 12
Effluent tertiaire	5 à 8

L'ozonation agit non seulement sur les polluants en améliorant la transparence de l'eau car il oxyde le fer et le manganèse, métaux souvent responsables de la coloration de l'eau, mais il agit également sur les bactéries se développant dans l'eau en les éliminant. L'ozone a un pouvoir stérilisant important puisqu'il a une action nette, rapide et radicale sur de nombreux virus.

Exemple de dose d'ozone minimale pour atteindre en sortie 1 000 coliformes totaux/100mL avec un temps de séjour des micro-organismes de 20 minutes pour des effluents ayant subi :

- une décantation primaire 17 mg/L
- une floculation - décantation 15 mg/L
- une épuration biologique sans nitrification 8,5 mg/L
- une épuration biologique avec nitrification 8 mg/L

AVANTAGES ET INCONVENIENTS

Ozonation – Avantages et inconvénients

AVANTAGES	INCONVENIENTS
• Bon désinfectant • Permet d'oxyder le fer et le manganèse • Associé à H2O2 il intervient dans l'élimination des pesticides • Agit également sur les algues • Temps de contact relativement court (10 – 30 min) • Généré sur site (pas de transport ni de stockage) • Se transforme en oxygène • Améliore les paramètres physico-chimiques de l'effluent (DCO, odeurs, couleur)	• Peu ou pas de référence pour les REUSE (ou similaire) • Utilisation d'un produit chimique avec les règles de sécurité inhérentes • Coûteux à l'investissement et à l'exploitation (énergivore) • Pas d'effet rémanent • Peu soluble dans l'eau • Risque de formation de bromates

ELECTRODYALYSE

PRINCIPE

L'électrodialyse est un procédé pouvant s'appliquer dans de vastes domaines de par ces différentes configurations possibles. Ceci étant, on le retrouve à ce jour essentiellement dans l'industrie (textile, vinification, etc.), dans le dessalement d'eau de mer et le traitement d'effluents industriels spécifiques.

Plus particulièrement dans le domaine de l'eau (potable et assainissement), le procédé d'électrodialyse a été commercialisé dans les années 1960, environ dix ans avant l'introduction de l'osmose inverse pour le dessalement de l'eau de mer. En termes d'installations actuellement implantées, la plus importante application de l'électrodialyse reste celle de la production d'eau potable à partir d'eau saumâtre. Dans ce domaine l'électrodialyse est en compétition directe avec l'osmose inverse et l'évaporation multiétagée. L'électrodialyse a été implantée aux USA dans les années 1970. En 2006, on comptait sur le territoire américain plus de 2000 installations dont la capacité totale de production d'eau potable dépasse les 1 000 000 m^3/jour, ce qui correspond à 1,5 million de m^2 de membrane implantée. Un appareil d'électrodialyse compact pour le dessalement de l'eau de mer a même été développé dans le but de produire de l'eau potable sur les bateaux de pêche ou de plaisance.

L'électrodialyse se couple à des procédés membranaires et des procédés biologiques, ces derniers étant dans ce cas le plus souvent placés en amont. L'électrodialyse utilise le principe suivant : Si un liquide riche en ions est soumis à un champ électrique grâce à deux électrodes entre lesquelles on applique une différence de potentiel continue, les cations vont se diriger vers l'électrode négative (ou cathode) tandis que les anions vont se diriger vers l'électrode positive (ou anode). Si rien ne s'oppose à leur mouvement, ils viennent se décharger sur les électrodes de signe contraire, il y a électrolyse.

En revanche, si l'on place entre les électrodes un ensemble de membranes de dialyse sélectives

- Les unes, cationiques, perméables aux cations seulement
- Les autres, anioniques, perméables aux seuls anions, disposées alternativement comme l'indique la figure précédente, on limite la migration des ions, car les anions ne peuvent traverser les membranes négatives, ni les cations les membranes positives

Contrairement à la filtration membranaire (ultrafiltration ou nanofiltration) ou l'osmose inverse, ces sont les éléments (ions, etc.) qui traversent les membranes et pas l'eau.

MISE EN OEUVRE

La configuration qui reste la plus utilisée est celle à plusieurs compartiments. Son principe est schématisé ci-après :

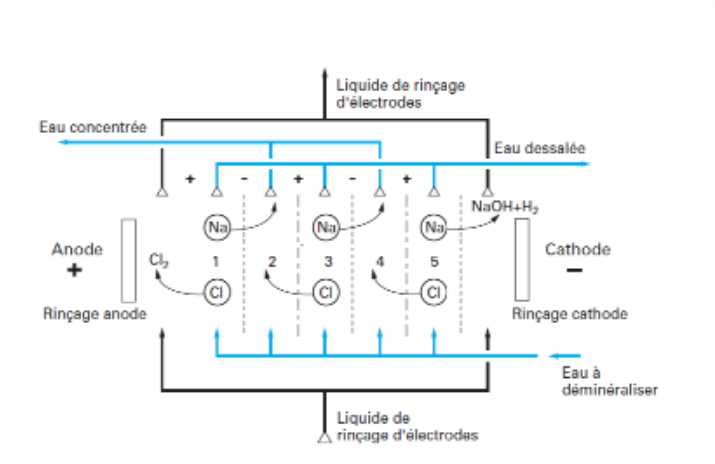


Figure 105 : Schéma de principe de l'électrodyalyse

Dans le cas de la cellule du schéma comportant trois paires de membranes, dont les compartiments 1, 2, 3, 4 et 5 sont alimentés, par exemple, par une solution de chlorure de sodium, les ions des compartiments 1, 3 et 5 passent dans les compartiments 2 et 4, sous l'effet du champ électrique créé par les électrodes.

Dans ces conditions l'eau des compartiments 1, 3 et 5 s'appauvrit en sel ("se déminéralise"), tandis que celle des compartiments 2 et 4 se concentre.

Pour chaque coulomb apporté au système, on observe donc la sortie d'une valence-gramme d'anions et de cations de chaque compartiment de déminéralisation (1, 3, 5), valence-gramme qui vient s'ajouter à celles déjà présentes dans les compartiments de concentration (2, 4).

Une solution élégante consiste, pour éviter les risques d'entartrage (confère suite du présent paragraphe), à inverser régulièrement la polarité des électrodes (par exemple 5 min toutes les 30 à 60 min, et permuter ainsi instantanément compartiments de concentration et compartiments de dessalement et donc la position des couches de polarisation qui changent de côté de la membrane. L'eau "produite" pendant ces phases d'inversion doit donc être rejetée. Cette technique est prévue sur tous les postes d'électrodialyse modernes, car elle permet de simplifier le prétraitement au prix, il est vrai, d'une complication significative de l'installation.



Figure 106 : Exemple d'installations d'électrodyalyse

PERFORMANCES

Cette technique est utilisée pour des eaux usées traitées réutilisées spécifiques ou des usages spécifiques en réutilisation des eaux usées tels que des eaux usées traitées chargées en sel ou l'irrigation de cultures sensibles aux sels.

Ainsi, il est difficile de donner des performances en traitement des eaux usées sur les paramètres classique (DBO_5, MES, etc.) pour l'électrodyalyse car comme vu précédemment cette technologie n'est pas réservé à ce jour à ce type d'usage.

Il figure ci-après des ordres de grandeur des performances obtenues en dessalement pour ce procédé :

Tableau 134 : Electrodyalyse – Qualité de l'eau produite en dessalement

Eau produite	
Conductivité (mS/cm)	1.0 – 1.3
TDS (g/L)	0.65 – 0.8
TH	7 – 10
Composition (mg/L) Cations	
Sodium	120 – 220
Potassium	6 – 11
Magnésium	5 – 10
Calcium	15 – 20
Anions	
Sulfates	50 – 70
Chlorures	360 – 460
Performances	
Récupération (%)	90
Elimination TDS (%)	75 – 80
Consommation (kWh/m^3)	0.9

NB par rapport au tableau précédent :

- TDS : Solides dissous totaux
- TH : Titre Hydrométrique

Dans le cas du dessablement, il est difficile, technico-économiquement parlant, de vouloir réduire la salinité de l'eau produite à moins de 200 mg/L.

AVANTAGES ET INCONVÉNIENTS

Tableau 135 : Electrodyalyse – Avantages et inconvénients

AVANTAGES	INCONVENIENTS
• Permet d'éliminer les ions, mais pas aussi efficacement que l'osmose inverse • Permet d'éliminer les solides dissous en grande quantité • Installation compacte	• Ne joue qu'un rôle limité : Eliminée des ions et des solides dissous • Peu ou pas de référence pour la REUT (ou similaire) • Sujettes à l'encrassement, nécessite des prétraitements : Elimination de la turbidité (pour éviter les dépôts surtout dans les zones mal irriguées) Réduction de la teneur en métaux, ex.: Fe et Al < 0,3 mg/L, Mn < 0,1 mg/L, etc. Réduction des sels susceptibles de précipiter dans les compartiments de concentration, ceci en tenant compte de la polarisation qui tend, dans le cas de l'électrodialyse non seulement à surconcentrer les ions de l'eau à traiter, mais également à changer le pH • Installation complexe • Installation très couteuse en investissement et en exploitation (électricité, renouvellement des membranes, etc.)

Annexe 3 : Présentation des éléments de benchmark du cadre institutionnel

RECHARGE DE NAPPE POUR LA PRODUCTION INDIRECTE D'EAU POTABLE EN BELGIQUE

Entretien avec **Emmanuel Van Houtte** le 22 janvier 2021 (Expert R&D, qualité de l'eau et environnement)

IWVA Saint-André, Belgique (Société intercommunale de production d'eau potable)

Points de discussion

- **Processus d'émergence du projet : à l'échelle locale ou décision nationale ?**

La société de de production AEP (IWVA) est une société intercommunale, qui avait des problèmes de fourniture d'eau potable à la fin des années 1980 et il y avait la problématique de salinisation des nappes. L'IWVA a fait appel à l'Université de Gand pour trouver des ressources alternatives. Ils se sont intéressés aux pratiques des Pays Bas où il y a infiltration de l'eau des fleuves dans les nappes puis pompage mais cela n'était pas possible en Belgique car il n'y a pas d'eau de surface. Ils se sont donc tournés vers ce qui existait aux Etats-Unis et ont fait un voyage d'étude (1997). Le dessalement n'était pas une option car cela nécessite trop d'énergie et est une technologie moins durable.

Il n'y a pas de plan pour le développement de la REUT en Belgique, encore moins il y a 20 ans et le projet a émergé du besoin local puis 10 ans ont été nécessaires pour développer le projet.

- **Gestionnaire du projet**

La collecte des eaux usées brutes et le traitement secondaire est réalisé par la société *Aquafin* puis l'eau est collectée par l'IWVA qui réalise les traitements additionnels (UV et Osmose inverse), gère l'infiltration des eaux dans les dunes, les prélèvements, les traitements complémentaires et la distribution.

Selon M. Van Houtte, le montage institutionnel à privilégier est celui d'une compagnie intégrée, qui gérerait à la fois la collecte des EUB, le traitement secondaire, les traitements complémentaires, la recharge, et la distribution de l'AEP. Cela garantirait que la compagnie a intérêt à avoir une bonne qualité de l'eau et ne peut pas mentir sur de mauvaises qualités (cf. projet existant en Angleterre).

- **Autorisation du projet : qui a le pouvoir d'autorisation, après consultation de quels acteurs ?**

Les régions ont une certaine indépendance sur le plan environnemental en Belgique et le permis d'exploitation a été délivré par la région de la Flandre. Le plus difficile pour l'obtention du permis concernait l'infiltration de l'eau dans les dunes, car les dunes sont un écosystème protégé.

- **Contrôle de la qualité**

Mise en place d'un « water safety plan » : screening de tout le process avec détermination des points où il y a les plus grands risques. Les contrôles se font au niveau de ces points, de façon automatique mais aussi par des prélèvements manuels. Les risques sont très bien maîtrisés et il n'y a jamais eu de problème pour le moment. En cas de problème de qualité sur les eaux infiltrées dans la nappe, il y a toujours la réserve de la nappe (pour cette raison, la réutilisation indirecte est plus sécurisée que la réutilisation directe). En cas de problème sur les eaux prélevées dans la nappe, il y a des tuyaux qui viennent des régions voisines et de la France.

- **Diffusion des données de qualité de l'eau**

Tous les contrôles sont des autocontrôles, il n'y pas de contrôles extérieurs et les données sont partagées avec les autorités locales qui publient tous les ans un rapport disponible au public.

Il y a un mécanisme d'alerte en cas de problème de qualité : au niveau de l'ultrafiltration, s'il y a des problèmes de turbidité, le process est stoppée immédiatement, idem pour l'osmose inverse avec arrêt immédiat.

- **Maîtrise des risques sanitaires et environnementaux**

Pour l'instant, les autorités n'ont toujours pas réalisé d'études épidémiologiques même si l'IWVA en a demandé souvent. Il n'y a donc pas d'information à ce sujet.

Par contre il y a un suivi environnemental de l'impact sur les dunes réalisé par l'IWVA avec un rapport tous les 3 ans au début et 5 ans maintenant. Il n'y a pas de pollution des sols (le traitement très poussé avant infiltration garantit ce point). Il y a un biologiste qui travaille sur les aspects écosystème.

- **Traitement des concentrats**

Les concentrats de l'osmose inverse sont déchargés dans un émissaire en mer. Il y a un projet en cours pour utiliser les saules pour diminuer les taux de nutriments dans les concentras. Il est intéressant de créer en parallèle des espaces verts avec de la végétation qui résiste à la salinité.

- **Est-ce que la réglementation nationale intègre la possibilité de réutilisation pour l'eau potable ?**

C'est la directive européenne qui est suivie.

- **Quels sont les grands facteurs de réussite du projet**

- Grande confiance entre l'IWVA et les autorités

  Il y a des réunions trimestrielles et les relations sont fluides avec de bons échanges.

- Grande confiance entre l'IWVA et les populations/bonne acceptabilité

  Il y a un centre pour les visiteurs qui existe depuis la fin des années 1990. Il y a des visites guidées, des jours ouverts dans la station pour mieux comprendre comment fonctionne l'osmose inverse.

  Selon M. Van Houtte, la confiance passe par l'implication forte des techniciens, *« il ne faut pas laisser un politicien expliquer la réutilisation car les gens n'auront pas confiance ». Alors que le technicien saura répondre aux questions et les gens auront confiance.* »

- Il y a un très bon niveau de compétence

  C'est un élément crucial selon Emmanuel et il ne faut pas hésiter à faire appel à de l'aide lors de l'élaboration des projets pour assurer la réussite. Une collaboration est possible.

  L'utilisation des EUT pour l'AEP après passage par la nappe est techniquement faisable et économiquement viable. Mais, c'est très technique il faut la compétence osmose inverse, UV, etc.

  Par ailleurs, l'infiltration des EUT est très délicate et dépend de nombreux facteurs comme la perméabilité, la température, etc. Chaque projet est unique. Au niveau technique, la réutilisation directe pour l'AEP, sans passage par la nappe, semble être plus facile. Ils sont en phase de test en Belgique où l'infiltration est remplacée par un filtre à charbon actif après osmose inverse pour traiter les matières organiques.

- Il est nécessaire de commencer par de petits projets, pour gagner progressivement en compétence et rassurer/motiver les gens

REUTILISATION DES EUT EN ISRAËL

Entretien avec Amit Gross Israël (gestion de l'eau, des sols et de l'environnement) 28/01/2020

Points de discussion

- **Organisation générale du secteur**

En Israël, la gestion de l'eau est très centralisée. L'eau est considérée comme une ressource nationale.

Quelques éléments généraux sur la gestion de l'eau en Israël sont donnés dans l'encadré ci-dessous.

Eléments du document *"Water management in Israel: key innovations and lessons learn for water-scarce countries"*

Les changements observés dans le secteur de l'eau en Israël ont majoritairement émergé après plusieurs crises importantes. Suite à des sécheresses répétées, le gouvernement a pris la décision d'engager des réformes ambitieuses dans le secteur de l'eau. L'autorité de l'eau (IWA : Israel Water Authority) a été créé, en tant qu'agence gouvernementale autonome, avec les compétences de planification et régulation pour tous les usages liés à l'eau.

Israël a pris la décision d'atteindre la viabilité financière via le recouvrement des coûts. Un nouveau cadre financier et de nouveaux tarifs ont été mis en place, sous le contrôle de l'IWA, qui a établi les tarifs pour l'ensemble des usagers.

Les services municipaux d'eau potable et d'assainissement ont été graduellement transformés en sociétés régionales, à orientation commerciale, et les tarifs ont augmenté de façon progressive, jusqu'à permettre le recouvrement des coûts.

La réutilisation des EUT fait exception cependant. En effet, pour la REUT, il y a des aides de l'état pour permettre aux agriculteurs de payer l'eau, et qu'elle soit moins chère que les eaux conventionnelles. L'objectif en Israël est de favoriser la substitution des eaux conventionnelles par les EUT, comme cela est mentionné dans la politique nationale. Ainsi, les coûts associés au traitement et au stockage des EUT est largement subventionné, alors que les agriculteurs payent les coûts associés au transport des EUT.

L'eau potable est produite essentiellement par la désalinisation. Il n'y a pas de projet de REUT pour de l'eau potable, au niveau de l'acceptabilité, cela ne passerait pas. Ainsi la désalinisation permet de produire l'AEP et la REUT est utilisée pour l'usage agricole.

La REUT est principalement gérée par 3 grosses sociétés. Il y a réinjection à Tel Aviv mais ailleurs, l'eau est directement réutilisée. Ces compagnies ne sont pas en contact avec la société nationale d'approvisionnement en eau potable ni avec les sociétés qui font la désalinisation. La réinjection se fait dans un aquifère qui ne sert pas à l'eau potable, il n'y a donc pas de lien entre la REUT et l'approvisionnement en eau potable.

Selon le Prof Gross, cette gestion très centralisée avec quelques gros producteurs d'EUT facilite le contrôle et le bon fonctionnement du système, mais selon lui, il faudrait pouvoir décentraliser le système pour le rendre plus accessible au niveau local et ouvrir sur de nouveaux usages potentiels (voir ci-après).

- **Problématiques sanitaires/Contrôle de la qualité**

En Israël, les problématiques sanitaires sont gérées par le Ministère de la Santé. Les analyses de qualité de l'eau sont réalisées par les compagnies de production des eaux traitées, plus d'une fois par semaine. Les échantillons sont analysés par quelques laboratoires agréés par le Ministère de la Santé. La plupart des données sont publiques et les compagnies doivent les publier, avec un rapport tous les 3-4 mois, plus un rapport annuel. Il n'y a pas de problèmes de confiance avec les résultats des analyses de qualité car il y a des contrôles « surprises » réalisés par le Ministère de la Santé et jusqu'à présent il n'y a pas eu de différences entre les résultats des compagnies et du Ministère.

Il y a déjà eu des problèmes de qualité qui poussent à arrêter la réutilisation (tous les 3-5 ans). C'est le Ministère de la Santé et la Water authority qui sont chargés de relayer l'information au niveau national, via la radio, la télé, etc. Au niveau régional, le Conseil régional est aussi un relais de l'information via le téléphone portable, pour donner l'alerte immédiatement. Il est intéressant de noter que dans ces cas-là, il n'y a pas de ressource alternative.

- **Problématiques environnementales**

Les risques potentiels pour l'environnement sont plus importants que les risques sanitaires selon le Prof Gross, particulièrement pour les sols et les produits de l'agriculture. Il y a notamment des problèmes de contamination par les métaux, le manganèse.

Il y a des analyses sur les produits agricoles pour regarder s'il y a contamination. A ce niveau, il y a parfois des problèmes, notamment pour les endroits où l'eau n'est pas de très bonne qualité mais où les produits sont quand même vendus de la même façon que les produits agricoles produits où l'eau est de très bonne qualité.

- **Incitation financière pour la réutilisation des EUT**

L'eau est particulièrement chère en Israël (entre 1 et 2 USD/m^3 pour les premiers m3, puis 4 USD/m^3) alors que pour les EUT, l'eau est bien moins chère (environ 30-40 centimes par m^3). Cela explique pourquoi les agriculteurs sont très demandeurs de cette ressource, alors qu'il n'y a souvent pas de ressources alternatives. Il y a des quotas et c'est la water authority qui distribue les quotas.

- **Décentralisation de la REUT**

Le système de production est centralisé mais il y a aussi quelques sites décentralisés de production d'EUT où l'eau peut être utilisée mais pour des usages requérant des qualités d'eau moindre (notamment pour les oliveraies). Selon le Prof Gross, il devrait y avoir des compagnies publiques/privées indépendantes et lucratives pour réaliser les analyses de qualité au niveau local et garantir les « best management practices » afin de fournir une eau de bonne qualité. Cela permettrait d'autoriser la REUT sans restriction au niveau local. En Israël, l'eau est tellement chère que la réutilisation est toujours une ressource moins chère que les autres ressources.

Il pourrait y avoir un suivi avec transmission des résultats en direct « online indicator » qui seraient accessibles au Ministère de la Santé afin de créer un système d'alerte en direct. Il y a un projet pilote en ce moment mené par le Prof Gross. Il s'agit de 30 systèmes de récupération des eaux grises domestiques pour l'arrosage des jardins, les toilettes mais aussi le maraîchage pour de petits producteurs. L'Université a mis en place un monitoring online pour vérifier le fonctionnement du traitement de ces eaux grises. Les paramètres analysés sont la turbidité et parfois les résidus de chlore (lien entre le chlore et les TSS). L'Université réalise des analyses 8 fois par an pour vérifier que les résultats obtenus par le monitoring en ligne sont bons. Cela fait plusieurs années que le projet pilote est en cours et selon le Prof Gross, le monitoring sert surtout à rassurer la population. En effet, si la maintenance des installations est bonne, alors les risques de problèmes sont évités à plus de 99% (ils ont réalisé une analyse des risques pour en arriver à ce constat).

La qualité des eaux traitées est excellente et pourrait permettre tous les types de REUT. Cela serait de toute manière un prérequis du Ministère de la Santé pour autoriser ce type de REUT.

- **Facteurs de succès pour le développement de la REUT**

- Acceptabilité des usagers,
- Un cadre solide pour la régulation des activités
- Une technologie fiable, simple d'usage et à faible coût (il ne faut pas que ce soit trop technique)
- La qualité des EUT doit garantir que les productions agricoles sont de très bonne qualité

REUTILISATION DES EUT A MURCIE, EN ESPAGNE

Entretien Francisco Pedrero Salcedo - Irrigation Department of the Centre for Applied Soil Science and Biology of the Segura (CEBAS/CSIC).

- **Emergence de la REUT à Murcie**

C'est le gouvernement régional qui a initié le projet de REUT à Murcie, notamment pour développer l'agriculture et limiter la pollution des rivières. Aujourd'hui, sur les 150 000 ha irrigués dans la région, 100 000 peuvent avoir recours aux EUT. De la même façon, la plupart des STEP de la région ont un traitement tertiaire et pratiquement 100% des eaux sont réutilisées, de façon directe ou indirecte.

Au niveau local, ce sont les usagers qui font la demande pour les projets, via les associations d'irrigants.

- La confédération hydrographique du Segura (organisme de bassin) est en charge de la validation de la demande. Elle l'examine pour voir si c'est en accord avec les plans de gestion de bassin (notamment pour vérifier que la réutilisation ne va pas impacter négativement le débit des rivières).
- L'autorité de santé publique de la région de Murcie exige de la proposition technique la description des traitements en fonction des usages et la description du programme de suivi de la qualité.

- **Les principaux acteurs**

La loi sur l'eau pose les contours de la réutilisation des eaux usées traitées.

- Elle exige de la société ESAMUR de fournir une eau de 'bonne qualité' aux usagers (via un traitement secondaire et souvent tertiaire). ESAMUR a été créé par la région et ses responsabilités concernent la gestion, l'utilisation et le suivi des eaux usées.
- Ce sont ensuite les usagers qui sont responsables de la qualité de l'eau et de son suivi. Le gouvernement peut soutenir les usagers s'ils ont besoin de mettre en place des traitements additionnels (avec parfois des aides financières).

- Le secteur de la Recherche se situe entre les usagers et la société ESAMUR et a beaucoup œuvré pour améliorer la confiance entre les usagers et ESAMUR. En effet, il y a 10 ans, il n'y avait pas de confiance sur la qualité de l'eau distribuée. Il n'y a plus cette crainte aujourd'hui ; il n'y a qu'une seule équipe et tout le monde s'assoit à la même table. C'est le travail sur le long terme qui a permis d'établir la confiance, la sensibilisation du public aussi (particulièrement sur les bénéfices environnementaux, ça marche très bien). Il y a d'ailleurs tous les mois des réunions, au niveau local qui regroupent les associations d'irrigants, la société ESAMUR, le monde de la recherche.

Il y a une réelle concertation entre les différents acteurs (gouvernement régional, usagers, golfs, villes, centres de recherche) pour préparer des plans pilote de développement de la REUT.

- **Financement du secteur**

Le « Sanitation Master Plan » de la région de Murcie a été développé entre les années 2001-2010. Il prévoit une nouvelle organisation pour le financement de la REUT avec l'introduction d'une nouvelle taxe au niveau de la facture d'assainissement. Ils ont fait une étude à postériori, qui a montré que les gens ne s'étaient pas rendu compte qu'ils payaient cette taxe (80% des personnes ne savaient pas qu'une partie de leur facture servait à financer la REUT). Par contre, quand on leur a expliqué à quoi servait cette taxe et qu'elle avait permis de réduire la pollution des cours d'eau et produire plus en agriculture, plus de 90% des personnes s'étaient dites prêtes à payer un peu plus cher.

Les usagers payent pour le transport de l'eau mais l'eau leur est distribuée gratuitement. Ils doivent démontrer qu'ils ont besoin de cette eau et monter un projet.

En fonction des usages, différents traitements peuvent être réalisés. Une étude préliminaire définie qui va utiliser l'eau afin de déterminer le niveau de traitement adapté.

- **Données qualité de l'eau et système d'urgence**

ESAMUR publie les données générales de qualité de l'eau. Ces données sont accessibles à tous. Cependant, l'ensemble des données n'est pas public, pas comme en Californie où tout le monde peut avoir accès à l'ensemble des données. C'est mieux, c'est vers cela qu'il faudrait tendre. Concernant les procédures d'urgence en cas de problème de qualité, le mécanisme dépend du mode de fonctionnement de la station (plus de 100 stations font de la REUT). Parfois, c'est le gestionnaire de la station qui lance l'alerte, parfois ce sont les chercheurs s'ils reçoivent les résultats de qualité.

- **Réservoirs de stockage**

Normalement, les STEP sont situées à proximité du point de réutilisation et en sortie de STEP il y a des réservoirs qui permettent de stocker entre 500 000 m^3 et 1 million m^3 (il existe environ 3 000 réservoirs dans la région de Murcie). Ces réservoirs permettent :

- De garantir la disponibilité de l'eau,
- De produire un traitement additionnel (par le soleil),
- De diluer les problèmes de qualité s'il y en a en sortie de station.

La recharge des aquifères est un sujet nouveau, pensé particulièrement pour les STEP qui ne sont pas connectées aux grandes villes. La recharge permettrait de recharger l'aquifère en hiver et de réutiliser directement les EUT en été. La prise en charge des coûts additionnels n'est pas encore claire mais selon M. Pedrero Salcedo, ce sera au Gouvernement Régional de couvrir ces coûts.

- **Réutilisation pour l'eau potable**

La réutilisation pour l'eau potable n'est pas autorisée en Espagne. M. Pedrero Salcedo pense que cela viendra mais selon lui, il faut être prudent et chaque chose en son temps… La réutilisation pour l'eau potable ne doit être pratiquée que si la REUT est déjà bien maîtrisée.

- Facteurs de réussite

Mr Pedrero Salcedo a cité 3 facteurs de réussite clé:

- Un bon réseau institutionnel avec une société en charge du traitement qui ait les compétences (la société ESAMUR a des professionnels très compétents, qui ont les capacités de résoudre les problèmes).

- Des Universités et des centres de recherche qui travaillent sur des sujets de recherche pratique (la taxe sur l'assainissement permet aussi de financer la recherche),
- La sensibilisation du public et le renforcement des capacités des usagers.

Lecture du "Integrated Urban Water Reclamation and Reuse System in the Murcia Region"

Points clés de la région : 300 mm de précipitations annuelles, population de 1.5 millions de personnes. 20% des fruits et légumes exportés en Espagne proviennent de cette région.

La forte pollution de la rivière Segura a conduit le Parlement régional à adopter une loi pour mettre en place un nouveau système de traitement des eaux usées. Le nouveau système comprend les actions suivantes :

- Donner plus de compétences au gouvernement régional autonome pour le traitement des eaux usées traitées. La compétence est exécutée par le département général de l'eau et de l'agriculture, via la direction générale de l'eau ;
- Mettre en place un plan de gestion pour le traitement des eaux usées urbaines dans la région de Murcie ;
- Mettre en place une taxe pour le traitement des eaux usées ;
- Créer une structure publique responsable pour le suivi, la mise en œuvre et la maintenance des installations.

Le plan avait pour objectif de coordonner les actions entre les différentes administrations publiques (à l'échelle nationale, régionale et municipale) et a été validé par le gouvernement régional de Murcie. Les critères basiques opérationnels étaient les suivants :

- Construction des installations nécessaires pour le traitement des eaux usées traitées ;
- Sélection de critères de conception assurant la fiabilité et la bonne qualité des EUT ;
- Mise en place de procédures de gestion et maintenance des installations rigoureuses ;
- Mise en place de suivi des activités industrielles en matière de production d'eau usées et encouragement du traitement à la source des eaux usées industrielles.

Particularité du plan : les STEP doivent produire des EUT pour 2 usages potentiels :

- L'évacuation des EUT dans les cours d'eau pour une réutilisation indirecte en aval ;
- La réutilisation directe des EUT.

Ces deux usages nécessitent une très bonne qualité de l'eau car même dans les cours d'eau, il n'y a pas d'effet de dilution et la qualité doit être garantie pour les usages indirects à l'aval. Pour répondre à cette demande, toutes les nouvelles STEP ont été équipées d'un traitement poussé sur les nutriments et de traitements tertiaires permettant la réutilisation de l'eau. La mise en place de traitement avancé pour l'ensemble des STEP de la région de Murcie est une spécificité de ce plan.

<u>Création du système de gestion des installations :</u>

La loi régionale a mis en place la taxe sur l'assainissement pour financer la mise en œuvre, la maintenance et le suivi des installations. La taxe a aussi permis la création de l'institution régionale ESAMUR pour réaliser ces activités. ESAMUR est une institution publique régionale qui assure la gestion et le contrôle des d'ouvrages d'assainissement, pour le comptes des communes, qui sont propriétaires des infrastructures.

Un seul tarif est appliqué pour la taxe (déterminée au niveau régional) : il y a une taxe pour les producteurs d'EU domestiques et une autre pour les industriels. C'est ESAMUR qui collecte et administre la taxe.

Actuellement la taxe est la suivante :

- 0,30 €/m^3 (tarif domestique) + redevance fixe de 36€/an
- 0,42 €/m^3 (tarif industriel - non domestique où la consommation annuelle dépasse 1500 m^3/an) + redevance fixe de 42€/an.

Construction des installations :

Dans le cadre du plan de gestion, 97 STEP ont été construites (dont 46 de taille importante) et la construction du système de collecte des EUB a permis de connecter 99% de la population urbaine aux STEP. Une grande partie de la construction a été développée par le département régional de l'eau et de l'agriculture et réalisée par la direction générale de l'eau de la région de Murcie. L'Union européenne a cofinancé les installations à hauteur de 75-80% via le fond régional de développement et le fond de cohésion.

L'investissement total a été de l'ordre de 645 millions d'euros (78% par la communauté autonome, 17% par le ministère de l'agriculture, l'alimentation et l'environnement, 5% par les municipalités). Suite à la mise en place de toutes les installations, en 2010, 110 Mm^3 étaient traités par les 97 STEP, dont 100 Mm^3 étaient directement ou indirectement réutilisés.

La réutilisation :

Les différents usagers font une demande de réutilisation qu'ils adressent à la confédération hydrographique de la rivière Segura, qui instruit la demande et vérifie que la réutilisation n'aura pas d'incidence sur l'environnement.

Annexe 4 : Hypothèses retenues pour l'établissement des scénarios régionaux

RECYCLAGE INDUSTRIEL

Pour chaque région, pour tous les scénarios, il est estimé qu'une part des effluents industriels produits sera recyclée au sein des unités industrielles. Le volume arrivant aux STEP se retrouve donc réduit. Il est estimé que ce recyclage concernera 20 % des effluents produits en 2025, 50 % d'ici 2030 et 80 % en 2040 et 2050. Les données utilisées pour connaître les volumes des effluents industriels sont celles fournies par le modèles de calcul des flux d'EUT détaillé dans le chapitre 3 du rapport.

BESOINS EN EAU D'IRRIGATION

Des hypothèses sur les besoins en eau actuels et futurs des cultures sont effectuées pour estimer les superficies irrigables avec les volumes d'EUT pouvant être valorisés. Le tableau ci-dessous résume les besoins en eau retenus pour l'horizon 2020, par cultures et par régions. Pour des parcelles en fourrages ou maraîchage, les besoins en hiver et en été sont additionnés.

Tableau 136 : Hypothèses utilisées pour les besoins en eau actuels des cultures par régions

Cultures considérés	Besoins en eau d'irrigation estimés en 2020 (m^3/ha/an)		
	Nord	Centre	Sud
Agrumes	8 000	Non utilisé	Non utilisé
Oliviers	3 000	3000	3 000
Vignes	4 100	Non utilisé	Non utilisé
Autres arboricultures	6 650	5 750	8 200
Céréales	1 800	Non utilisé	Non utilisé
Fourrages d'été	8 100	6 200	8 550
Fourrages d'hiver	1 550	1 400	3 800
Maraîchage d'été	6 600	5 650	Non utilisé
Maraîchage d'hiver	1 050	1 350	Non utilisé
Oliviers et fourrages en intercalaire	Non utilisé	6 000	12 000
Palmiers dattiers	Non utilisé	Non utilisé	13 600

Concernant les besoins futurs, il est estimé que les besoins en eau des cultures vont augmenter de 15 % en 2050 avec l'augmentation de l'évapotranspiration dû au changement climatique. Le tableau ci-dessous reprend donc les besoins en eau d'irrigation des cultures et par régions mais cette fois à l'horizon 2050.

Tableau 137 : Hypothèses utilisées pour les besoins en eau futurs (2050) des cultures par régions

Cultures considérés	Besoins en eau d'irrigation estimés en 2050 (m^3/ha/an)		
	Nord	Centre	Sud
Agrumes	9 200	Non utilisé	Non utilisé
Oliviers	3 450	3 450	3 450
Vignes	4 700	Non utilisé	Non utilisé
Autres arboricultures	7 650	6 600	9 400
Céréales	2 100	Non utilisé	Non utilisé
Fourrages d'été	9 300	7 100	9 800
Fourrages d'hiver	1 800	1 600	4 400
Maraîchage d'été	7 600	6 500	Non utilisé
Maraîchage d'hiver	1 200	1 550	Non utilisé
Oliviers et fourrages en intercalaire	Non utilisé	7 000	13 000
Palmiers dattiers	Non utilisé	Non utilisé	15 600

TEMPORALITE DE LA MISE EN OEUVRE DES DIFFERENTES VALORISATIONS DES EUT

Il est estimé que les différentes valorisations des EUT prévues dans les scénarios ne sont pas toutes réalisées au même horizon temporel. En fonction de la difficulté technique de leur mise en œuvre, cet horizon temporel est plus ou moins éloigné. Par exemple, nous avons estimé que l'irrigation du maraichage qui nécessite des traitements des EUT plus poussés commencera aux alentours de 2040. Il a aussi été pris en compte le calendrier de création des nouvelles STEP.

Tableau 138 : Hypothèses des horizons temporels de mise en œuvre des différentes valorisations des EUT

Valorisation des EUT	Horizon temporel de début de mise en œuvre
Irrigation agricole pour des cultures autorisées actuellement – création de nouveaux périmètres irrigués	Si périmètre déjà projeté : 2025 Si moins de 10 km de la STEP : 2030 Si besoins de transfert de plus de 10 km : 2040
Irrigation agricole pour des cultures autorisées – substitution des eaux conventionnelles par des EUT dans des périmètres existants	A partir de 2030 (augmentation progressive, voir note en dessous du tableau)
Irrigation agricole pour du maraîchage	2040
Irrigation des espaces verts (municipaux et touristiques)	2030
Reboisement	2030

Valorisation des EUT	Horizon temporel de début de mise en œuvre
Irrigation de nouveaux golfs	2030 ou 2040 en fonction des programmations de l'AFT et de la STDG
Recharge de nouvelles nappes	2030
Réutilisation industrielle	2030 Pour le secteur des phosphates : à partir de 2025
AEP	2050

NB : Pour certains scénarios, il est envisagé pour des périmètres irrigués existants alimentés par des eaux conventionnelles que leurs ressources soient remplacées par des EUT. Il est estimé que cette substitution se fait progressivement dans le temps. Pour les grands périmètres irrigués (vallée de la Medjerdah, plaine de Mornag, plaine de Grombalia, maraîchage à Sousse et Sfax…), il est estimé que la substitution concerne 50 % des superficies en 2030 et 90 % en 2040. En 2050, ce développement reste à 90 % des surfaces irriguées et non 100 % car il peut exister des contraintes techniques à la substitution des eaux conventionnelles par des EUT pour certaines parcelles, d'où cette hypothèse des 90 %.

REUTILISATION INDUSTRIELLE DES EUT

Pour certaines régions (cas du Sahel et Sfax, Grand Tunis, Grand Sud), la réutilisation des EUT pour des usages industriels est une valorisation envisagée pour des unités à proximité des STEP. Pour quantifier cet usage, les données des consommations en eau potable de la SONEDE des grandes zones industrielles ont été utilisées. Elles ont été complétées par les prélèvements des industries dans les nappes profondes fournies dans l'annuaire de la DGRE. Il est ensuite estimé qu'une part de ces volumes consommés sera substituée par des EUT. Les hypothèses formulées sont une réutilisation industrielle de 10 % du volume consommé en 2030, 20 % en 2040 et 30 % en 2050. Les volumes consommés par les Industries Agro-Alimentaires ne sont pas pris en compte au regard de l'exigence en termes de qualité des EUT pour ces industries.

COUTS DES SCENARIOS

Ces coûts sont basés sur les hypothèses présentées en annexe 6 du rapport de Phase 2.

Annexe 5 : Volumes d'EUT substitués aux eaux conventionnelles par régions, usages et scénarios

SAHEL ET SFAX		2050			
Scénarios	Valorisations des EUT	Volume substitué (Mm3)	Superficies concernées (ha)	Part du volume réutilisé	Part du volume total d'EUT produit
Scénario 1	Arbo/fourrages	52	7 478	52%	32%
	Maraîchage	32	3 914	32%	19%
	TOTAL AGRICOLE	83	11 392	84%	51%
	Espaces verts	0	0	0%	0%
	Réutilisation industrielle	0	0	0%	0%
	Recharge de nappe	6	-	6%	4%
	TOTAL	**89**	**11 392**	**91%**	**55%**
Scénario 2	Arbo/fourrages	0	0	0%	0%
	Maraîchage	0	0	0%	0%
	TOTAL AGRICOLE	0	0	0%	0%
	Espaces verts	0	0	0%	0%
	Réutilisation industrielle	0	0	0%	0%
	Recharge de nappe	0	0	0%	0%
	TOTAL	**0**	**0**	**0%**	**0%**
Scénario 3	Arbo/fourrages	0	0	0%	0%
	Maraîchage	0	0	0%	0%
	TOTAL AGRICOLE	0	0	0%	0%
	Espaces verts	13	370	25%	8%
	Réutilisation industrielle	4	-	7%	2%
	Recharge de nappe	0	0	0%	0%
	TOTAL	**16**	**370**	**33%**	**10%**

CAP BON		2050			
Scénarios	Valorisations des EUT	Volume substitué (Mm3)	Superficies concernées (ha)	Part du volume réutilisé	Part du volume total d'EUT produit
Scénario 1	Agrumes	9	1 012	32%	22%
	Arbo/fourrages	1	76	2%	1%
	Maraîchage	9	1 072	33%	22%
	TOTAL AGRICOLE	19	2 160	67%	46%
	Espaces verts	4	412	13%	9%
	Recharge de nappe	0	0	0%	0%
	TOTAL	**23**	**2 571**	**80%**	**55%**
Scénario 2	Agrumes	0	0	0%	0%
	Arbo/fourrages	0	0	0%	0%
	Maraîchage	0	0	0%	0%
	TOTAL AGRICOLE	0	0	0%	0%
	Espaces verts	0	0	0%	0%
	Recharge de nappe	0	0	0%	0%
	TOTAL	**0**	**0**	**0%**	**0%**
Scénario 3	Agrumes	0	0	0%	0%
	Arbo/fourrages	0	0	0%	0%
	Maraîchage	0	0	0%	0%
	TOTAL AGRICOLE	0	0	0%	0%
	Espaces verts	0	0	0%	0%
	Recharge de nappe	16	-	68%	37%
	TOTAL	**16**	**0**	**68%**	**37%**

GRAND TUNIS		2050			
Scénarios	Valorisations des EUT	Volume substitué (Mm3)	Superficies concernées (ha)	Part du volume réutilisé	Part du volume total d'EUT produit
Scénario 1	Arbo/fourrages	0	0	0%	0%
	Maraîchage	0	0	0%	0%
	TOTAL AGRICOLE	0	0	0%	0%
	Espaces verts	6	399	3%	3%
	Réutilisation industrielle	4	-	2%	2%
	Recharge de nappe	9	-	5%	4%
	AEP	151	-	78%	64%
	TOTAL	**170**	**399**	**88%**	**72%**
Scénario 2	Arbo/fourrages	82	14 105	38%	35%
	Maraîchage	19	2 157	9%	8%
	TOTAL AGRICOLE	101	16 262	47%	43%
	Espaces verts	6	399	3%	3%
	Réutilisation industrielle	4	-	2%	2%
	Recharge de nappe	9	-	5%	4%
	AEP	0	0	0%	0%
	TOTAL	**120**	**16 661**	**57%**	**51%**
Scénario 3	Arbo/fourrages	128	16 296	60%	55%
	Maraîchage	0	0	0%	0%
	TOTAL AGRICOLE	128	16 296	60%	55%
	Espaces verts	0	0	0%	0%
	Réutilisation industrielle	0	0%	0%	0%
	Recharge de nappe	28	-	13%	12%
	AEP	0	0	0%	0%
	TOTAL	**156**	**16 296**	**73%**	**66%**
Scénario 4	Arbo/fourrages	72	9 885	0	0
	Maraîchage	0	0	0%	0%
	TOTAL AGRICOLE	72	9 885	41%	31%
	Espaces verts	0	0	0%	0%
	Réutilisation industrielle	0	0%	0%	0%
	Recharge de nappe	28	-	16%	12%
	AEP	0	0	0%	0%
	TOTAL	**100**	**9 885**	**57%**	**43%**

GRAND SUD		2050			
Scénarios	Valorisations des EUT	Volume substitué (Mm3)	Superficies concernées (ha)	Part du volume réutilisé	Part du volume total d'EUT produit
Scénario 1	Palmiers dattiers	20	1 274	32%	20%
	Espaces verts	4	485	7%	5%
	Réutilisation industrielle	13	-	21%	13%
	Recharge de nappe	18	-	30%	19%
	TOTAL	**56**	**1 760**	**90%**	**56%**
Scénario 2	Palmiers dattiers	0	0	0%	0%
	Espaces verts	13	1 368	15%	13%
	Réutilisation industrielle	0	0	0%	0%
	Recharge de nappe	0	0	0%	0%
	TOTAL	**13**	**1 368**	**15%**	**13%**

Annexe 6 : Hypothèses retenues pour les ACB

La présente annexe détaille les données utilisées pour les ACB.

CONVERSION MONETAIRE

Taux de conversion euro – Dinar tunisien : 1 € = 3.25 DT

COUT DE L'ENERGIE

1 kWh : 0,235 DNT

ESTIMATION DES COUTS DE TRAITEMENT DES EUT AU NIVEAU III

Ces coûts de traitement sont estimés sur la base des coûts présentés au chapitre dédié, aussi bien pour les aspects investissement que fonctionnement.

ESTIMATION DES COUTS DE TRANSFERT

Ces coûts sont estimés sur la base des prix d'ordre suivants établis par BRLi sur la base de prix de travaux récents et de l'expertise des ingénieurs hydrauliciens de BRLi.

Les coûts intègrent toutes les sujétions associés aux projets (foncier, étude …).

Coûts des canalisation

Tableau 139 : Coût d'ordre des canalisations

DN	Cout ordre /km		DN	Cout ordre /km	
mm	euro/m	DNT/m	mm	euro/m	DNT/m
100	190	620	1 800	1 681	5 460
250	240	780	1 900	1 772	5 760
300	330	1 070	2 000	1 864	6 060
400	390	1 270	2 100	1 955	6 350
500	480	1 560	2 200	2 046	6 650
600	570	1 850	2 300	2 138	6 950
700	670	2 180	2 400	2 229	7 240
800	760	2 470	2 500	2 321	7 540
900	850	2 760	2 600	2 412	7 840
1 000	900	2 930	2 700	2 503	8 140
1 200	1 140	3 710	2 800	2 595	8 430
1 400	1 330	4 320	2 900	2 686	8 730
1 500	1 420	4 620	3 000	2 777	9 030
1 600	1 520	4 940			
1 700	1 590	5 170			

La canalisation représente 90% du coût, le matériel (vannes, ventouses …) 10 % du coût.

Pour le dimensionnement des conduites, les calculs de perte de charge dans la canalisation sont déterminés par la formule de Lechapt et Calmon suivante : $J = L \times Q^M \times D^-$

Avec :

- J, perte de charge linéaire en mm/m,

- Q, débit transitant dans la canalisation en m^3/s,
- D, diamètre intérieur de la canalisation en m,
- L, M et N coefficients de Lechapt et Calmon dépendants de la rugosité des conduites.

La rugosité retenue pour le dimensionnement des conduites est de 0.5 mm, soit L = 1.4, M = 1.96, N = 5.19

Une majoration de 10% pour prendre en compte les pertes de charge singulières diffuses (coudes, points singuliers…) est intégrée.

Coûts des stations de pompage

Le dimensionnement des stations de pompage est réalisé sur la base débit / HMT afin de déterminer la puissance de chaque station.

La HMT de stations de pompage est définie par addition des pertes linéaires dans l'adducteur de transfert (selon formule vue ci-avant) et du dénivelé géographique saisie comme hypothèse.

La puissance hydraulique de la station de pompage est calculé à partir de la formule suivante :

$$P = \frac{9.81xQxH}{r_p x r_m}$$

Avec :

- P = Puissance hydraulique de la pompe (en kW),
- Q = débit de la pompe en m^3/s,
- H = HMT de la pompe (en mCE),
- rp = rendement des pompes (70% dans le cadre de l'étude),
- rm = rendement du moteur (90% dans le cadre de l'étude).

Les coûts des stations de pompage sont estimés sur la base des prix d'ordre suivants établis par BRLi sur la base de prix de travaux récents et de l'expertise des ingénieurs hydrauliciens de BRLi. Les coûts intègrent toutes les sujétions associés aux projets (foncier, étude …).

Tableau 140 : Coût d'ordre des stations de pompage

P hydraulique	Cout ordre / kWh	
kW	euro/kW	DNT/kW
10	8 500	27 625
50	5 600	18 200
100	4 500	14 625
200	3 600	11 700
500	2 700	8 775
1 000	2 200	7 150
2 000	1 800	5 850
3 000	1 500	4 875
4 000	1 400	4 550
5 000	1 300	4 225
6 000	1 300	4 225
7 000	1 300	4 225

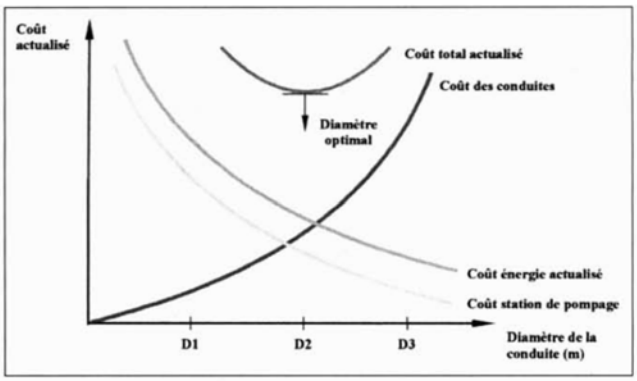
Le génie civil représente 1/3 du coût, le matériel hydromécanique 2/3 du coût.

Optimisation du couple Station de pompage - Adducteur

Le couple station de pompage – adducteur est dimensionné par optimisation. Le calcul vise à rechercher le couple puissance de la station/diamètre de l'adducteur qui minimise la somme suivante :

coût d'investissement de la station + coût d'investissement de la canalisation + coût de fonctionnement de l'ensemble (principalement coût d'énergie).

On peut en effet montrer que cet ensemble connaît un minimum : les coûts d'investissement de la canalisation sont croissants avec le diamètre mais plus le diamètre est grand et plus les pertes de charge seront réduites et plus le coût d'investissement de la station et les coûts d'énergie seront réduits.



Le calcul est réalisé par un calcul actualisé avec un coût d'actualisation de 3%.

Coûts d'exploitation autre que énergie

Sur la base de l'expérience de BRL en matière de maîtrise d'ouvrage et de gestion de grands réseaux hydrauliques, le coût annuel d'exploitation hors énergie de l'ensemble de l'infrastructure de transfert est pris égal à 1% du coût d'investissement.

Renouvellement et Durée de vie

Les hypothèses retenues sur les durées de vie sont les suivantes :

- Durée de vie canalisation : 60 ans
- Durée de vie matériel hydro cana : 25 ans
- Durée de vie génie civil station de pompage : 50 ans
- Durée de vie matériel hydromécanique station de pompage : 25 ans

ESTIMATION DES COUTS DE STOCKAGE

Les coûts de stockage sont estimés sur la base d'un prix d'ordre de 5 DT/m^3 stocké.

La durée de vie est supposée égale à 50 ans. 10% du total de l'investissement est toutefois supposé renouvelé 1 fois en 30 ans.

Les frais annuels d'exploitation sont pris égaux à 1 % du montant d'investissement.

ESTIMATION DES COUTS DES STATION DE DESSALEMENT

Coûts d'investissement et de fonctionnement

Les coûts des unités de dessalement sont estimés sur la base des hypothèses suivantes :

- Coût d'investissement : 1 500 €/m3/jour. Nous avons retenu ce coût sur la base de précédentes études BRLi et sur la base des coûts mentionnés dans l'étude Eau 2050 (tableau extrait ci-dessous) :

Tableau 28 : les coûts du m3 d'eau dessalée

SDEM	CAPACITE (m3/j)	COÛT SPECIFIQUE (Euro/m3/j)
Jerba	50 000	1 318
Sousse	50 000	818
Zarat	50 000	1 955
Sfax	100 000	1 818
Kerkennah	6 000	1 227

Source : STUDI, Eau 2050.

NOTA: TC = 2.2 DT/Euro

Le génie civil représente 20 % du coût, l'équipement 80 % du coût.

- Coût d'exploitation (incluant énergie et autre) : 0.70 €/m^3
- Consommation d'énergie : 3.5 kWh/m^3

Durée de vie

Les hypothèses retenues sur les durées de vie sont les suivantes :

- Durée de vie génie civil : 30 ans
- Durée de vie équipement : 10 ans

ESTIMATION DES COUTS DES STATIONS DE POTABILISATION

Les coûts de potabilisation sont basées sur les bordeaux suivants établis par les ingénieux de BRLi spécialisés en eau potable sur la base de différents marchés récents.

Pour une unité de traitement partielle (Reminéralisation, désinfection, chloration et stockage), pour potabiliser des EUT ayant fait l'objet d'un traitement poussé par osmose inverse

Capacité de traitement	Coût Investissement		Coût Fonctionnement	Energie (hors captage et refoulement station)
m3/jour	eurosHT	euroHT/m3/jour	eurosHT/m3	kWh/m3
5 000	1 175 000	235	0,08	0,060
10 000	2 100 000	210	0,08	0,060
15 000	2 775 000	185	0,08	0,060
30 000	4 650 000	155	0,08	0,060
40 000	5 600 000	140	0,08	0,060
90 000	9 450 000	105	0,08	0,060
125 000	10 625 000	85	0,08	0,060

Les coûts de fonctionnement indiqués incluent énergie et autre.

Le génie civil représente 40 % du coût d'investissement, l'équipement 60 %.

Pour une unité de traitement complète

Capacité de traitement	Coût Investissement		Coût Fonctionnement	Energie (hors captage et refoulement station)
m3/jour	eurosHT	euroHT/m3/jour	eurosHT/m3	kWh/m3
5 000	2 875 000	575	0,240	0,150
10 000	5 100 000	510	0,230	0,150
15 000	6 675 000	445	0,220	0,150
30 000	11 400 000	380	0,210	0,150
40 000	13 600 000	340	0,200	0,150
90 000	22 950 000	255	0,180	0,150
125 000	26 250 000	210	0,170	0,150

Les coûts de fonctionnement indiqués incluent énergie et autre.

Le génie civil représente 45 % du coût d'investissement, l'équipement 55 %.

Durée de vie

- Durée de vie génie civil : 30 ans
- Durée de vie équipement : 15 ans.

EMISSAIRE EN MER

Les émissaires en mer sont estimés sur la base des coûts indiqués dans l'étude ONAS – *Etude d'exécution d'un émissaire pour l'évacuation et l'éloignement des eaux traitées du pôle épuratoire sud de Tunis (Pôle sur Méliane – Volume 1 (2020)* pour un émissaire de 7 km et de 3 m^3/s.

Tableau 9.3. Estimation des investissements en DT – Projet émissaire

Désignations	Coût (DT)
Coût émissaire tronçon terrestre	36 349 450
Coût émissaire tronçon en mer	104 563 500
Coût des stations de pompage	9 426 000
Coût chambre de mise en charge	**700 000**
TOTAL	**153 358 950**
Imprévus physique (15%)	23 003 843
Coût total du projet y compris divers et imprévus	**176 000 000**

RESEAU D'IRRIGATION

Le coût des nouveaux réseaux d'irrigation (intégrant l'ensemble des infrastructures hors réseau à la parcelle) est estimé sur la base d'un prix d'ordre de 8 000 DT/ha auquel s'ajoute un coût de 2 000 DT/ha pour le cout des réseaux à la parcelle.

Le coût d'exploitation annuelle est supposé égal à 1% du coût d'investissement du réseau.

Les coûts d'énergie sont basés sur l'hypothèse d'une HMT de 60 mCE.

ELEMENTS POUR L'ESTIMATION DES VALORISATIONS AGRICOLES

Olivier

Les hypothèses suivantes sont formulées (sources : éléments considérés pour le apport de Phase 1) :

- Rendement en sec : 0.85 T/ha
- Rendement en irrigué : 4 T/ha
- Prix de vente : 1000 DT/T
- Coût d'exploitation
  - 500 DT/ha en sec
  - 1 770 DT/ha en irrigué intensif

Elevage

Les hypothèses suivantes sont formulées.

- Rendement luzerne : 3300 UF/ha (apport phase 1 – périmètre Aguila)
- Besoin cheptel :
  - Ovin : 1.5 UF/jour
  - Bovin : 8 UF/jour
- Prix de vente
  - Ovin : 235 DT/jour
  - Bovin : 5 430 DT/jour
- Coût d'exploitation
  - Ovin : 52 DT/jour
  - Bovin : 2 145 DT/jour

Annexe 7 : Articles prospectifs sur la filière REUT

12 octobre 2039 – Irriguer ses oliviers avec les eaux usées du Grand Tunis : la visite d'une exploitation agricole singulière près de Zaghouan

Depuis 3 ans, M. GHALLA irrigue ses oliviers et ses fourrages. Son exploitation se trouve dans la localité de Bir Mchergua. Il utilise les Eaux Usées Traitées (EUT) produites par la station d'épuration de El Attar, située à 40 km. Retour éclairant sur les conséquences de l'ambitieux transfert des EUT nommé «TUNISIA REUSE», achevé en 2036.

Des EUT à la rescousse de zones agricoles assoiffées

Avant l'arrivée des EUT pour l'irrigation, une agriculture pluviale sensible aux aléas climatiques était pratiquée sur les terres de la plaine de Boucha, dans le Gouvernorat de Zaghouan. Les sécheresses successives depuis les années 2025 ont laissé des traces avec des précipitations ne dépassant pas les 350 mm/an. A l'ombre d'un de ses oliviers croulant de fruits, M. GHALLA se souvient de l'épisode particulièrement caniculaire de l'été 2031 : *«on n'a pu produire que 300 kg d'olives par ha cette année-là, contre un rendement moyen de 600 kg en temps normal. Ça a été très dur pour tous les petits agriculteurs ».* Depuis la construction de la conduite de transfert des EUT, il irrigue 15 ha d'oliviers en agriculture biologique. En plus de compléter les eaux pluviales qui se raréfient, ces EUT sont une source de nutriments essentiels au bon développement des arbres. En parallèle, M. GHALLA a pu accroître son troupeau ovin en irriguant des fourrages sous ses oliviers : « *je peux aujourd'hui produire de la viande en plus de mon huile d'olive et je vends une partie de cette production aux gîtes de la région, le reste part pour l'exportation* ». En effet, l'essor de l'écotourisme dans la Gouvernorat de Zaghouan permet à M. GHALLA d'écouler localement ses produits de qualité, largement appréciés par les touristes.



Oliviers et fourrages en intercalaire irrigués avec des EUT

L'idée du projet « TUNISIA REUSE », portée alors par le Ministère en charge de l'environnement, avait déjà germé en 2010, sans aboutir. C'est à partir de 2025, lorsque le Ministère en charge de l'agriculture a poussé au développement des superficies irriguées avec les EUT que l'idée est réapparue. Le projet était d'irriguer près de 6 000 ha dans une zone dépourvue de ressources en eau. Pour cela, il a fallu se coordonner avec les différentes parties prenantes et notamment l'ONAS, qui a vu dans le projet l'opportunité d'économiser la construction d'un émissaire en mer au coût très élevé. Pour un montage efficace, la Société d'Exploitation des EUT du Grand Tunis a été créé en 2033. En plus de porter la maîtrise d'ouvrage du projet, elle est chargée de la promotion de la REUT auprès des usagers, du traitement complémentaire de ces eaux et de la gestion des ouvrages de transfert. D'après Mme DAR de l'Office des Terres Domaniales (OTD) : « *ce transfert a permis de valoriser des surfaces peu exploitées jusqu'à alors et de dynamiser des zones rurales où l'activité agricole reste largement majoritaire, même si elle subit les effets du changement climatique. Des jeunes agriculteurs ont été formés à exploiter sans risques les EUT. Ils ont ainsi pu s'installer dans la région tout en sécurisant leurs revenus et en profitant du tarif attractif des EUT de 100 millimes par m^3.».*

Un littoral tunisois mieux préservé

Outre le secteur agricole, ce transfert a aussi aidé à préserver d'autres activités économiques qui subissaient les rejets d'eaux comme l'atteste M. OUTIL de l'Office National du Tourisme Tunisien (ONTT) : *« Les eaux usées qui se déversaient dans le Golfe de Tunis dégageaient parfois de mauvaises odeurs et il arrivait que certaines plages soient fermées à la baignade. La situation était insoutenable pour le secteur touristique ainsi que pour les tunisois ».*



Ouvrage hydraulique de régulation en amont du transfert

Dans la continuité de sa stratégie, le MARHP étudie actuellement la faisabilité pour transférer les EUT de Sousse vers les délégations de Msaken et Sidi El Heni.

Mais un bilan hydrique toujours soumis à de fortes tensions

Cependant, cette stratégie de développement de nouvelles superficies irriguées est soumise à de vifs débats dans le contexte de stress hydrique actuel que subit le pays. Comme M. BLED de la municipalité de Zaghouan, ils sont plusieurs à s'insurger : «*Même si les agriculteurs de Zaghouan ont été consultés en amont du projet, le processus porté par Tunis a manqué de concertation aux différentes étapes du projet. Résultat, tous les agriculteurs concernés initialement n'utilisent pas les EUT transférées. Des investissements énormes ont été faits pour que, au final, des infrastructures, dont le fonctionnement est payé à 90 % par le contribuable, ne soient pas exploitées au maximum de leur capacité* [NDLR : le coût du traitement tertiaire et du transport des EUT s'élève à plus de 1 DNT par m^3]. *En plus, au lieu de changer les pratiques agricoles, on transporte des EUT sur des dizaines de kilomètres pour faire des nouveaux périmètres irrigués. Ça génère plein de CO2 et des périmètres existants disparaissent tous les ans par manque de ressources en eau, il n'y a qu'à voir l'abandon progressif des périmètres maraîchers du Cap Bon. Cette politique de l'eau menée par le MARHP est une fuite en avant ! Dans l'antiquité, on construisait des aqueducs pour transporter les eaux de Zaghouan vers Carthage, maintenant on renvoie les eaux sales de Tunis vers Zaghouan. C'est le monde à l'envers !* »



26 septembre 2042 – Des piments irrigués avec des Eaux Usées Traitées débarquent au festival de la Harissa de Nabeul

Depuis 2015, cet évènement met en lumière un pan important du patrimoine culinaire tunisien. Cette année, la vedette des stands est une harissa élaborée avec des piments irrigués par les Eaux Usées Traitées (EUT) de Korba. Prouesse technologique et agronomique ou coûts et risques insensés ?

L'utilisation accrue des EUT dans les périmètres irrigués pour contrer le stress hydrique

La prise en compte grandissante des impacts du changement climatique sur les ressources en eau du pays a mené le ministère de l'agriculture à ne plus autoriser la création de nouvelles superficies irriguées. M. M, représentant de l'Agence de l'Eau du Cap Bon dans le Comité Régional de Réutilisation des EUT, explique les conséquences de ce choix dans la stratégie de réutilisation des EUT : «*Il nous a semblé inconcevable de créer de nouveaux périmètres irrigués avec les EUT comme ce qui avait été opéré jusque-là. Nous savions que les irrigants avaient déjà des difficultés à exploiter leurs périmètres. Nous avons donc axé nos efforts pour conserver le savoir-faire existant en changeant la nature de la ressource en eau utilisée* ». Cette substitution par des EUT a été encouragée auprès des agriculteurs, comme nous le confirme M. ME : « *pour les arbres fruitiers, les agriculteurs ont été aidé financièrement à rajeunir leurs plantations et à réhabiliter leur réseau d'irrigation s'ils exploitaient les EUT* ». C'est ainsi qu'on a pu constater, dans les années 2030, des mélanges entre des EUT et des eaux de barrages ou souterraines dans les périmètres existants. Ces eaux irriguent de nos jours des agrumes dans la plaine de Grombalia, des céréales dans la basse vallée de la Medjerdah, ou encore des palmiers dattiers à Kebili.

Un nouveau cap franchi avec l'autorisation de l'irrigation du maraîchage avec les EUT

Au Cap Bon, la salinisation des nappes phréatiques surexploitées a forcé les autorités locales à trouver des nouvelles solutions pour préserver l'agriculture de cette région. M. FELFEL, maraîcher sur la côte orientale, se souvient : « *il a été difficile dans les années 2025 de continuer à irriguer avec l'eau de mes puits dont certains titraient jusqu'à 6 g/L ! J'ai dû planter des oliviers pour continuer mon activité. J'ai même pensé à me reconvertir* ». Depuis l'élargissement de la liste des cultures autorisées pour l'irrigation avec les EUT en 2039, il a commencé à recevoir de l'ONAS les eaux produites par la station d'épuration de Korba. « *Au début, j'avais peur que les eaux dégradent la qualité de mes piments et de mes tomates. Mais le secrétariat permanent du Comité Régional de Réutilisation des EUT a organisé des visites du site de démonstration près de Nabeul et a proposé des formations. J'ai été convaincu que c'était la seule solution pour sauver ma production* ».

Des risques pour la santé des consommateurs ?

Les produits maraichers, qui sont en contact direct avec l'eau d'irrigation, exigent une qualité d'EUT supérieure et des précautions sanitaires supplémentaires. Les GDA motivés peuvent installer le traitement complémentaire nécessaire. Ils sont assistés techniquement par l'ONAS qui leur fourni la quantité d'eau demandée avec une qualité équivalente à celle pour irriguer les arbres fruitiers. D'autre part, la création du label « AquaBlue » a aidé à rassurer les agriculteurs et les consommateurs. Il est décerné par l'ANCSEP si les bonnes pratiques sanitaires sont respectées et si les contrôles depuis les eaux brutes jusqu'au produit irrigué démontrent un respect de la réglementation. Un client, convaincu après une dégustation, se délecte et s'apprête à acheter 1 kg de la Harissa de M. FELFEL : « *il faut encourager les agriculteurs qui changent de pratiques pour s'adapter à la sécheresse* ».



Parcelle de M. FELFEL : piments irrigués avec des EUT

Différentes visions agricoles qui s'affrontent

De retour au festival sur un autre stand, M. HOMS, président de l'association « Agriculture durable de Nabeul » vend de l'huile d'olive biologique et de la bsissa aux lentilles. Il a abandonné ses fraisiers depuis longtemps car ils consommaient trop d'eau : « *le problème de la REUT c'est qu'on perpétue des pratiques d'irrigation intensives. On pompe les ressources en eau de notre pays dans le but d'exporter des conserves de tomates ! Il faudrait plutôt cultiver des plantes adaptées aux nouvelles conditions climatiques et orienter les efforts sur les économies d'eau plutôt que de mettre de l'argent dans des traitements des eaux usées, coûteux en énergie* ». En effet, ce traitement complémentaire coûte de l'ordre de 400 millimes par m^3. Bien que supporté à moitié par les agriculteurs eux-mêmes, le reste est financé par le consommateur d'eau via une taxe spéciale sur la facture d'eau. Mme BHAR du Gouvernorat de Nabeul précise : « *il est vrai que des citoyens se plaignent de devoir financer l'activité de certains agriculteurs. D'un autre côté, on évite les rejets des eaux usées qui autrefois polluaient nos lagunes et nos plages* ».

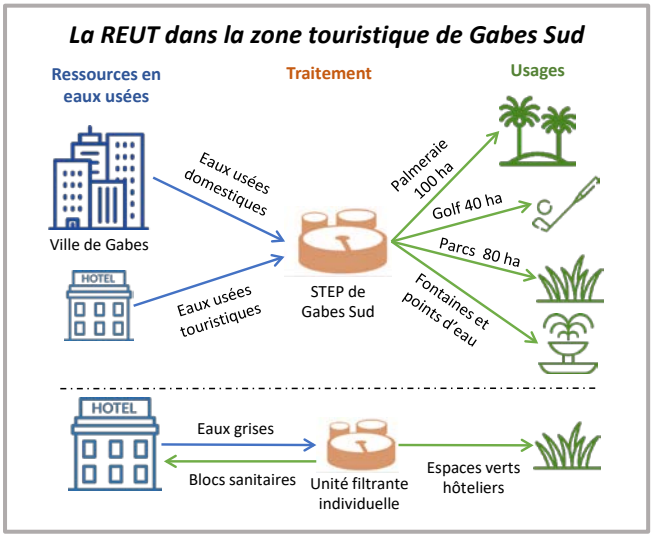
L'irrigation prochaine des périmètres maraîchers de Monastir avec des EUT est en cours de discussion avec les agriculteurs et la société civile. Ce sujet complexe, qui aborde des thématiques de sécurité alimentaire, de stress hydrique et d'adaptation au changement climatique n'a pas fini d'alimenter les débats.

3 mai 2040 – Gabes, nouvelle destination du tourisme durable pour cet été ?

Un an après son inauguration, la station touristique de Gabes Sud rencontre un succès croissant. Elle ravive l'attractivité touristique perdue par ce littoral industrialisé. Le pari ambitieux d'un tourisme plus durable semble se révéler gagnant. Sur les eaux usées, un objectif est annoncé : 0% rejetées, 100 % recyclées !

Des espaces verts arrosés avec des Eaux Usées Traitées (EUT)

Dans l'hôtel de l'Oasis Bleu, on se prépare pour la saison estivale. Le directeur, M. OUTIL, nous montre fièrement sa station végétale filtrante « *les eaux grises sont séparées à la source avant d'être épurées par un lit de roseaux puis réutilisées pour arroser les espaces verts de l'hôtel et alimenter les blocs sanitaires. Nous estimons que cela réduit notre consommation d'eau potable de 40 % ! Ce sont des arguments auxquels notre clientèle est manifestement sensible* ». L'interdiction de création de nouveaux forages pour puiser l'eau des nappes pour les usages touristiques a amené le secteur à réagir en trouvant des alternatives. Pour les logements touristiques plus modestes, les eaux usées sont collectées puis traitées dans la nouvelle station d'épuration de Gabes Sud, ainsi qu'une partie des effluents domestiques de la ville. Plutôt que d'être rejetées en mer, ces eaux sont réutilisées pour l'irrigation d'un golf, de parcs urbains avec fontaines et de la palmeraie de Teboulbou. Un circuit touristique aménagé dans cette dernière l'a sauvée de l'extension urbaine.



Gabes, pionnière des villes tunisiennes à réutiliser ses eaux dans les secteurs urbains

Attirer de nouveau les touristes à Gabes n'a pas été une mince affaire avec la pollution causée par l'industrie phosphatière. Pourtant, avec ses oasis maritimes uniques au monde, la région a du potentiel. La dégradation du cadre de vie a fortement mobilisé la société civile pour protéger son environnement. La REUT est ainsi devenue une des préoccupations majeures au vu du stress hydrique et des impacts des rejets des effluents domestiques et industriels dans le Golfe de Gabes.

Mme OUED de la Direction Régionale de l'eau et de l'environnement de Gabes, nous rappelle l'historique : « *la première mesure forte a été l'obligation en 2023 pour le Groupe Chimique Tunisien de réutiliser au maximum les EUT de la ville de Gabes. Des programmes d'irrigation d'espaces verts ont ensuite été réalisés sur exemple du site pilote lancé en 2018 par l'Université de Gabes* ». La ville a aussi lancée d'autres initiatives de réutilisation des eaux urbaines, comme à Sousse pour l'irrigation des parcs urbains ou à Sfax pour la réutilisation industrielle.



Parc urbain irrigué avec des EUT au sud de Gabes

Eau potable et eaux usées, même principe !

Ces projets ont été instruits par l'ONADEP (Office National de l'Assainissement et de l'Eau Potable), né de la fusion entre la SONEDE et l'ONAS depuis 2028. L'office est responsable du traitement des eaux usées avant de les vendre aux usagers, à un tarif fixé selon la nature de l'activité, du volume réutilisé et de la zone géographique. M. DABOUZA du pôle REUT de cet organisme, précise : « *La prise en charge de la REUT par l'ONADEP a permis d'étendre les secteurs d'usages de ces eaux, autrefois majoritairement utilisées par l'agriculture. La stratégie s'est concentrée sur les pôles urbains avec un triple objectif : éviter les rejets d'eaux usées près des zones de baignade, réutiliser l'eau au maximum localement et diminuer l'utilisation d'eau potable pour des usages urbains autres que domestiques* ».

Cette organisation institutionnelle permet une cohérence dans la gestion du circuit des eaux urbaines, dit petit cycle de l'eau. Cependant, cette centralisation des décisions au niveau des producteur des EUT est soumise à des critiques provenant d'usagers de l'eau. C'est le cas de M. KAMOUNE, secrétaire de l'URAP de Gabes : « *il y a un manque de coopération avec les agriculteurs. C'est une politique de REUT surtout gérée par l'offre plutôt que par la demande. Il est pour nous incohérent d'irriguer la pelouse des hôtels plutôt que d'assurer la sécurité alimentaire du pays, surtout dans le Sud tunisien largement impacté par le changement climatique. La REUT doit aider à subvenir aux besoins en eau des périmètres irrigués. Certaines zones agricoles sont aujourd'hui assoiffées ! Je comprends qu'améliorer le cadre de vie des citoyens est important, mais il est possible de créer des zones végétalisées adaptées à la sécheresse, sans irrigation. Nous demandons à ce que les objectifs de la REUT soient reconsidérés* ».

Mais l'ONADEP ne compte pas s'arrêter en si bon chemin ? Il nous donne RDV en 2050 pour un nouveau projet : l'alimentation en eau potable du Grand Tunis avec les EUT…







www.brl.fr/brli

Société anonyme au capital de 3 183 349 euros
SIRET : 391 484 862 000 19 - RCS : NÎMES B 391 484 862
N° de TVA intracom : FR 35 391 484 862 000 19

1105, avenue Pierre Mendès-France
BP 94001 - 30 001 Nîmes Cedex 5
FRANCE
Tél. : +33 (0) 4 66 87 50 85
Fax : +33 (0) 4 66 87 51 09
e-mail : brli@brl.fr