



AGENCE FRANÇAISE DE DÉVELOPPEMENT

REUTILISATION DES EAUX USEES TRAITEES – PERSPECTIVES OPERATIONNELLES ET RECOMMANDATIONS POUR L’ACTION

Rapport final

Février 2011



Contact : Alain Rotbardt, Division Eau et Assainissement
rotbardta@afd.fr



LA REUTILISATION D'EAUX USEES TRAITEES (REUT)

Perspectives Opérationnelles et Recommandations pour l'Action

SYNTHESE	1
1. INTRODUCTION	13
1.1 Les objectifs de l'étude	13
1.2 Problématiques de la Réutilisation des Eaux Usées Traitées	13
1.2.1 Données générales	13
1.2.2 Les grands chiffres des besoins en eau mondiaux et de la REUT	14
2. LA REUT DANS LE CYCLE DE L'EAU	15
3. LES USAGES DE L'EUT	17
3.1 Les valorisations directes – le cycle court	17
3.1.1 Valorisation agricole et forestière	17
3.1.2 Usages urbains	17
3.1.3 Le cas des golfs	18
3.1.4 L'aquaculture	18
3.1.5 La valorisation industrielle	18
3.1.6 La valorisation à des fins d'AEP	18
3.2 Les valorisations indirectes - le cycle long	18
3.2.1 Recharge de nappes	18
3.2.2 Le soutien d'étiage	19
3.2.3 Alimentation de zones humides	19
3.3 Les réalités de terrain	19
4. LES MOTIVATIONS DES PROJETS DE REUT	21
5. L'ENVIRONNEMENT DU PROJET	25
5.1 Aspects économiques et financiers	25
5.2 Les montages opérationnels	25
6. PROBLEMATIQUES CLES	27
7. SPECIFICITE SANITAIRE DE LA REUT	29

7.1	Risque sanitaire et REUT	29
7.2	Les données OMS antérieures	29
7.2.1	Le rapport technique 517 de 1973	29
7.2.2	Le rapport d'Engelberg et le rapport technique 778 de 1989	30
7.3	Les préconisations de l'OMS 2006 pour se prémunir contre les maladies hydriques dans le cadre de la REUT	31
7.3.1	Les nouveautés apportées par l'OMS en 2006	31
7.3.2	La maîtrise des maladies hydriques - le cadre de Stockholm	31
7.3.3	L'évaluation du risque sanitaire	32
7.3.4	La réduction de la concentration en germes microbiens – objectifs et moyens	33
7.3.4.1	L'irrigation sans restriction de culture	33
7.3.4.2	L'irrigation avec restriction de culture	34
7.3.5	Recommandations sur les paramètres de suivi	34
7.3.5.1	Pour le suivi de la qualité des eaux usées traitées	34
7.3.5.2	Pour le suivi des autres paramètres (délais, type d'irrigation, lavage)	35
7.3.6	Mesures de protection sanitaire en complément de l'épuration des EU	37
7.3.7	Aspects politiques de la REUT	38
7.3.8	Réutilisation industrielle	38
7.4	Les textes français	38
7.5	Conclusions du Gispe sur les recommandations de l'OMS	40
7.6	L'incidence des enjeux sanitaires de la REUT	42
7.7	Les traitements de désinfection	43
7.7.1	Variété des situations concernant l'épuration	43
7.7.2	L'état de l'art en matière de désinfection	43
7.7.3	Quelques exemples de traitement de désinfection issus des visites de sites menées en phase 2	44

8. RETOUR D'EXPERIENCE DES VISITES DE TERRAIN 45

8.1	Enseignements tirés du site de la station de Nabeul - Tunisie	45
8.1.1	Dispositif du projet et objectifs	45
8.1.2	Résultats et acquis de l'opération	45
8.1.3	Synthèse conclusive	46
8.2	Enseignements tirés de la Recharge de nappe à Korba – Tunisie	47
8.2.1	Dispositif du projet et objectifs	47
8.2.2	Résultats et acquis de l'opération	47
8.2.3	Synthèse conclusive	48
8.3	Enseignements tirés de l'irrigation de golfs à Hammamet - Tunisie	48
8.3.1	Dispositif du projet et objectifs	48
8.3.2	Résultats et acquis de l'opération	49
8.3.3	Synthèse conclusive	49
8.4	Enseignements tirés de la valorisation agricole des EUT de Clermont-Ferrand - France	49
8.4.1	Dispositif du projet et objectifs	49
8.4.2	Résultats et acquis de l'opération	50
8.4.3	Synthèse conclusive	50
8.5	Enseignements tirés du projet de maraichage périurbain à Ouagadougou – Burkina Faso	51
8.5.1	Dispositif du projet et objectifs	51
8.5.2	Résultats et acquis de l'opération	51
8.5.3	Synthèse conclusive	52
8.6	Enseignement tirés de la REUT agricole à l'aval de la station d'épuration de Station de Samra – Amman - Jordanie	52
8.6.1	Dispositif du projet et objectifs	52
8.6.2	Résultats et acquis de l'opération	53
8.6.3	Synthèse conclusive	53

8.7 Enseignements tirés de la REUT agricole après recharge de nappe à l'aval de Station de Shafdan – Tel Aviv – Israël	54
8.7.1 Dispositif du projet et objectifs	54
8.7.2 Résultats et acquis de l'opération	55
8.7.3 Synthèse conclusive	55
8.8 Enseignements tirés du maraichage au sortir de la station d'épuration de Station de San Rocco -- Milan - Italie	56
8.8.1 Dispositif du projet et objectifs	56
8.8.2 Résultats et acquis de l'opération	56
8.8.3 Synthèse conclusive	57
8.9 Conclusions relatives aux visites de terrains	57
9. INDICATEURS D'EVALUATION DES PROJETS DE REUT	59
9.1 Les rubriques permettant de décrire un projet de REUT	59
9.2 Liste des indicateurs opérationnels	60
9.2.1 Indicateurs d'objectifs et de stratégie du projet	60
9.2.2 Indicateurs institutionnels	61
9.2.3 Indicateurs de montage organisationnel	63
9.2.4 Indicateurs concernant les technologies d'épuration	64
9.2.5 Indicateurs de mise en œuvre du projet	65
9.2.6 Indicateurs de suivis sanitaire et environnemental	67
9.2.7 Indicateurs économiques	68
9.2.8 Indicateurs financiers	72
10. RECOMMANDATIONS POUR L'ACTION	77
10.1 Problématiques cibles	77
10.2 Recommandations en forme de principes conceptuels	77
10.3 Instruction des dossiers	78
10.3.1 Etape 1 - analyse préalable	79
10.3.2 Etape 2 - le contexte des ressources en eau	79
10.3.3 Etape 3 : analyse du cadre institutionnel	80
10.3.4 Etape 4 : éléments pour l'étude d'impact	80
10.3.5 Etape 5 : analyse du montage organisationnel	81
10.3.6 Etape 6 : vérification du process technique d'épuration et des dispositifs aval	81
10.3.7 Etape 7 : vérification des protocoles de suivis	82
10.3.8 Etape 8 : évaluations économique et financière	83

SYNTHESE

LES PRINCIPAUX ENJEUX

La première étape de l'étude porte sur une approche des enjeux de la REUT et du contexte normatif proposé dans les derniers textes de l'OMS.

MOTIVATIONS DES PROJETS DE REUT

Le recyclage des eaux usées traitées est envisagé en majorité dans les contextes suivants:

- L'existence d'une situation de stress hydrique, obligeant à préserver la ressource en eau,
- Corrélativement, le contexte économique qui rend parfois la REUT moins coûteuse que la mobilisation d'une nouvelle ressource,
- La nécessité de protéger l'environnement, qu'il soit marin, lacustre ou souterrain, afin de permettre le maintien d'usages ou de biodiversités en aval. On peut ainsi bâtir un projet de réutilisation en vue d'une limitation du rejet dans l'environnement, voir atteindre un rejet zéro dans le milieu, pour préserver une nappe en zone karstique, une lagune dans laquelle une activité aquacole est développée, une frange littorale de conchyliculture,....
- La mise en valeur d'un territoire liée aux opportunités d'aménagement urbain, péri urbain ou rural, avec un recyclage des eaux usées traitées à des fins d'arrosage des espaces récréatifs, agricoles ou à des fins industrielles.

Comme pour tout projet hydraulique, les projets de REUT doivent répondre à des contraintes de transfert, de stockage et de qualité des eaux (notamment en matière de bactériologie, de salinité et de métaux lourds) :

- La demande dans le temps n'est pas la même que la logique de la disponibilité ; ainsi la "production" d'EUT est quasi régulière tout au long de l'année, alors que la demande en eau des cultures obéit à des besoins modulés par les cycles agricoles et les saisons ; il faudra alors stocker l'eau pour lisser ces à coups saisonniers.
- La qualité des eaux est à la fois un avantage (présence de nutriments résiduels tels l'azote et le phosphore), mais aussi source de risque (salinité excessive éventuelle des effluents).

LES ASPECTS ECONOMIQUES ET FINANCIERS

Il convient de répondre aux interrogations suivantes :

- Qui paie l'investissement, après avoir clairement définis les ouvrages qui relève de la REUT
- Qui paie l'exploitation de ces ouvrages ?
- Existe-t-il une clé harmonieuse d'engagement entre les participations éventuelles au plan de financement :
 - de l'Etat au titre de la gestion rationnelle et équitable de la ressource,
 - du pollueur au titre du principe pollueur – payeur,
 - et du « réutilisateur », au titre de ressource mise à sa disposition ?

- Comment valoriser l'eau dans une logique de recyclage ?

Il n'y a pas de réponse automatique à chacune de ces questions. Celle-ci dépend autant des contextes sociopolitiques, des habitudes culturelles et des réalités économiques, qui peuvent influencer les arbitrages qui seront menés entre les acteurs.

Quelque soit le dispositif retenu et le consensus obtenu, l'essentiel est que le montage financier garantisse à la fois la couverture des coûts d'investissement et la pérennité financière de l'exploitation.

LES MONTAGES OPERATIONNELS

Ceux-ci doivent aboutir à contractualiser les relations entre le gestionnaire de la station d'épuration et l'entité utilisatrice des eaux recyclées.

Au delà des questions techniques et de la question sanitaire, la diversité et la multiplicité des acteurs constituent une difficulté du montage des projets de REUT. Il faut de fait, coordonner des programmations et des actions liées au moins à deux univers : celui de la ville qui produit et épure les eaux usées et celui de la campagne ou du secteur bénéficiaire de la valorisation. Deux autres acteurs ont à intervenir, celui en charge de la Mobilisation de la Ressource en eau et celui de la Santé.

Quand un Etat est dans une logique de gestion intégrée des ressources en eau (GIRE), il a la capacité de trouver les montages opérationnels pour surmonter les relations entre secteurs. Ainsi au Moyen Orient (Jordanie et Israël) le stress hydrique est suffisamment grave pour que la puissance publique prenne acte des enjeux liés à la mobilisation de l'eau et légifère afin de permettre l'émergence de projets.

En résumé les problématiques clés de la REUT peuvent se décliner comme suit :

- La volonté politique d'assumer les spécificités de ce secteur ; dès lors que la REUT est assimilée à une ressource en eau comme une autre, dans une logique de gestion intégrée des ressources en eau (GIRE), les dispositions réglementaires et normatives peuvent se mettre en place ;
- La capacité à garantir la santé des usagers et à rendre acceptable le recyclage des eaux usées traitées ; pour cela la connaissance scientifique des effets directs et indirects des traitements est indispensable, et l'importance des suivis épidémiologiques est évidente ; ainsi que la capacité à les mettre en œuvre de manière effective ;
- L'aptitude à choisir parmi les technologies de traitement tertiaire, celles qui sont les mieux adaptées en fonction des usages prévus (cf. chapitre 7.7 et annexe 3) ;
- Les montages financiers, qui sont décisifs et s'inscrivent dans les réflexions habituelles du « qui paie quoi ». Ils font généralement appel à des mécanismes de subvention plus ou moins ciblés. Là encore, la primauté de la volonté politique sur toutes les autres considérations replace la REUT dans une logique d'encadrement et refuse l'improvisation. Le partenariat public privé, n'est pas incompatible avec une telle approche.
- La poursuite des recherches opérationnelles sur toute la chaîne qui mène des eaux usées brutes à leur recyclage (membranes, recherches épidémiologiques,...).

LES ENJEUX SANITAIRES DE LA REUT

Ceux-ci incluent la nécessité (cf. chapitre 7 et annexe 4)

- d'évaluer les risques en fonction de la qualité des effluents,
- de suivre la qualité physico-chimique et microbiologique de ces effluents,
- de suivre dans la population la fréquence des diarrhées,

- de traiter ces eaux pour approcher de la réduction de la pollution de 6 log, si cela est possible sans créer d'autres problèmes de toxicité sur la population,
- de se préoccuper de l'adéquation de l'utilisation de ces eaux en fonction des types de culture (non alimentaires, d'aliments à cuire) et des moyens d'arrosage favorables à un moindre risque (goutte à goutte, par exemple),
- d'accompagner ces projets par des actions d'éducation sanitaire en direction :
 - des travailleurs pour réduire les risques lors de leur activité professionnelle (médecine du travail lorsqu'elle existe, campagnes radio,...) ;
 - de la population pour favoriser une meilleure hygiène alimentaire (le lavage vigoureux, la désinfection au chlore, le pelage des fruits et légumes réduisent chacun le niveau de pollution de 1 ou 2 log).

Il ressort de l'examen des textes OMS et français que la mise en œuvre de projets de REUT doit s'accomplir dans un cadre réglementaire national, cohérent et complet. S'assurer qu'un tel cadre existe revient à vérifier que les textes juridiques de base sont bien accompagnés des annexes opérationnelles.

La validation, par une expertise technique spécifique du contenu et de la pertinence de ces textes peut être envisagée. Il est cependant important d'analyser si un corpus de lois et règlements est véritablement passé dans les usages, sans les dérogations et les laisser aller qui perturbent souvent la rigueur voulue par le législateur.

Une autre observation de procédures est à prendre en compte : la question du suivi et plus précisément du suivi épidémiologique des populations concernées, directement ou indirectement, par la REUT. Dans une phase expérimentale et dédiée à un projet précis, les politiques sanitaires visent à mettre en œuvre des protocoles plus ou moins contraignants de suivi épidémiologique. C'est notamment ce que la DDASS du Puy de Dôme a réalisé durant trois années aux abords du site de valorisation de la Limagne noire (voir l'exposé des expériences de retour de terrain). C'est ce que la Tunisie et la Jordanie ont également développé ponctuellement sur certains de leurs sites de REUT.

Dotés ainsi d'observations de terrain et de corrélations éventuelles entre prévalences des maladies et méthodes d'irrigation ou concentrations des eaux usées traitées, les gouvernements ont pu établir des normes, rédiger des textes et imposer des règlements.

Savoir si ces suivis épidémiologiques doivent perdurer et s'ils sont en quelque sorte une condition *sine qua non* de mise en œuvre de projets de REUT mérite débat.

LES VISITES DE SITES OPERATIONNELS

Lors d'une phase spécifique d'étude, les experts ont visité 8 sites opérationnels de réutilisation, choisis en concertation avec l'AFD pour représenter les pratiques les plus courantes (irrigation agricole sur des cultures plus ou moins sensibles, infiltration dans la nappe, irrigation de golf) et tester en vraie grandeur les indicateurs proposés lors de la première étape.

Les sites visités sont répartis dans 6 pays et selon les valorisations suivantes :

PAYS	SITE	Mode de valorisation
TUNISIE	Korba	Recharge de nappe – lutte contre le biseau salé
TUNISIE	Nabeul	Recharge de nappe – lutte contre le biseau salé
TUNISIE	Hammamet	Irrigation de golf
FRANCE	Clermont Ferrand	Irrigation de céréales
BURKINA FASSO	Ouagadougou Kossodo	Irrigation manuelle- maraichage
JORDANIE	Samra	Irrigation agricole
ISRAEL	Shafdan	Irrigation agricole
ITALIE	San Rocco	Irrigation de céréales

Il ressort de l'échantillon des huit opérations visitées des conclusions différentes en termes de réussite mais toutes porteuses d'enseignement. Le classement qui suit permet de résumer ces enseignements.

Quatre opérations ont valeur d'exemple :

- Site n° 1 - **Samara à Amman** : par son degré d'intégration, la volonté gouvernementale forte qui sous-tend le projet, le dispositif institutionnel et organisationnel, la politique tarifaire et l'acceptabilité des irrigants, on peut classer cette opération comme une réussite, même si des ajustements sont à trouver pour quelques utilisateurs à proximité de la station d'épuration
- Site n° 2 - **les golfs de Hammamet** : situation solide d'un partenariat financier public privé, coopération efficace avec le gestionnaire de l'assainissement et choix technologiques pertinents, rôle déterminant du ministère de l'agriculture et des ressources en eau via son entité régionale le CRDA, implication des ministères du Tourisme et de la Santé, rentabilité de l'opération, ces différents aspects font également de ce projet une opération réussie
- Site n° 3 - **Shafdan en Israël** : projet certes coûteux, mais tout est relatif compte tenu de la rareté de l'eau dans la région, projet de référence technologique en matière de recharge de nappe, exemple également s'agissant du transport de l'eau vers le sud et de sa valorisation optimum, bonne organisation des irrigants, intégration dans une vision d'ensemble à l'échelle nationale, à nouveau les caractéristiques d'un projet réussi. Ces excellentes appréciations peuvent être modérées par le bilan carbone mis en jeu dans les processus d'exportation des cultures.
- Site n° 4 - **station de San Rocco à Milan** : efficacité de l'épuration, bonne intégration dans un dispositif hydraulique pourtant complexe, équilibre financier, ce projet constitue la quatrième du groupe des projets réussis dans le lot des huit visites effectuées en phase deux.

Quatre opérations permettent de tirer des leçons en fonction des difficultés qu'elles mettent en lumière :

- Site n° 5 - **Clermont Ferrand** : ce projet constitue une manifestation intéressante de pugnacité de son promoteur ainsi qu'une bonne adaptation aux contraintes du site. Dans ce sens, cette opération réussie pourra être reproduite. Techniquement, elle reste très spécifique par la mise en commun d'ouvrages épuratoires entre la sucrerie et le traitement tertiaire lié à la REUT.
- Site n° 6 – **recharge de nappe à Korba** : trop récent et donc pas assez renseigné sur le plan scientifique, incomplet quant aux mécanismes pratiques d'irrigation associés, ce projet présente tout de même le mérite d'exister ; il fédère des initiatives diverses et répond à un premier objectif de lutte contre le biseau salé non négligeable. Les bilans financiers seront intéressants à analyser dans quelques années.
- Site n° 7 - **station de Kossodo à Ouagadougou** : quelques handicaps caractérisent le projet : les coûts au m3 élevés, l'obligation pour l'ONEA de se substituer aux responsables de l'agriculture absentes du périmètre d'irrigation, la disparité de statut entre les agriculteurs du projet et ceux qui en sont voisins avec les mêmes eaux, la difficile commercialisation des produits issus de la mise en valeur,
- Site n° 8 - **recharge de nappe à Nabeul** : ce projet n'est pas particulièrement édifiant compte tenu du suivi restreint sur le plan scientifique, de la prise en charge totale des coûts d'exploitation par l'Etat sans contrepartie des utilisateurs et de la vétusté des installations

Les visites auront apporté une aide décisive pour la mise au point des indicateurs pertinents en vue d'évaluer un projet avant réalisation.

RECOMMANDATIONS POUR L'ACTION

La dernière étape de l'étude conduit à la proposition de recommandations pour l'action déclinées en recommandations générales et en propositions d'indicateurs d'évaluation de projets.

Les problématiques cibles des bailleurs couvriront prioritairement les deux axes stratégiques de :

- recherche de ressource alternative ou complémentaire dans un contexte de stress hydrique,
- protection d'un milieu récepteur fragile, soit au titre strictement environnemental, soit au des activités qui lui sont associées.

Comme cela a été indiqué à plusieurs reprises dans le document, et constaté lors de visite de site, les deux problématiques seront souvent présentes.

Il ne paraît pas opportun de hiérarchiser ces deux axes, chaque cas devant faire l'objet d'une évaluation complète afin de discerner les enjeux réels et les bénéfices attendus du projet. Le maintien d'activités économiques de pêche grâce à la suppression de rejets dans un milieu à fort risque d'eutrophisation, pourra présenter des atouts comparables à un projet de réutilisation agricole en zone déficitaire.

Pour résumer les éléments de démarche, on formule ci après une série de recommandations générales en forme de principes conceptuels :

- Recommandation 1 : Rechercher à la périphérie du projet ce qui existe déjà dans le domaine afin d'identifier comment la REU ou REUT est pratiquée au quotidien (pratiques agricoles en matière de culture, de mode d'irrigation, existence de réutilisation formelle ou informelle, organisation du secteur agricole localement). Les éléments moteurs de ces projets (objectifs et porteurs de projets) seront particulièrement intéressants à identifier.
- Recommandation 2 : Discerner et hiérarchiser les objectifs (la REUT étant, on le rappelle, souvent un objectif secondaire), en particulier, bien caractériser l'interface avec le projet d'assainissement afin de définir quelle part du traitement est directement liée à la dépollution et quelle part est conditionnée par la mobilisation de la ressource en vue de la réutilisation.

- Recommandation 3 : il ne peut pas y avoir de REUT agricole sans accord explicite et acceptabilité des futurs irrigants ; les enquêtes socio culturelles et les processus de communication et de formation attachés à cette question doivent être disponibles ou leur élaboration programmée.
- Recommandation 4 : Le soutien à un projet d'épuration qui vient régulariser une situation où l'irrigation avec des eaux brutes préexiste, ne doit pas obérer les questions sociales, agronomiques et tarifaires. En effet, la préexistence d'une réutilisation informelle peut être considérée comme un atout pour faire aboutir un projet. Le changement de pratiques en matière de protection sanitaire des utilisateurs, les choix de culture du fait de la réglementation et de la rentabilité économique, constituent une évolution majeure pour les acteurs.
- Recommandation n° 5 : s'assurer de la mise en place d'un suivi sanitaire opérationnel et pérenne (locaux, matériel, personnel formé, protocole établi, frais de fonctionnement évalués), qui s'appuie sur des moyens techniques et financiers inclus dans l'équilibre financier global du projet.
- Recommandation n° 6 : éventuellement réorienter le projet vers des procédés moins consommateurs en énergie qui lui donneront une plus grande pérennité de par son coût.
- Recommandation n° 7 : l'étude d'impact doit faire explicitement partie des préalables du projet. Son volet sanitaire constitue un axe majeur du dossier dans lequel, outre l'adéquation des cultures et pratiques culturales à la qualité bactériologiques et chimique de l'eau, la question du suivi (recommandation 5) devra être clairement explicitée. Dans la mesure où cela est pertinent, l'évaluation de la soutenabilité climatique devra également avoir été traitée dans ce dossier. Les études techniques pourront être analysées au travers des indicateurs proposés dans le présent dossier et afin d'identifier les manques et procéder aux compléments d'investigations préalablement à la poursuite de l'instruction.
- Recommandation n° 8 : être vigilant sur le caractère opérationnel des textes juridiques et vérifier que les lois soient bien assorties des décrets d'application
- Recommandation n° 9 : clarifier le qui va payer quoi, tant au niveau des investissements que du fonctionnement des ouvrages et surtout vérifier que le dispositif proposé correspond bien aux pratiques culturelles du pays au risque sinon de ne pas recouvrir les coûts faute d'adhésion au projet.

INSTRUCTION DES DOSSIERS

INDICATEURS PROPOSES

Les indicateurs proposés sont au nombre de 37 et couvrent :

- les aspects de stratégie du projet
- les éléments de contexte institutionnel
- les éléments de montage organisationnel
- les propositions technologiques d'épuration et de réutilisation
- les conditions de mise en œuvre
- les méthodes de suivi
- les aspects économiques
- les aspects financiers

Pour autant, l'évaluation des projets de REUT reste un exercice délicat qui requiert :

- de combler des données manquantes avec des appréciations de bon sens,
- d'extrapoler des situations existantes prévues évolutives,

- de discerner (souvent difficilement) entre investissements strictement dédiés à de l'assainissement et opérations aval pouvant recevoir le titre exclusif de REUT.

Aussi on propose un cheminement progressif, utilisant les résultats des qualifications et des évaluations des indicateurs qui doivent conduire à une appropriation des problématiques, du contexte et de la pertinence du projet. Les actions à mettre en œuvre doivent découler naturellement de ces différentes étapes. Les évaluations peuvent conduire à formuler des appréciations de caractère rédhitoires qui condamnent certains projets, soit temporairement, soit de façon plus définitive. Mais elles peuvent conduire le bailleur à proposer un appui financier sur des actions amont de renforcement institutionnel ou sur le lancement d'études complémentaires.

INDICATEURS D'OBJECTIFS ET DE STRATEGIE DU PROJET

La question des objectifs et de la stratégie du projet (qui peut d'ailleurs être plus ou moins explicite) est essentielle en REUT ; en effet les buts poursuivis peuvent être multiples et il est important de hiérarchiser ces objectifs si on veut identifier les bénéficiaires, les mesures d'accompagnement, les coûts réels des opérations, les responsabilités exactes tant en investissement qu'en maintenance.

STR1	Existence d'une GIRE clairement identifiée au travers d'un document cadre et inscription du projet dans cette politique
STR2	Effets complémentaires du projet en termes environnementaux

INDICATEURS INSTITUTIONNELS

Une autre façon de vérifier que le projet est correctement élaboré est de voir si il s'inscrit dans un cadre institutionnel cohérent. Pour ce faire trois indicateurs permettent de jauger le dispositif en place au sein des instances nationales d'une part et de mesurer le contenu des textes réglementaires de référence d'autre part.

INS1	Clarté dans le rôle de chaque ministère, de l'exercice de sa ou ses tutelles et de coordination à l'échelle nationale
IINS2	Existence de textes législatifs opérationnels en matière de REUT y inclus un corps de normes / valeurs guides spécifiques pour l'épuration des EU
INS3	Référence explicite à un corps de normes et valeurs guides, en matière d'irrigation avec des EUT ou pour d'autres usages

INDICATEURS DE MONTAGE ORGANISATIONNEL

Autant les indicateurs de type institutionnel renseignent sur la faisabilité administrative théorique (préalable indispensable à la réussite du projet), autant dans le domaine organisationnel, on aborde le champ du pratique et de la faisabilité concrète.

ORG1	Clarté dans la définition du ou des porteur(s) de projet
ORG2	Organisation du secteur de l'assainissement urbain : dynamisme du secteur apprécié en termes de collecte des EU et d'épuration
ORG3	Niveau d'animation et de vulgarisation des techniques de valorisation notamment agronomique

INDICATEURS CONCERNANT LES TECHNOLOGIES D'EPURATION

Ces indicateurs visent à vérifier la compatibilité de l'épuration avec le devenir des effluents dans le cadre du projet soumis à financement.

EPU1	Adéquation du process et des dimensionnements associés vis-à-vis des objectifs de qualité requis par le mode de valorisation
EPU2	Performances épuratoires
EPU3	Eventuellement si déminéralisation ou potabilisation : abattement et conductivité finale en ratio par rapport à la concentration de l'eau brute

INDICATEURS DE MISE EN ŒUVRE DU PROJET

Restituer les particularités de tous les modes de REUT conduit à définir des indicateurs généraux communs à tous les modes de REUT et d'autres relatifs spécifiquement à chaque mode.

GEN1	Respect des règles de l'art au niveau des dossiers de conception
GEN2	Respect des règles de sécurité
GEN3	Information et communication auprès des usagers
AGR1	Contexte agro pédologique adapté
NAP1	Spécificités liées à la recharge de nappe

INDICATEURS DE SUIVIS SANITAIRE ET ENVIRONNEMENTAL

L'évaluation de suivis fait appel à trois notions :

- **la pertinence du protocole de suivi** (échantillonnage adapté, fréquence satisfaisante, nature des analyses convenable)
- la réalité de la mise en œuvre du ou des suivis
- en cas de résultat négatif, **la capacité à réagir**

SUI1	Gestion qualitative des EUT : fréquence des analyses et conformité aux objectifs
SUI2	Evaluation sanitaire de la population vivant sur la zone de REUT
SUI3	Indices biotiques du milieu aquatique
SUI4	Qualité de l'eau de la nappe

INDICATEURS ECONOMIQUES

Les indicateurs économiques sont essentiels pour une mise en perspective du projet avec le contexte général et pour effectuer d'éventuelles comparaisons d'opportunité.

ECO1	Population concernée par le projet (amont et aval)
ECO2	Nombre de bénéficiaires de la REU
ECO3	Volume de REUT par habitant
ECO4	Consommation énergétique en kWh / m3
ECO5	Valeur ajoutée par m3 d'eau réutilisée

ECO6	Nombre d'emplois créés
ECO7	Nombre d'emplois maintenus
ECO8	Coût d'opportunité (cas où la ressource est rare et affectée à un autre usage)
ECO9	Coût des dégâts évités

INDICATEURS FINANCIERS

Tout comme les indicateurs économiques, les indicateurs financiers sont de première importance. Un ensemble de huit indicateurs, dont sept sont considérés comme à portée décisionnelle sont listés ci après.

FIN1	Montant de l'investissement des ouvrages d'épuration
FIN2	Ratios d'investissements des ouvrages d'épuration
FIN3	Frais d'exploitation annuels de l'épuration et frais d'exploitation au m3
FIN4	Montant des investissements des ouvrages propres à la REUT
FIN5	Frais d'exploitation annuels de la REUT au m3
FIN6	Politique mise en œuvre pour limiter les dépenses d'énergie
FIN7	Solidité des montages financiers : niveau d'équilibre entre subventions, tarifs, service de la dette
FIN8	Prise en compte du financement de tous les suivis par les différentes administrations concernées

L'annexe 1 du document général décrit pas à pas le mode d'évaluation de chaque indicateur retenu et les actions qui peuvent découler de cette évaluation.

LES ETAPES D'ANALYSE

Etape 1 - analyse préalable

Lors de la première étape d'identification détaillée du projet à instruire, deux écueils sont à garder en mémoire :

- Un projet est rarement libellé et labellisé comme de la REUT exclusivement ; on sait en effet que la plupart du temps la réutilisation est une composante d'un projet de collecte d'eaux usées assorti d'une création de station d'épuration. Extraire cette composante n'est pas toujours aisé.
- Par ailleurs plusieurs projets de REUT sont multi objectifs et la description fine de ces objectifs distincts peut nécessiter une investigation préalable.

Cette première étape doit conduire à une connaissance exhaustive du projet ou au moins du cadre dans lequel il s'inscrit, incluant tout son paramétrage qualitatif et quantitatif : population concernée amont et aval, process d'épuration et REUT, volumes en jeu, etc.

Etape 2 - le contexte des ressources en eau

Il convient de positionner le projet dans le contexte des ressources en eau du pays et de répondre aux interrogations suivantes :

- Le choix de la REUT résulte d'une logique de GIRE ou non,
- liée à une situation permanente ou saisonnière de stress hydrique,
- dont on connaît le niveau (et les éventuelles disparités régionales au sein du pays)

Ces questions devraient normalement trouver leurs réponses dans un document de stratégie arbitrant entre les différentes ressources du pays ou de la région. Dans la négative, sans aller jusqu'à en faire un élément rédhibitoire pour octroyer le financement, il est pertinent de recommander qu'un tel document soit élaboré par le pays demandeur.

Etape 3 : analyse du cadre institutionnel

Ce point est déterminant pour vérifier que le projet, par nature interdisciplinaire, a une cohérence institutionnelle satisfaisante indiquant les responsabilités administratives des différents organismes en jeu et les références aux textes réglementaires. Il est donc indispensable au niveau de l'étude de faisabilité (qu'elle soit déjà existante au moment de l'instruction du dossier, ou suscitée par l'AFD) que ce volet clarifie le qui est responsable de quoi et qui in fine pourrait avoir la tutelle, la maîtrise d'ouvrage et la maîtrise d'œuvre sur les futures installations.

Etape 4 : éléments pour l'étude d'impact

A priori les projets de REUT participent d'un objectif additionnel de protection de l'environnement. La sauvegarde du milieu balnéaire en Tunisie ou en Israël illustre bien cette situation. Cependant, comme pour tout projet les effets du projet requièrent une étude d'impact en bonne et due forme. Les mesures compensatoires prévues dans cette étude sont bien sûr décisives pour la validation du projet.

Comme tout projet d'infrastructure, une étude d'impact devra avoir été ou être menée afin de valider la pertinence environnementale du projet et identifier les mesures compensatoires éventuellement nécessaires. Les principales spécificités à prendre en compte sont les suivantes :

- Vis-à-vis du milieu hydraulique (superficiel ou souterrain), le rôle du projet dans une vision de type Gestion Intégrée de la Ressource en Eau, qui doit permettre une affectation pertinente et rationnelle de la ressource en eau, doit être démontrée,
- Vis-à-vis des problématiques de santé, la maîtrise du risque, tant au travers des éléments techniques de traitement, que dans le suivi opérationnel de la qualité des eaux est essentiel. Dans ce sens, la pérennité (exploitation du système, capacité financière et technique de réalisation du suivi) doit être analysée. Le volet de conformité bactériologique doit faire l'objet d'une analyse détaillée, rappelant la réglementation applicable et les mesures de traitement mises en œuvre pour les atteindre afin de démontrer que la filière répond bien aux exigences de décontamination. On vérifiera que les recommandations de l'OMS en matière d'accompagnement sanitaire (protection des agriculteurs et des avoisinants, lavage complémentaire etc...) ont fait l'objet de campagnes de communication bien ciblées. Dans le cas contraire, des mesures d'accompagnement devront être prévues.
- Il conviendra également de développer une analyse des autres éléments potentiellement présents dans les eaux usées exemple et qui peuvent avoir un impact sur la santé (métaux lourds par exemple). Dans les deux cas, les recommandations de l'OMS (tableau en annexe 4) pourront servir de référence si une réglementation spécifique au pays n'a pas été proposée.

- ➔ En matière d'impact humain, le volet sociologique doit être abordé avec attention. Le projet doit s'inscrire dans des pratiques et dans un contexte social/religieux, compatible avec les solutions techniques préconisées. L'appropriation active du projet ne sera obtenue par les acteurs locaux que si ces aspects sont pris en compte dès la conception. Par ailleurs, les impacts du projet sur les pratiques existantes en préalable de sa mise en œuvre sont essentiels. A titre d'exemple, la préexistence d'une réutilisation agricole informelle et « gratuite » à laquelle devra se substituer le futur projet, sur le même site ou sur une nouvelle implantation, constitue une situation classique à appréhender en terme de mesure d'accompagnement.

Bien qu'indiquée en étape 5, l'étude d'impact ira puiser dans les résultats des analyses de chacun des critères, établis tout au long de l'ensemble des étapes.

Etape 5 : analyse du montage organisationnel

Ce sont les indicateurs qui permettent appréhender que tous les montages organisationnels sont solides et efficient et si il est nécessaire d'engager des appuis additionnels pour les renforcer.

On se doit de mettre l'emphasis sur ce point puisqu'il conditionne les toutes premières discussions avec les interlocuteurs du projet. S'assurer que le porteur du projet est conscient de ses responsabilités et qu'il peut garantir le « qui fera quoi » dans toutes les composantes du couple épuration - REUT est déterminant.

Etape 6 : vérification du process technique d'épuration et des dispositifs aval

Il convient d'apprécier la solidité du (ou des) process d'épuration pour vérifier que les dispositifs proposés correspondent aux normes. De plus au chapitre technique il convient de valider que les dispositions hydrauliques à l'aval sont également conformes, que se soit pour les conditions de stockage ou de transfert d'une part et les modalités d'irrigation ou de valorisation d'autre part. Deux situations sont à considérer :

- ➔ oui tout est en ordre et les éléments existent pour valider le dispositif technique
- ➔ non des réserves se font jour que l'on peut lever avec une étude ou nouvelle ou complémentaire.

Etape 7 : vérification des protocoles de suivis

Les suivis techniques et sanitaires sont essentiels et leurs opérateurs doivent être bien identifiés. La difficulté de l'investigation réside dans le fait que les procédures à mettre en place ne sont pas forcément et explicitement contenues dans les documents d'étude et de conception du projet. De plus il faut prendre en compte l'intervention de plusieurs administrations, qui ne sont pas forcément coordonnées entre elles : les services techniques proprement dits en charge de l'épuration, l'Hydraulique (pour la protection des ressources en eau), l'Environnement, l'Agriculture, la Santé pour le suivi bactériologique des EUT et de leur devenir (en termes notamment de suivi épidémiologique).

Etape 8 : évaluations économique et financière

L'évaluation économique et financière obéit aux procédures habituelles de tout projet et il n'est pas opportun ici de dupliquer ces procédures. En effet, tout ce qui relève de la faisabilité économique et financière n'est pas spécifique à la REUT. Toutefois s'il fallait isoler dans un projet la composante relevant de la stricte REUT on pourrait extraire éventuellement les données d'épuration complémentaire (le tertiaire) et les données sur la valorisation elle-même.

1. Introduction

1.1 LES OBJECTIFS DE L'ETUDE

L'étude confiée à BRL par l'AFD avait pour objectifs de :

- préciser la problématique, le contenu et les enjeux de divers mode de réutilisation des eaux usées traitées ;
- évaluer le potentiel, la pertinence, les coûts, la rentabilité ainsi que les impacts de certaines de ces applications ;
- proposer des recommandations pour favoriser cette démarche notamment dans les pays d'intervention de l'AFD.

L'étude s'est déroulée en trois phases successives :

- Une phase I, dite de cadrage et de mise en perspective des questions soulevées par les objectifs de l'étude.
- Une phase II, dédiée aux visites sur le terrain de 8 sites, en vue d'appliquer les orientations issues de la phase I de les confronter à des projets existants
- Une phase III de synthèse avisant à définir des éléments de doctrine permettant aux bailleurs de fonds dont l'AFD, ainsi qu'à ses partenaires d'instruire le financement de nouveaux projets de REUT

1.2 PROBLEMATIQUES DE LA REUTILISATION DES EAUX USEES TRAITEES

1.2.1 Données générales

Les motifs qui ont conduit et qui conduisent à envisager la réutilisation des eaux usées traitées sont de deux ordres: en termes de ressource en eau, la valorisation des eaux usées traitées répond à un objectif quantitatif et ce sont surtout les zones arides et semi arides du globe qui sont concernées. En parallèle, dans le domaine de la préservation environnementale, et donc des objectifs qualitatifs, de nombreuses réflexions ont conduit et conduisent à des opérations de réutilisation. L'objectif quantitatif est prépondérant dans la genèse des projets de REUT. Pour répondre à des pénuries chroniques ou occasionnelles, et après prise en compte des coûts d'investissement et d'exploitation, la REUT s'impose de plus en plus comme une solution économiquement pertinente.

Toutefois force est de constater que la mise en œuvre effective de projets de REUT tarde souvent à voir le jour du fait des contraintes institutionnelles et organisationnelles, mais également des réticences culturelles.

1.2.2 Les grands chiffres des besoins en eau mondiaux et de la REUT

Afin de mettre en perspective les enjeux potentiels de la REUT, il convient de garder en mémoire les valeurs suivantes concernant la mobilisation de l'eau à l'heure actuelle¹ :

- Le volume total de l'eau prélevée par l'activité humaine dans le monde s'élève à 3 800 milliard m³/an
- La répartition de ce volume est à l'échelle mondiale de 70 % pour l'irrigation (2 660 milliards), 22 % pour l'eau industrielle (soit 836 milliards m³/an) et 8 % pour l'eau à usage domestique (soit 304 milliards m³/an)
- Les eaux usées collectées (sur les 1 140 milliards m³/an affectés à l'eau domestique et industrielle) représentent 370 milliards m³/an et un peu moins de la moitié fait l'objet d'un traitement, soit 160 milliards m³ /an
- On estime à 2 % de ce total, soit 7 milliards de m³/an, la fraction de ces EUT qui sont réutilisées à ce jour tous usages confondus. Dès lors, s'il est justifié scientifiquement ? de parler de cycle naturel de l'eau, il faut rester prudent sur le concept de cycle anthropique de l'eau. (7 sur 3 800 définit un ratio modeste)

Il ressort de ces données numériques les enseignements suivants :

- Le gisement des EUT encore à recycler est important
- La REUT n'est qu'une solution partielle à la forte demande en eau, notamment agricole à travers le monde et ne se substitue pas aux questions globales de la mobilisation de l'eau.

¹ Référence des données mondiales REUT : Takashi Asano, dpt of civil engineering University of California , "Evaluation of the California Wastewater Reclamation Criteria using enteric virus monitoring data"

2. la REUT dans le cycle de l'eau

Dans le cycle naturel de l'eau, on sait que la série *précipitation – ruissellement – évaporation – précipitation* – etc.....traduit globalement la conservation de la masse hydrique sur le globe.

Il est pertinent de conserver en mémoire ce schéma car l'homme reproduit un schéma similaire dans son usage de l'eau : prélèvement dans le milieu - utilisation – retour au milieu.

Une distinction tout de même avec le cycle naturel : alors que la molécule H₂O météorique reste H₂O quand elle ruisselle puis qu'elle est reprise en évaporation ou en évapotranspiration, il n'en va pas de même dans le cycle anthropique qui voit H₂O prélevée au milieu pour les activités humaines, être restituée au milieu pollué.

Au delà du rejet, le milieu récepteur possède parfois une certaine capacité à dépolluer. En effet les mécanismes cumulés de la dilution, des transformations naturelles physico-chimiques, du pouvoir bactéricide du soleil et du sol et du temps, ont pendant longtemps suffi à garantir la dépollution de façon naturelle et ont en quelque sorte permis d'échapper aux questions environnementales posées par les rejets des eaux usées par l'activité humaine.

C'est quand un seuil quantitatif (et qualitatif) a été franchi que le milieu naturel a perdu cette aptitude à dépolluer et qu'il est devenu pertinent de penser au devenir exact des eaux usées.

La première logique historique a donc été de dépolluer les eaux rejetées par les égouts afin d'en supprimer les nuisances et de les réinsérer dans le cycle naturel. Pour cela on s'est préoccupé de réduire la charge organique. Le transit via les cours d'eau, puis l'évaporation via les étendues lacustres ou marines conduisent ensuite à la régénération d'eaux météoriques.

Dans sa finalité, la REUT permet à la fois de raccourcir le cycle par une remobilisation rapide de la ressource et l'utilisation deux fois d'une eau mobilisée dans le milieu pour des activités en cascade.

Au terme de ces considérations de base on peut poser la question du traitement des EU dans le cadre de la REUT selon l'alternative suivante :

- Soit être dans une logique de cycle court, le traitement de l'eau ayant alors pour objectif de respecter uniquement les normes ou recommandations fixées pour la REUT.
- Soit, dans une logique de cycle long, leur faire subir un traitement visant :
 - dans un premier temps à un retour de l'eau au milieu naturel sans préjudice pour ce milieu,
 - puis dans un second temps à sa reprise pour réutilisation avec une compatibilité de la qualité de l'eau avec les usages souhaités après son parcours dans le milieu naturel. Cela concerne simultanément les questions d'objectifs de qualité, d'autoépuration puis de respect des normes ou recommandations de REUT.

3. Les usages de l'EUT

Quasiment tous les domaines relatifs aux usages de l'eau sont concernés par la REUT sauf ce qui touche aux eaux thermales et minérales, dont les exigences de qualité sont telles qu'elles n'entrent pas dans le champs de la réutilisation. En effet, pour autant qu'on accepte de payer le prix toute eau usée est potentiellement réutilisable. La classification qui suit permet d'y voir plus clair en matière d'utilisations des EUT.

3.1 LES VALORISATIONS DIRECTES - LE CYCLE COURT

Dans cette nomenclature, l'eau usée traitée passe directement du statut d'eau usée au statut de nouvelle ressource après avoir transité par des mécanismes d'épuration.

3.1.1 Valorisation agricole et forestière

C'est actuellement, en volume, l'usage principal de REUT à travers le monde ; les modalités de mise en œuvre sont multiples : il existe des périmètres irrigués exclusivement avec des EUT, des périmètres mixtes (certains irrigants s'alimentent au réseau EUT et d'autres sont autonomes), des dispositifs avec stockage ou transfert amont etc...

Au-delà des considérations hydrauliques, agricoles ou financières propres à tout périmètre irrigué, la particularité forte d'une valorisation avec des EUT est la dimension sociale et sociologique d'acceptabilité par les usagers ainsi que les particularités agronomiques associées à la qualité des EUT.

La mise en valeur sylvicole est un cas particulier de ce mode de valorisation car elle est moins exigeante en terme qualitatif, et présente des conditions d'acceptabilité très favorables.

3.1.2 Usages urbains

Dans cet usage figurent :

- l'irrigation d'espaces verts (par réseau spécifique ou par camionnage), dont la gestion incombe le plus souvent à la collectivité,
- l'alimentation de plans d'eau récréatifs : cette valorisation s'apparente également à la catégorie du cycle long car souvent les eaux usées traitées viennent s'ajouter à l'eau de plans d'eau existants
- le lavage des rues et des marchés (à l'instar de ce qui se pratique dans certains ports avec des aiguades alimentées en eau de mer)
- des recyclages d'eaux grises à l'échelle d'un immeuble en vue d'alimenter des circuits particuliers de chasse d'eau ; les expériences japonaises dans ce domaine sont particulièrement avancées ².

² On notera avec intérêt qu'une expérience analogue en cours à Paris durant la dernière décennie a été stoppée, à l'initiative des autorités sanitaires qui ont considéré l'opération peu sûre .

3.1.3 Le cas des golfs

On pourrait classer l'irrigation des golfs dans la catégorie des valorisations agricoles ou d'espaces verts en s'en tenant au strict point de vue technique ; mais en ce qu'elle s'adresse à un secteur privé qui met en jeu des logiques de rémunération auprès d'utilisateurs aisés, il s'en déduit des facilités de recouvrement des coûts qui lui confèrent un caractère spécifique.

3.1.4 L'aquaculture

Cette valorisation est encore relativement embryonnaire à travers le monde mais elle est déjà pratiquée en Inde ainsi que des pays asiatiques à la fois comme procédé d'épuration et pour l'économie piscicole qui en résulte.

3.1.5 La valorisation industrielle

Les applications sont nombreuses et on peut classer les secteurs où se pratique la REUT en fonction des différentes catégories d'activités industrielles : Le secteur chimique et para chimique ; Le secteur agro alimentaire ; celui du cuir et du textile ; le secteur des industries mécaniques, métallurgiques et électroniques. La REUT dans le cadre des circuits de refroidissement constitue un exemple fréquent. A cela s'ajoute les économies d'eau à l'intérieur d'une unité industrielle par recyclage des eaux de process qui est en quelque sorte une réutilisation interne.

3.1.6 La valorisation à des fins d'AEP

La réutilisation des eaux à des fins de consommation en eau potable est une catégorie comptant un nombre réduit de projets. En Australie, la ville de Goulburn a mis en œuvre un projet de ce type. C'est également le cas en Namibie (Windhoek), ou à Singapour où l'eau est mixée avec une ressource conventionnelle. On comprend aisément que le premier frein à ces projets est d'ordre psychologique. Par ailleurs les méthodes de traitement et leur fiabilité doivent être exemplaires pour permettre d'envisager de tels projets.

3.2 LES VALORISATIONS INDIRECTES - LE CYCLE LONG

On dénomme ainsi les dispositions hydrauliques où le cycle naturel de l'eau météorique d'une part et celui des eaux usées plus ou moins traitées d'autre part se rejoignent. Les milieux récepteurs peuvent apporter des possibilités de traitement additionnel des eaux rejetées avant le prélèvement en vue de la REUT qui peuvent être prises en compte et utilisées à bon escient. Ces modes de valorisation peuvent être plus délicats car ils supposent qu'on puisse suivre efficacement le devenir des eaux injectées dans le milieu, ce qui n'est pas forcément simple, dans le cas d'une recharge de nappe par exemple.

3.2.1 Recharge de nappes

Le dispositif de la recharge de nappe consiste à faire infiltrer ou percoler les EUT dans le sous sol. On poursuit de la sorte plusieurs objectifs :

- La restauration d'une nappe surexploitée par excès de pompage et dont le rabattement est préjudiciable,
- La protection des aquifères côtiers contre l'intrusion d'eau salée,
- Le stockage des eaux pour une utilisation différée,
- l'amélioration du niveau de traitement de l'eau, utilisant de la sorte le pouvoir autoépuration du sol
- la protection de l'environnement en évitant de rejeter les effluents dans un cours d'eau ou en mer.

Les techniques de recharge reposent sur deux systèmes principaux de circulation de l'eau : a) l'infiltration depuis la surface, dans des bassins ou des lits de cours d'eau, b) l'injection profonde, par puits ou forages, où l'eau est introduite directement dans la nappe souterraine.

Les formations du sous sol agissent généralement comme un filtre dont l'effet est d'éliminer un certain nombre des constituants physiques, chimiques et microbiologiques des EUT, c'est le « pouvoir épurateur » du sous sol, qui améliore la qualité de l'eau et constitue souvent le principal objet de recharge par les EUT : ces procédés d'épuration complémentaire constituent les systèmes de géo-épuration.

Quel qu'en soit le mode, il est nécessaire d'avoir une connaissance précise du devenir des quantités injectées et de leurs écoulements dans le sous sol, afin de pouvoir évaluer le rendement de la recharge et déterminer les quantités éventuellement récupérables. Quant à l'impact de la recharge sur la nappe rechargée, il se mesure en remontées des niveaux et en variations des qualités physiques, chimiques et biologiques de l'eau de la nappe suite au mélange avec les eaux de recharge.

L'annexe 7 fournit les données relatives à ce mode de valorisation.

3.2.2 Le soutien d'étiage

Le soutien d'étiage peut avoir pour objectif le maintien en vie faunistique d'un tronçon de cours d'eau.

Il peut aussi viser à fournir à un cours d'eau (souvent de type oued) un débit dont la destination est d'être partiellement récupéré à l'aval pour différents usages dont principalement l'irrigation.

3.2.3 Alimentation de zones humides

En liaison avec les objectifs des sites sous convention Ramsar, la sauvegarde de zones humides par des EUT constitue à ce jour un domaine non négligeable de la REUT. Là aussi ce sont principalement les enjeux floristiques et faunistiques qui sont ciblés, et plus globalement la sauvegarde et la valorisation du patrimoine environnemental.

3.3 LES REALITES DE TERRAIN

La nomenclature qui précède est commode sur un plan conceptuel ; il faut cependant observer que nombre de projets de REUT combinent plusieurs modes de valorisation. Et une complexité additionnelle des opérations de REUT est la mixité des procédures et des usages. On peut également identifier deux contextes :

- c'est au niveau de la station d'épuration que les qualités d'eau sont obtenues pour différents usages,
- la station traite jusqu'à un certain degré et c'est au niveau des différents usages qu'elle subit les éventuels traitements additionnels nécessaires à chaque valorisation.

On constate ainsi qu'au-delà d'éléments communs, les projets font preuve de spécificités locales.

Ainsi par exemple en Namibie le projet de REUT consiste à épurer des EU puis à les additionner à une eau de nappe en vue d'un mélange destiné à l'AEP par injection directe dans le réseau. Ce n'est pas le cas à Singapour où l'eau est préalablement mélangée à des eaux conventionnelles en amont.

En agriculture, certains périmètres sont irrigués principalement avec des EUT mais au sein de ces zones, certaines parcelles restent irriguées avec des eaux de forage.

Dans le temps on constate également des protocoles variables en fonction des saisons : l'eau usée traitée sert à de l'irrigation durant une partie de l'année et est rejetée au milieu naturel le reste de l'année.

4. Les motivations des projets de REUT

Sur la base des considérations qui précèdent on constate que la REUT s'est mise en place dans les pays marqués par les situations suivantes :

- La présence d'une situation de stress hydrique obligeant à préserver la ressource (le seuil de 500 m3 per capita et par an peut être considéré comme un seuil de stress absolu),
- Corrélativement le contexte économique qui rend parfois la REUT moins coûteuse que la mobilisation d'une nouvelle ressource,
- La nécessité de protéger l'environnement, qu'il soit marin, lacustre ou souterrain, afin de permettre le maintien d'usages ou de biodiversités en aval. On peut ainsi bâtir un projet de réutilisation en vue d'une limitation du rejet dans l'environnement, voir atteindre un rejet zéro dans le milieu, pour préserver une nappe en zone karstique, une lagune dans laquelle une activité aquacole est développée, une frange littorale de conchyliculture,....
- La mise en valeur d'un territoire liée aux opportunités d'aménagement urbain, péri urbain ou rural, avec un recyclage des eaux usées traitées à des fins d'arrosage des espaces récréatifs, agricoles ou à des fins industrielles.

Comme pour tout projet hydraulique, les projets de REUT doivent répondre à des contraintes de transfert, de stockage, de qualité des eaux (en matière de bactériologie mais également de salinité et d'autres paramètres tels que les métaux lourds) ; en effet les contraintes classiques de mobilisation de l'eau concernent aussi la REUT :

- Les eaux usées traitées (EUT) ne sont pas toujours à proximité immédiate des zones de valorisation et il faut procéder parfois à des pompages et à des transferts, quand les conditions d'écoulement gravitaire n'existent pas. Dans le cas de la REUT, la chimie des eaux et particulièrement les éventuels dégagements de H₂S conduisent alors à des précautions particulières de ventilation.
- la demande dans le temps n'est pas la même que la logique de la disponibilité ; ainsi la "production" d'EUT est quasi régulière tout au long de l'année alors que la demande en eau des cultures obéit à des besoins modulés par les cycles agricoles et les saisons ; il convient alors de stocker l'eau pour lisser ces à coups saisonniers.
- la qualité des eaux est à la fois un avantage (présence de nutriments résiduels tels l'azote et le phosphore), mais aussi source de risque (salinité excessive éventuelle des effluents).

La diversité de ces contextes est illustrée par les trois exemples suivants, visités dans le cadre de l'étude.

En effet, les tableaux suivants présentent sous forme de fiche projet un exemple de recharge de nappe, puis un exemple d'irrigation de maïs par aspersion et enfin un exemple d'irrigation en maraichage par réseau gravitaire.

STATION DE KORBA EN TUNISIE – RECHARGE DE NAPPE	
Caractéristiques du projet	
Type de traitement	Boues activées + lagune de finition. Mise en service station d'épuration en 2002
Type de REUT	Recharge de nappe – mise en service 2008
Volumes concernés	2,7 Mm3/an en sortie de station - 0,5 Mm3/an infiltrés sur site
Objectifs	Lutte contre le biseau salé ; préservation de la ressource en eau
Moteur du projet	Ministère de l'Agriculture, instituts agronomiques
Commentaires sur les résultats	
Type de traitement	Satisfaisant ; la recharge ajoute un niveau de désinfection finale
Capitalisation scientifique	Déjà significative après deux ans
Impact sur la nappe	Remontée du niveau piézométrique enregistré
Rôle des irrigants	Les irrigants sont peu associés aux décisions
réplicabilité	Possible et prometteuse mais pas encore effective
financement	L'Etat pour la plus grande partie

STATION DE CLERMONT FERRAND – IRRIGATION DE MAIS	
Caractéristiques du projet	
Type de traitement	Boues activées +lagune de finition. Mise en service en 1999
Type de REUT	Irrigation de 700 ha de maïs
Volumes concernés	0,8 Mm3/an dédiés à la valorisation agricole
Objectifs	Se procurer de l'eau moins chère que celle du milieu naturel
Moteur du projet	Groupeement agricole ASA d'irrigation
Commentaires sur les résultats	
Type de traitement	Satisfaisant ; la lagune complète le traitement de la station d'épuration
Efficience du système	Bonne pratique des particularités de l'effluent et des modes d'irrigation associés
Impact sur les irrigants	Maintien en place de 60 emplois agricoles
réplicabilité	Délicate compte tenu des spécificités du projet. En effet, le projet de traitement tertiaire est intimement lié au projet de dépollution de la sucrerie dont les irrigants des parcelles de maïs sont coopérateurs. Le foisonnement d'intérêts est donc spécifique sur ce projet.
Financement de la station d'épuration	30 M € par la Communauté de Clermont-Ferrand + subventions
Financement du périmètre irrigué	5,3 M euros (1800 euros / ha) dont <ul style="list-style-type: none"> subvention de 65,4% (Financement européen LIFE, Etat – Minagri-, Département 63, Agence de l'eau) redevance eau payée par les agriculteurs entre 0,2 et 0,3 €/m3 (charges annuelles de fonctionnement du réseau et les prêts de l'ASA sur les investissements)

LAGUNAGE DE OUAGADOUGOU - MARAICHAGE PERI-URBAIN	
Caractéristiques du projet	
Type de traitement	Lagunage complet yc finition. Mise en service en 2005
Type de REUT	Irrigation contrôlée de 11 ha de cultures péri urbaines
Volumes concernés	0,8 Mm3/an dédiés à la valorisation agricole
Objectifs	Résorber la pratique antérieure à la création de la station d'épuration de l'utilisation d'eaux usées brutes pour l'irrigation
Moteur du projet	L'ONEA, Office National de l'Eau et de l'Assainissement
Commentaires sur les résultats	
Type de traitement	Satisfaisant ; le niveau d'abattement correspond aux objectifs
Efficience globale du système	Le contrôle des usages de l'eau n'est pas correctement réalisé et presque 500 autres agriculteurs utilisent les volumes issus de la Station d'épuration pour développer des produits de maraîchage interdits réglementairement
Impact sur les irrigants	L'aide technique aux usagers demande à être améliorée
réplicabilité	Difficile compte tenu des spécificités du projet
Financement de la station d'épuration	L'investissement de la Station d'épuration (9,85 M€) réalisé avec subvention AFD (71,1%), prêt Banque Mondiale (8,1%) et apport direct de l'ONEA (8,6%)
Financement du périmètre irrigué	A la charge de l'ONEA ; l'eau de la station n'est pas facturée aux maraîchers

5. L'environnement du projet

5.1 ASPECTS ECONOMIQUES ET FINANCIERS

La REUT, en tant que mise à disposition d'une ressource en eau, n'échappe pas à la complexité propre aux questions classiques de types économique et financier. Par ailleurs la REUT quand elle se décline comme un projet à concevoir, à financer et à rentabiliser, doit également répondre aux objectifs des études de rentabilité économique.

Afin d'appréhender les enjeux économiques et financiers d'un projet de REUT, il convient de répondre aux interrogations suivantes:

- Qui paie l'investissement après avoir clairement définis les ouvrages qui relèvent de la REUT
- Qui paie l'exploitation de ces ouvrages ?
- Existe-t-il une clé harmonieuse d'engagement entre les participations éventuelles au plan de financement :
 - de l'Etat au titre de la gestion rationnelle et équitable de la ressource,
 - du pollueur au titre du principe pollueur – payeur,
 - et du « réutilisateur », au titre de ressource mise à sa disposition ?
- Comment valoriser l'eau dans une logique de recyclage ?

Il n'y a pas de réponse automatique à chacune de ces questions, qui sont influencées par les contextes sociopolitiques, les habitudes culturelles et les réalités économiques qui peuvent intervenir dans les arbitrages qui seront menés entre les acteurs.

Quelque soit le dispositif retenu et le consensus obtenu, l'essentiel est que le montage financier garantisse à la fois la couverture des coûts d'investissement et la pérennité financière de l'exploitation.

Les indicateurs financiers et économiques proposés dans le présent document au chapitre 9 seront utilement mis à profit pour évaluer les choix envisagés dans le cadre d'un projet.

5.2 LES MONTAGES OPERATIONNELS

Au delà des questions techniques (et particulièrement de la question sanitaire), la diversité et la multiplicité des acteurs constituent une difficulté réelle dans le montage des projets de REUT. Il faut de fait, coordonner des programmations et des actions liées au moins à deux univers : celui de la ville qui produit et épure les eaux usées, et celui de la campagne ou du secteur bénéficiaire de la valorisation. Deux autres acteurs ont à intervenir, celui en charge de la Mobilisation de la Ressource en eau et celui de la Santé.

Une fois énoncées ces contraintes institutionnelles, on en revient à la motivation et donc à la volonté politique. Quand un état est dans une logique de gestion intégrée des ressources en eau (GIRE), il a la capacité de trouver les montages opérationnels pour surmonter les relations entre secteurs. Ainsi au Moyen Orient (Jordanie et Israël) la question du stress hydrique est suffisamment grave pour que la puissance publique prenne acte des enjeux liés à la mobilisation de l'eau et légifère pour permettre l'émergence de projets.

Il suffit dès lors de contractualiser la relation entre gestionnaire de station d'épuration et réutilisateur des EUT. Quant aux normes à appliquer en matière de niveau de dépollution, elles font l'objet d'un corpus réglementaire suffisamment détaillé pour fixer les obligations technologiques et les protocoles de suivis (sanitaire entre autres).

Le cas de la France à Clermont Ferrand, a contrario n'est pas forcément édifiant. En effet, c'est la volonté particulière d'un groupement d'intérêt assez motivé, qui vient à bout (avec difficulté et opportunisme au bon sens du terme) des difficultés administratives, l'Etat, quant à lui, étant dans une logique de prudence.

Au Burkina, c'est le vide institutionnel qui conduit l'opérateur de l'assainissement à prendre à sa charge la gestion des agriculteurs. Mais ce dispositif présente une fragilité réelle car le projet d'irrigation n'entre pas dans son domaine de responsabilité.

6. Problématiques clés

En résumé les problématiques clés de la REUT peuvent se décliner comme suit :

- La volonté politique d'assumer les spécificités de ce secteur ; dès lors que la REUT est assimilée à une ressource en eau comme une autre, dans une logique de gestion intégrée des ressources en eau (GIRE), les dispositions réglementaires et normatives peuvent se mettre en place.
- La capacité à garantir la santé des usagers et à rendre acceptable le recyclage des eaux usées traitées ; pour cela la connaissance scientifique des effets directs et indirects des traitements est indispensable, et l'importance des suivis épidémiologiques est évidente ; ainsi que la capacité à les mettre en œuvre de manière effective.
- L'aptitude à choisir parmi les technologies de traitement tertiaire, celles qui sont les mieux adaptées en fonction des usages prévus (cf. chapitre 7.7 et annexe 3).
- Les montages financiers, qui sont décisifs et s'inscrivent dans les réflexions habituelles du « qui paie quoi » et font généralement appel à des mécanismes de subvention plus ou moins ciblés. Là encore la primauté de la volonté politique sur toutes les autres considérations replace la REUT dans une logique d'encadrement et refuse l'improvisation. Le partenariat public privé, n'est pas incompatible.
- La poursuite des recherches opérationnelles sur toute la chaîne qui mène des eaux usées brutes à leur recyclage (membranes, recherches épidémiologiques,...).

7. Spécificité sanitaire de la REUT

7.1 RISQUE SANITAIRE ET REUT

Le lien entre eaux usées et risque sanitaire est essentiel ; il porte sur les contaminations que peuvent engendrer soit le contact direct avec des eaux usées, soit l'ingestion de produits alimentaires ayant été en contact avec des EU ; ces risques de contamination sont d'ordre bactériologique ou chimique.

Depuis une cinquantaine d'années la réflexion s'est développée dans plusieurs domaines en vue de caractériser ce risque et de le maîtriser. Cela concerne :

- l'analyse scientifique et médicale de base et vise à identifier précisément la corrélation entre maladies hydriques et EU par contact ou par ingestion,
- l'analyse agronomique et en particulier le passage des EU à travers le système racinaire ou les feuilles des plantes afin de voir s'il peut occasionner un transit de pathogènes jusqu'aux fruits,
- la réponse technologique et socio culturelle afin d'identifier quel niveau d'épuration des EU ou quelles précautions peuvent diminuer ou supprimer le risque de contamination,
- les dispositifs réglementaires afin d'identifier, sur la base des considérations ci-dessus, quels interdits ou quelles recommandations permettent néanmoins de surmonter les risques.

Le principal organisme à l'échelle mondiale ayant synthétisé l'ensemble de ces considérations est l'OMS, qui a d'ailleurs évolué au cours des récentes décennies dans ses analyses et dans ses modes de recommandations ; des institutions nationales dont la France ont également apporté leur contribution à cette réflexion. On expose ci après de manière critique le contenu des préconisations OMS ainsi qu'un éclairage sur les dispositions françaises. D'autre part, en termes de recommandation pour l'action on indique en préalable aux conclusions du rapport, comment la question sanitaire doit être prise en compte dans l'analyse des projets de REUT.

7.2 LES DONNEES OMS ANTERIEURES

7.2.1 Le rapport technique 517 de 1973

Les premières réunions d'experts de l'O.M.S. consacrées à la réutilisation des effluents se sont tenues en 1971. Elles ont abouti à la publication d'un premier rapport technique en 1973³.

Ce rapport comporte déjà des considérations sur le caractère maîtrisé ou non maîtrisé de la réutilisation des eaux usées, les effets possibles de la REU sur la santé, les technologies de traitement des eaux usées, le contrôle de la qualité de l'eau régénérée, les normes de qualité d'eau, les responsabilités des organismes de contrôle et de gestion.

³ OMS, Série de rapport techniques, n°517, 1973, « La réutilisation des effluents : méthodes de traitement des eaux usées et mesures de protection sanitaires.

Le chapitre relatif aux procédés de traitement présente les traitements préconisés par le groupe d'expert pour atteindre un niveau de qualité d'effluent traité adapté aux différentes situations. Les procédés suivants sont considérés, seuls ou combinés : traitement primaire, secondaire, filtration sur sable ou équivalent, nitrification/dénitrification, décantation physico-chimique, adsorption sur charbon actif, déminéralisation sur résine ou équivalent, désinfection (les techniques de lagunage ne sont pas prises en compte).

Cependant, un chapitre sur les normes de qualité de l'eau compare les normes alors en vigueur dans différents états (Californie, Israël, Afrique du Sud, Allemagne), mettant ainsi en relief l'ampleur de la variabilité des exigences de ces derniers.

Ces considérations conduisent le groupe d'experts à recommander que, pour aider les gouvernements à établir des normes nationales, des organisations internationales comme l'OMS et la FAO mettent au point des spécifications relatives à la REU non pas seulement pour des questions d'épuration mais aussi des pratiques particulières comme la préparation des aliments et l'arrosage des cultures (recommandation n°2).

7.2.2 Le rapport d'Engelberg et le rapport technique 778 de 1989

En Juillet 1985, des spécialistes de l'environnement et des épidémiologistes se sont réunis à Engelberg (Suisse) pour réexaminer les aspects sanitaires de l'utilisation des eaux usées et des excréta en agriculture et aquaculture. Il est ressorti de cette réunion que les directives existantes étaient insuffisantes, en ceci que : d'une part certaines étaient exagérément contraignantes et d'autre part elles ne tenaient pas compte de la diversité des agents pathogènes véhiculés par les eaux usées, de sorte que la santé publique était mal protégée, en particulier contre les helminthiases.

En juin 1987, une réunion d'experts OMS a unanimement reconnu le bien fondé des recommandations d'Engelberg et a décidé qu'elles devraient servir de base à l'élaboration de nouvelles directives, objet du rapport technique 778 de 1989⁴.

Après nouvel examen des aspects sanitaires et épidémiologiques de la réutilisation des eaux usées, la synthèse des travaux du groupe d'experts de 1987 s'est notamment exprimée sous la forme de directives provisoires concernant la qualité microbiologique des eaux usées dans l'agriculture. Trois qualités d'effluents A, B, C sont mises en relation avec les usages qu'ils permettent et les procédés susceptibles d'assurer la qualité microbiologique voulue.

Les procédés cités font référence en priorité à des séries de bassins de stabilisation de dimensionnement adéquat, non cités dans le rapport de 1973, couplés si nécessaire avec la mise en œuvre de techniques d'irrigation localisée.

Le rapport évoque également les catégories de personnes exposées aux risques potentiels liés à la REU (les ouvriers agricoles et leurs familles, les personnes manipulant les récoltes, les consommateurs des produits et les personnes vivant à proximité des périmètres irrigués) ainsi que différentes combinaisons de mesures permettant d'assurer la protection de la santé publique : traitement plus ou moins complet des eaux usées, restriction des cultures, modalités d'arrosage, limitation de l'exposition des hommes.

Ces dernières considérations seront reprises et amplifiées dans les documents de 2006.

⁴ OMS, Série de rapport techniques, n°778, 1989, « L'utilisation des eaux usées en agriculture et en aquaculture : recommandations à visée sanitaire ».

7.3 LES PRECONISATIONS DE L'OMS 2006 POUR SE PREMUNIR CONTRE LES MALADIES HYDRIQUES DANS LE CADRE DE LA REUT

7.3.1 Les nouveautés apportées par l'OMS en 2006

Les recommandations du rapport 778 de 1989 présentent encore une certaine actualité, dans la mesure où elles ont servi de base à de nombreuses réalisations existantes.

Ces recommandations ont cependant été notablement révisées en 2006⁵. Cette révision a d'abord eu pour objet de mettre à jour les données scientifiques, notamment épidémiologiques. Elle apporte également des compléments visant à mieux répondre aux préoccupations des publics de décideurs et a été réorientée pour refléter la pensée contemporaine relative au management des risques.

Il est intéressant de noter que les recommandations de 2006 de l'OMS abordent non seulement les considérations sanitaires directes mais élargissent la réflexion à d'autres aspects complémentaires (socio culturels, environnementaux, économiques, financiers et politique) avec un lien sanitaire.

On expose donc ci-dessous successivement la doctrine de l'OMS sur les aspects sanitaires de la REUT puis sur les autres aspects listés ci-dessus.

Les recommandations qui sont formulées associent des éléments de constat (les risques liés à la pratique de la REUT), des éléments de justification et de commentaires de ces constats (le pourquoi des risques) et également des procédures et procédés pour s'affranchir de ces risques ou pour les contenir dans des limites "acceptables" (les critères d'acceptabilité renvoyant aux attendus scientifiques).

Les préconisations de l'OMS 2006 consistent à :

- rappeler le concept d'évaluation / management du risque,
- décrire les méthodes d'évaluation de ce risque,
- fixer les moyens pour abattre (pour tout ou partie) les concentrations en germes microbiens et
- énoncer des mesures de protection sanitaire propres aux usages liés à la REUT.

L'ensemble de ces préconisations repose sur un corpus scientifique important qui n'est que mentionné dans les paragraphes qui suivent, les informations chiffrées étant reportées en annexe.

7.3.2 La maîtrise des maladies hydriques - le cadre de Stockholm

Le cadre de Stockholm (qui n'est pas spécifiquement dévolu à la REUT) est une approche intégrée qui combine l'évaluation et le management des risques afin de maîtriser les maladies hydriques. Il fournit un cadre harmonisé pour le développement de recommandations, basé sur des critères de santé et des standards en termes de dangers microbiologiques associés aux problèmes d'assainissement.

Il comprend l'évaluation des risques sanitaires préalable à l'établissement d'objectifs sanitaires et la publication de valeurs –guide. Il définit une approche globale du contrôle et évalue l'impact de ces approches combinées sur la santé publique.

⁵ « Guidelines for the safe use of wastewater, excreta and greywater ; volume 1 : Policy and regulatory aspects; volume 2 : waste water use in agriculture; volume 3: wastewater and excreta use in aquaculture; volume 4: excreta and greywater use in agriculture” WHO 2006

S'agissant de la REUT, il est indiqué que la mise au point de recommandations devrait considérer des niveaux de protection sanitaire comparables à ceux tolérés pour les autres expositions aux risques d'origine hydrique, notamment en ce qui concerne l'eau potable. C'est ce qui conduit l'OMS à préconiser un seuil maximal de 10^{-6} DALY (Disability Adjusted Life Year) par personne et par an comme niveau de risque associé aux microorganismes pathogènes dans la pratique de la REUT (on trouve en annexe 4 la description du concept de DALY et son application à la REUT).

7.3.3 L'évaluation du risque sanitaire

Outre le dénombrement des micro-organismes dans les EUT, l'évaluation des risques repose sur trois autres informations, les enquêtes épidémiologiques, les évaluations quantitatives du risque microbien⁶ et les évaluations du risque lié à la toxicité chimique. Sur ces quatre domaines l'OMS développe de façon détaillée l'état de l'art, incluant des revues bibliographiques très documentées.

- Concernant le **dénombrement des micro-organismes**, le document présente plusieurs tableaux décrivant :
 - La concentration en micro-organismes dans les eaux usées,
 - Des exemples de germes indicateurs de contamination fécale,
 - Les facteurs affectant la survie des pathogènes dans l'environnement,
 - Une sélection de travaux mettant en évidence l'abattement en microorganismes et helminthes d'origine fécale suite à différents traitements,
 - Des exemples de délais d'inactivation des virus sur les cultures.

Ces tableaux sont présents dans l'annexe 4.

- Concernant les **enquêtes épidémiologiques**, le rapport effectue une revue de la bibliographie disponible. Les tableaux de l'annexe 4 exposent les résultats des enquêtes menées dans divers pays à propos :
 - des risques sanitaires associés à la REU pour les consommateurs, les agriculteurs et leur familles, le voisinage,
 - Pour les consommateurs, de la prévalence des infections et risques associés,
 - Pour les ouvriers et la population, avoisinante des infections parasitaires, infections intestinales, séroprévalence virale et bactérienne.
- Concernant les évaluations du risque microbien (QMRA), le rapport souligne les progrès enregistrés dans ce domaine depuis le précédent rapport de 1989. Ces progrès sont notoirement résumés dans les simulations dites de Monte Carlo concernant :
 - Les résultats de simulations du risque infectieux (virus – bactéries - protozoaires) par ingestion de sol ou de végétaux contaminés, selon le modèle plus ou moins intensif de mécanisation agricole,
 - L'estimation de la réduction de concentration de germes pathogènes requise pour différents niveaux de risques prédéfinis, suite à la consommation de laitues et d'oignons irrigués avec des eaux usées.

Ces simulations sont reprises en annexe 4

- Concernant les toxiques chimiques, Le rapport souligne le rôle majeur de l'industrie dans cette contamination, et le fait que l'élimination à la source de cette contamination constitue le premier moyen de protection de la santé publique et de l'environnement.

Peu de cas de toxicité aiguë à effets immédiats sont répertoriés. Des cas limite, en cas d'effluents lourdement contaminés, ont cependant été recensés au Japon (cas de maladie Itai – Itai) et en Chine (hépatomégalie, cancer, malformations congénitales).

⁶ ces évaluations sont basées sur une modélisation des relations dose— effet (QMRA pour Quantitative Microbial Risk Assessment).

Des pratiques de REU déficientes peuvent également avoir des effets indirects, par exemple sur des ressources souterraines vulnérables utilisées pour l'eau potable (nitrates...). L'eutrophisation des ressources superficielles peut conduire à la présence de toxines de cyanobactéries dans l'environnement.

Les métaux lourds, largement répandus et bien documentés du point de vue toxicologique et de leur comportement dans l'environnement (assimilation par les plantes...), sont distingués des toxiques organiques, spécifiques d'un nombre restreint d'industries. Certaines problématiques sont encore émergentes (perturbateurs endocriniens, produits pharmaceutiques...)

On trouvera en annexe 4 un tableau récapitulatif des métaux lourds et de leur dangerosité.

7.3.4 La réduction de la concentration en germes microbiens - objectifs et moyens

Les modalités de réduction de la concentration en germes microbiens sont tributaires du type d'irrigation envisagée, à savoir restrictive ou non. Les chiffres guides constituent des recommandations et non pas des normes absolues et l'OMS insiste sur l'obligation par les états de s'approprier l'ensemble de la problématique pour élaborer leurs propres valeurs.

7.3.4.1 L'irrigation sans restriction de culture

Le risque, dans ce cas de REUT, concerne l'absorption d'aliments consommés crus. Le couplage de l'objectif d'un niveau de risque maximal de 10^{-6} DALY par personne et par an et du résultat des simulations de Monte Carlo précédemment évoquées conduit, selon l'OMS, à une réduction nécessaire du nombre de pathogènes de 6 unités log pour la consommation de légumes feuille et de 7 unités log pour les légumes racine.

S'agissant des œufs d'helminthes, il n'existe pas encore à ce jour de données suffisantes sur les risques infectieux et les DALYS par personne et par jour résultant d'une exposition aux EUT et aux espèces d'helminthes, telles que l'ascaris, qu'elles ont susceptibles de contenir. La valeur maximale de 1 œuf/litre repose cependant sur des études de terrain, notamment au Brésil pour les populations adultes. Des études mexicaines ont également montré que des mesures complémentaires peuvent devoir être prises pour les personnes de moins de 15 ans. Ces mesures complémentaires peuvent consister, soit à retenir le seuil maximal de 0,1 œuf/l, soit à mettre en place des mesures sanitaires collectives complémentaires (traitements antihelminthiques, lavage des légumes en solution désinfectante...).

Pour illustrer ces considérations cinq situations servent de référence :

- situation A : adaptée aux légumes racine. Abattement des pathogènes de 7 log obtenu par la combinaison traitement (4 log) + délai avant récolte + lavage à l'eau propre.
- Situation B : adapté aux légumes feuille. Abattement des pathogènes de 6 log obtenu par la combinaison traitement (3 log) + délai avant récolte + lavage à l'eau propre.
- Situation C : adapté aux cultures hautes et production aérienne, sans ramassage à terre de produits : abattement de 6 log obtenu par la combinaison traitement (2 log) + irrigation goutte à goutte.
- Situation D : adapté aux cultures basses et production aérienne, sans ramassage à terre de produits : abattement de 6 log obtenu par la combinaison traitement (4 log) + irrigation goutte à goutte.
- Situation E : adapté à toutes cultures. Abattement de 7 log obtenu uniquement par traitement

7.3.4.2 L'irrigation avec restriction de culture

Le risque concerne dans ce cas les travailleurs en contact direct avec les EU.

Une méthodologie similaire conduit l'OMS à préconiser un objectif de réduction de 4 log pour une agriculture intensive en travail manuel, et à 3 log pour une irrigation hautement mécanisée.

Pour E. Coli, et compte tenu d'une concentration dans les effluents bruts de 107 à 108 /100ml, ceci conduit à viser in fine respectivement 103-104 et 105 – 106 /100ml.

Pour les œufs d'helminthes, la recommandation est la même que pour l'irrigation non restrictive, car la population prioritairement exposée est identique.

En complément des situations mentionnées pour l'irrigation non restrictive, en restrictif on se réfère aux options suivantes :

- Situation F : agriculture intensive en travail manuel : abattement de 4 log par traitement, 3 log étant assurés par la restriction des cultures.
- Situation G : agriculture hautement mécanisée : abattement de 3 log par traitement, 4 log étant assurés par la restriction des cultures.
- Situation H : Assainissement autonome ou situation similaire : traitement par fosse sceptique (1 log) suivi d'un épandage souterrain (6 log).

7.3.5 Recommandations sur les paramètres de suivi

L'OMS indique qu'il est important que les paramètres assortis d'objectifs chiffrés puissent faire l'objet d'un suivi effectif.

7.3.5.1 Pour le suivi de la qualité des eaux usées traitées

La vérification directe des taux d'abattement précédemment décrits n'est, le plus souvent pas directement envisageable. On s'appuie alors sur le dénombrement d'indicateurs de contamination fécale tels que E. Coli, dans l'effluent traité :

Valeurs -seuils de vérification de la concentration en E. Coli en fonction des niveaux de traitement requis

Type d'irrigation	Option	Réduction des pathogènes par traitement Unité log	Valeur-seuil E. Coli /100ml	Notes
Sans restriction	A	4	<= 103	Légumes racine
	B	3	<= 104	Légumes feuille
	C	2	<= 105	Goutte à goutte cultures hautes
	D	4	<= 103	Goutte à goutte cultures basses
	E	6 – 7	<= 1 à 10	Traitement
Avec restriction	F	4	<= 104	Agriculture manuelle
	G	3	<= 105	Agriculture mécanisée
	H	0,5	<= 106	Fosse sceptique

Pour les situations de traitement poussé, la performance obtenue peut également être vérifiée par le suivi d'une sélection de paramètres pertinents (ex pour un traitement complet avec filtration et désinfection tertiaire : DBO5 \leq 10 mg/l ; turbidité $<$ 2 NTU ; chlore résiduel \geq 1 mg/l, coliformes fécaux non détectables dans 100 ml (Californie, 2001)).

7.3.5.2 Pour le suivi des autres paramètres (délais, type d'irrigation, lavage)

Un suivi est également à mettre en place. Pour certains d'entre eux un contrôle visuel est suffisant (type de culture...) d'autres nécessitent la mise en place d'une traçabilité (lavage des produits...).

Ces indications sont complétées par deux tableaux présentant la réduction des pathogènes atteignable par diverses mesures de protection :

Pathogènes (bactéries, virus, protozoaires)

Mesure	Réduction des pathogènes Unité log	Notes
Traitement des EU	1 – 6	A ajuster en fonction de la combinaison des autres mesures de protection sanitaire.
Irrigation localisée (goutte à goutte)	2	Légumes racine et légumes feuille en contact partiel avec le sol (laitues...).
	4	Légumes tels que la tomate, tels que les parties récoltées ne sont pas en contact avec le sol.
Aspersion avec maîtrise de la dérive des aérosols	1	Micro-sprinklers, sprinklers à secteur dirigés vers l'intérieur des parcelles ou pilotés par anémomètres...
Aspersion avec zone tampon	1	La largeur de la zone tampon doit être de 50 à 100 m.
Décroissance spontanée du nombre de pathogènes	0,5 à 2 /j	Décroissance du nombre de pathogènes observée à la surface des cultures entre la dernière irrigation et la consommation. L'efficacité dépend du climat (température, ensoleillement, humidité), de la durée, du type de culture etc...
Lavage à l'eau	1	Lavage des salades, fruits et légumes à l'eau propre.
Lavage avec une solution désinfectante	2	Lavage des salades, fruits et légumes avec une solution désinfectante faiblement dosée, et rinçage à l'eau propre.
Pelage	2	Pelage des fruits, légumes racine
Cuisson	6 -	L'immersion des produits dans une eau bouillante ou proche de l'ébullition, jusqu'à cuisson, assure la destruction des pathogènes.

Œufs d'helminthes

Mesure	Concentration initiale nb/l	Réduction requise Unité log	Valeur seuil nb/l	Notes
Traitement	1000	3	≤ 1	Traitement à dimensionner en fonction de la concentration dans l'effluent brut
	100	2	≤ 1	
	10	1	≤ 1	
	≤ 1	0	Sans objet	
Traitement + lavage des produits	1000	2	≤ 1	Traitement + lavage (solution désinfectante + eau claire)
	100	1	≤ 1	

	10	0	Sans objet	Le lavage suffit
	<=1	0	Sans objet	

7.3.6 Mesures de protection sanitaire en complément de l'épuration des EU

L'OMS rappelle que l'épuration plus ou moins poussée des effluents avant REUT n'est pas la seule action pour contenir le risque sanitaire. Une liste de mesures de protection est préconisée en addition de l'action d'épuration ; ces mesures sont variées :

a) Restriction des cultures

Le rapport énumère en particulier les conditions de succès de ce type de mesures, conditions notamment politiques et organisationnelles (respect des lois, autorité légale du contrôle des effluents). Il convient également qu'il y ait un marché pour la liste de cultures restreinte envisagée et que la pression du marché en faveur des cultures interdites ne soit pas trop importante.

b) Techniques d'irrigation et délai entre irrigation et récolte

L'OMS présente sommairement les critères de choix entre les différentes techniques d'irrigation disponibles (submersion, billons, aspersion, localisée, souterraine) et indique les risques supplémentaires liés à l'aspersion et aux aérosols qu'elle engendre.

Concernant la prise en compte d'un délai entre irrigation et récolte, les performances du procédé sont fiables et font partie de la combinaison des mesures recommandées.

Cependant, si un abattement moyen de l'ordre 1 log/j peut être enregistré pour les pathogènes, les œufs d'helminthes peuvent rester viables à la surface des cultures pendant 2 mois, même si la concentration résiduelle est faible au bout de 30 jours.

c) Précautions dans le préparation des repas

Les performances de ce procédé sont difficiles à contrôler.

d) Contrôle de l'exposition humaine pour les agriculteurs

La prévention consiste, outre la sélection des modes d'irrigation déjà évoquée, à adopter les mesures suivantes : port de chaussures et/ou de gants (schistosomiase), facilité d'accès à l'eau potable et aux commodités d'hygiène.

e) Contrôle de l'exposition humaine pour les consommateurs,

On notera l'utilité de la mise à disposition d'eau potable sur les marchés pour laver et rafraîchir les produits, ces derniers étant fréquemment re-contaminés lors de la commercialisation. Les mesures à prendre lors de la préparation des repas ont déjà été évoquées. L'inspection des viandes provenant d'animaux ayant pâture sur des champs d'épandage (ténias...) relève également de la protection des consommateurs.

f) Variations nationales autour du standard de 10^{-6} DALY/personne/an

En fonction des conditions économiques locales et en cas d'incidence élevée des maladies d'origine hydrique, des mesures d'hygiène publique peuvent présenter un rapport coût/efficacité supérieur à un traitement des effluents. L'adoption d'un objectif initial provisoire de 10^{-5} ou 10^{-4} DALY/personne/jour peut alors s'avérer pertinent.

D'une façon générale pour toutes les populations l'opportunité de la mise en place de mesures prophylactiques (vaccinations, administration d'antihelminthiques) est également à considérer.

7.3.7 Aspects politiques de la REUT

La pratique du management des risques est facilitée par une analyse du cycle de production complet, depuis la production des eaux usées jusqu'à la consommation des produits. Ceci permet d'établir des politiques de santé publique optimisées, y compris économiquement, en choisissant d'intervenir aux points les plus pertinents du cycle de production. Ces points peuvent être les suivants : traitement des eaux usées et excréta, restriction des cultures autorisées, modalités d'irrigation, maîtrise de l'exposition par mise à disposition d'équipements de protection et adoption de mesures d'hygiène, conditionnement des produits alimentaires par des techniques telles que le lavage, la désinfection et la cuisson, maîtrise des vecteurs de maladie, traitement préventif chimiothérapique ou vaccinal des populations.

■ Formulation des politiques par une méthode « pas à pas »

Afin d'assurer une coordination harmonieuse entre les différents acteurs concernés par la REUT (ministres, agences publiques, responsables et administrations locales), la mise en œuvre du concept de collaboration intersectorielle dans le domaine de la santé s'est imposé depuis la déclaration conjointe OMS/UNICEF d'Alma Ata en 1978. Il reconnaît notamment le fait que la santé des populations ne dépend pas uniquement des actions du secteur sanitaire, mais également de prises de décisions dans d'autres secteurs tels que l'environnement et l'action sociale. Cette démarche s'applique tout à fait au domaine de la REUT.

7.3.8 Réutilisation industrielle

Les recommandations de l'OMS ne ciblent pas particulièrement la réutilisation industrielle. On comprend aisément, compte tenu du champs des possibilités dans ce domaine (circuit de refroidissement, eau de lavage, eau de process,...) qu'il est difficile de dresser une liste de recommandations. Pour autant, les deux aspects que sont :

- la comptabilité de la qualité de l'eau avec son devenir (qualité physico-chimique et bactériologique),
- les précautions sanitaires vis-à-vis des personnes potentiellement exposées,

restent pertinents mais sont à analyser au regard de l'utilisation de l'eau traitée envisagée.

7.4 LES TEXTES FRANÇAIS

Un nouveau texte encadrant les projets des réutilisation a été élaboré en 2010. Il s'agit de l'« Arrêté du 2 août 2010 relatif à l'utilisation d'eaux issues du traitement d'épuration des eaux résiduaires urbaines pour l'irrigation de cultures ou d'espaces verts ». [Le document figure en annexe.](#)

Cet arrêté vient parachever le travail administratif qui est mené depuis quelques années en France à propos de la REUT. Ce texte est relatif à la valorisation principale concernant les EU, puisqu'il est dédié à l'irrigation et qu'il concerne à la fois les cultures et les espaces verts.

On distingue deux catégories principales d'informations et de dispositions dans ce document :

- les étapes concernant l'instruction d'une demande pour l'agrément d'un projet de REUT
- Des valeurs réglementaires sur (i) le niveau de qualité sanitaire des EUT, (ii) les contraintes sur le type de zones à irriguer et (iii) les distances à respecter entre zone de valorisation et espaces à protéger.

L'ensemble de ces dispositions confirme l'avis donné par l'AFSSA à la suite des propositions du Conseil Supérieur d'Hygiène et de Santé Publique. Ainsi la distinction entre quatre classes de culture est confirmée avec la particularité, distincte des préconisations OMS, d'associer type de culture, modes d'irrigation et fréquentation.

On reprend ci-dessous cette classification de A à D, en notant que la catégorie A est équivalente à la notion de non restrictif de l'OMS.

A : cultures maraîchères consommées crues – arbres fruitiers et pâturages irrigués par aspersion – espace ouvert au public

B : cultures maraîchères consommées après cuisson – céréales et fourrages – cultures florales, arbustes et pépinières avec aspersion

C : cultures céréalières fourragères – cultures florales pépinières et arboriculture fruitière sans aspersion

D forêt d'exploitation avec accès contrôlé du public.

Certes l'arrêté fixe les conditions pratiques de la REUT mais la rédaction du document est plutôt orientée dans le sens de l'interdiction même si dans son article 4 la notion de pilote expérimental est retenue, autorisant le préfet dans un cadre strict de suivi par l'Agence Nationale de Sécurité Sanitaire, à permettre l'irrigation avec des EUT par aspersion. L'esprit du texte est très explicitement à la rigueur ⁷.

Des références très précises (suivi E ; Coli, boues, etc. ...) sont édictées sur la surveillance des eaux de sortie de station d'épuration et le gestionnaire de la station est clairement désigné pour assurer ce suivi et pour en envoyer l'information au préfet. C'est également l'exploitant de la station d'épuration qui est en charge de diffuser les résultats auprès des utilisateurs aval ⁸.

Par contre sur le suivi de sols la responsabilité incombe à l'exploitant agricole qui est soumis à une obligation stricte de traçabilité.

L'exigence sur la qualité des eaux est plus grande que celle proposée par le CSHSP auparavant ; les valeurs recommandées par l'AFSSA sont confirmées pour les MES, la DCO et E. Coli.

Sur les contraintes d'usages, l'annexe II affine en quelque sorte la classification en quatre catégories puisqu'elle détaille, ce qui n'existait pas auparavant, les modes d'irrigation pour la série de onze classes de cultures répertoriées ; on note que les golfs sont expressément nommés dans cette liste.

Par « nature d'activités à protéger » le législateur a étendu le champ des situations : la conchyliculture, la baignade et l'abreuvement du bétail figurent dans la liste.

S'agissant des dispositions pratiques, la nouveauté du texte réside dans la grande précision sur le montage du dossier qui doit décrire :

- Le contexte de l'irrigation dans la zone,
- La station d'épuration dans tous ses paramètres de process et de performances (filiales eau et boues),
- Le milieu récepteur,
- Les conditions climatiques,
- Le cadre administratif, pédologique, agronomique, hydro agricole des parcelles à irriguer,
- Les protocoles d'information aux publics concernés,
- Les conditions exactes de suivi (qui en fait doivent scrupuleusement reprendre les dispositions du texte de l'arrêté).

⁷ il n'est pas sûr qu'un tel document autorise les pratiques actuelles dans les pays visités, soit à cause des niveaux de rejet, soit à cause des obligations d'information faites aux usagers et au gestionnaire de station d'épuration.

⁸ on note que dans le cas de la REUT au sortir de la station d'épuration de Clermont Ferrand cette disposition est plus contraignante que ce qui était initialement prévu au démarrage du projet.

En conclusion, il est apparu que ce texte d'arrêté a pris en compte les retours d'expérience des dernières années et a renforcé les principes de précaution. Sur le plan opérationnel, il fixe un cadre d'application plus précis que les textes OMS. Dans ses attendus, il rappelle que l'appui des agences spécialisées est déterminant pour la bonne mise en œuvre de la REUT et d'autre part il fait référence explicitement au code de la Santé, au code de l'Environnement et au code des Collectivités Territoriales, rappelant de la sorte le côté interdisciplinaire de la REUT.

7.5 CONCLUSIONS DU GISPE SUR LES RECOMMANDATIONS DE L'OMS

Dans le cadre des expertises menées dans le présent dossier, des membres du GISPE (Groupe d'Intervention en Santé Publique et en Epidémiologie) ont effectué une lecture avertie des préconisations de l'OMS. Un texte complet issu de cette réflexion est présenté en annexe 4 du dossier. On liste ci après les principales conclusions de l'expertise :

Une lecture strictement médicale permet de voir dans le document OMS une préoccupation épidémiologique intéressante mais difficile à traduire en textes opérationnels. Il faut garder en mémoire que cette approche récente ne contredit pas les préconisations antérieures mais en quelque sorte les complète.

Les recommandations de l'OMS, bien que fondées sur de nombreuses sources techniques et scientifiques ainsi que sur retour d'expérience de l'application du texte de 2006 reste peu fonctionnelles, en particulier en ce qui concerne les meilleures méthodes de traitement des eaux et les indicateurs pour vérifier l'impact des ces traitements.

Ce guide comporte de nombreux raisonnements théoriques avec des modèles basés sur des données de terrain rares et limitées qui ne sont pas d'un grand secours pour des opérateurs.

Les auteurs en ont conscience puisque ils reconnaissent que l'utilisation des eaux usées non traitées pour les cultures se fait très souvent dans le monde, en particulier dans les pays à ressources limitées et que cela ne semble ne pas poser de problèmes sanitaires majeurs.

On peut retenir que ce document préconise que les eaux usées ne peuvent être utilisées pour l'irrigation que si leur traitement a assuré la réduction de 6 ou 7 log par rapport au nombre de pathogènes présents dans les eaux non traitées. Cette donnée est largement théorique et obtenue à partir des calculs proposés dans le guide. Mais cela peut être revu s'il s'agit d'une culture non alimentaire ou de la culture d'un aliment qui se consomme cuit, dans ce cas le problème est la protection des travailleurs et une éventuelle pollution chimique.

Il convient de noter que la recherche des coliformes thermorésistants ne peut suffire à analyser une eau à consommer ; il n'y a pas concordance entre le nombre de ces E-Coli et le nombre d'œufs ou kystes de parasites. Aussi, l'utilisation du nombre de E Coli résistants pour 100 ml comme critère de non souillure fécale est de plus en plus contestée pour l'analyse de la potabilité de l'eau. D'autres critères sont mieux adaptés comme la turbidimétrie dans le cas des cryptocoques en particulier.

Il apparaît que le document OMS cible prioritairement le volet microbiologie et consacre une part faible de ses recommandations au volet chimique. Pourtant dans le cadre de l'utilisation des eaux usées en agriculture le risque chimique peut se révéler important car les traitements ne ciblent pas toujours ces composants et parce que tout toxique peut entrer dans la chaîne alimentaire et avoir des effets péjoratifs avec des aliments cuits ou des aliments (œufs, laitages, viande) venant d'animaux consommant les cultures arrosés par ces eaux (ruminants).

Par ailleurs un souci se fait jour actuellement c'est celui de bien évaluer les méthodes de décontamination en tenant compte des effets pervers éventuels de toxicité des effluents ou des produits utilisés pour le traitement. Cette préoccupation est particulièrement importante dans les pays à ressources limitées où dans certaines régions il vaut mieux avoir de l'eau avec des critères d'utilisation limités que pas d'eau du tout.

Enfin, on notera que les responsables français ont renoncé à utiliser les DALY pour les questions d'eaux car ces DALY dépendent très fortement des agents pathogènes concernées et des populations à risque selon leur mode alimentaire ou d'achat et préparation des aliments. Pour les experts français conviendrait de calculer des DALY pour chaque agent pathogène.

Pour une réutilisation des eaux usées (quelque soit le traitement de ces eaux) il convient :

- d'évaluer les risques en fonction de la qualité des effluents,
- de suivre la qualité physico chimique et microbiologique de ces effluents,
- de suivre dans la population la fréquence des diarrhées,
- de traiter ces eaux pour approcher de la réduction de la pollution bactériologique de 6 log si cela est possible sans créer d'autres problèmes sur la population (toxique)
- de favoriser l'utilisation de ces eaux selon les types de culture (non alimentaires, d'aliments à cuire) et les moyens d'arrosage favorables à un moindre risque (goutte à goutte)
- d'accompagner ces projets par des actions d'éducation sanitaire en direction
 - des travailleurs pour réduire les risques lors de leur activité professionnelle (médecine du travail lorsqu'elle existe, campagnes radio,...) ;
 - de la population pour favoriser une meilleure hygiène alimentaire (le lavage vigoureux, la désinfection au chlore, le pelage des fruits et légumes réduisent chacun le niveau de pollution de 1 ou 2 log).

Pm : réduction d'une unité log = division par dix, de 2 unités log = division par 100, ect...

7.6 L'INCIDENCE DES ENJEUX SANITAIRES DE LA REUT

Le document OMS doit être pris comme un outil pour orienter la réflexion et aider les décideurs politiques dans leurs orientations et interventions dans ce domaine.

Il ressort de l'examen des textes OMS et français que la mise en œuvre de projets de REUT doit s'accomplir dans un cadre réglementaire national cohérent et complet. S'assurer qu'un tel cadre existe revient à vérifier que les textes juridiques de base sont bien accompagnés des annexes opérationnelles.

La validation, par une expertise technique spécifique le contenu et de la pertinence de ces textes peut être envisagée d'une autre approche qui ne relève pas des prérogatives d'un bailleur de fonds. Il est cependant plus important d'analyser si un corpus de lois et règlements est véritablement passé dans les usages, sans les dérogations et les laisser aller qui perturbent souvent la rigueur voulue par le législateur (cf. les "chantages" au licenciement avancés par certains industriels pour se dérober à leurs obligations de dépollution, cf. également l'absence de moyens de certains pays pour assurer suivis et réactions aux résultats de ces suivis).

Une autre observation de procédures est à prendre en compte : la question du suivi et plus précisément du suivi épidémiologique des populations concernées directement ou indirectement par la REUT. Dans une phase expérimentale et dédiée à un projet précis, on constate que les politiques sanitaires mettent en œuvre des protocoles plus ou moins contraignants de suivi épidémiologique.

C'est notamment ce que la DDASS du Puy de Dôme a réalisé durant trois années aux abords du site de valorisation de la Limagne noire (voir l'exposé des expériences de retour de terrain).

C'est ce que la Tunisie et la Jordanie ont également développé ponctuellement sur certains de leurs sites de REUT.

Dotés ainsi d'observations de terrain et de corrélations éventuelles entre prévalences de maladies et méthodes d'irrigation ou concentrations des EUT, les gouvernements ont pu établir des normes, rédiger des textes et imposer des règlements.

Savoir si ces suivis épidémiologiques doivent perdurer et s'ils sont en quelque sorte une condition sine qua non de mise en œuvre de projets de REUT mérite débat : en termes réglementaires, visant à la précaution et à l'encadrement du risque, il est plus judicieux de définir les contraintes amont (niveaux d'épuration et pratiques d'usage de l'EUT) et d'en faire un suivi strict, que d'observer les conséquences aval (pathologies particulières de populations concernées). Si l'on considère l'ensemble des pratiques agricoles d'irrigation, on constate que celles-ci ont lieu sans suivi sanitaire particulier des eaux prélevées dans le milieu. Il semble ainsi que dès lors que le lien n'est pas établi entre épuration et irrigation, du fait de la présence d'un milieu récepteur intermédiaire (rivière, nappe), les seuls suivis qui s'imposent sont ceux des performances épuratoires du traitement. Les études épidémiologiques peuvent ainsi s'orienter, de façon plus large, sur le l'impact des micropolluants sur la santé humaine, sans forcément focaliser sur les projets de REUT.

Enfin, s'agissant des DALY le concept s'adresse surtout à des structures étatiques disposant de statistiques médicales élaborées et pouvant les utiliser pour comparer des situations avant et après usage des EUT.

7.7 LES TRAITEMENTS DE DESINFECTION

7.7.1 Variété des situations concernant l'épuration

Ce sont les contraintes d'utilisation et le contexte de leur valorisation qui permettent de définir les techniques de traitement des eaux usées. Ce point de vue strictement technique est en général repris par les textes réglementaires qui donnent des précisions en matière de concentrations à atteindre et respecter tant sur le plan physico chimique que bactériologique. C'est précisément dans les pays où le corpus de textes législatifs restitue fidèlement les obligations techniques que l'on peut parler de maturité avancée en matière de REUT.

Les solutions techniques pour le traitement des EU sont donc étroitement couplées avec les objectifs de valorisation et la destination des effluents. A noter que la REUT vis-à-vis de l'épuration n'est qu'un cas particulier de la question plus générale en assainissement des objectifs de qualité liés au milieu aval.

7.7.2 L'état de l'art en matière de désinfection

Que ce soit pour compléter un dispositif d'épuration déjà existant ou pour créer ex nihilo une station d'épuration, la REUT est dans la majorité des cas confrontée à la question du traitement de désinfection. On précise en annexe des données techniques relatives à ces traitements. On dénombre actuellement six familles de technologies qui permettent d'effectuer ce traitement de finition.

1. le lagunage tertiaire : le procédé est efficace et on atteint de très bons rendements pour autant que le temps de séjour est bien calculé eu égard aux conditions climatiques ; son avantage réside dans le faible coût de sa mise en œuvre quand le foncier est disponible et dans sa grande flexibilité hydraulique (il constitue ipso facto un système efficace de stockage).
2. la chloration : ce procédé est controversé (formation potentielle d'organochlorés, destruction de la flore présente dans les eaux de lagunage ou du milieu récepteur...) et la maintenance de ce type d'installation est réputée difficile du fait de la dangerosité de certains produits mis en jeu. Certes il est peu coûteux.
3. l'ozonation : le procédé est efficace mais il nécessite un effluent avec une bonne élimination de MES, ce qui n'est pas compatible, par exemple, directement en aval du traitement par lagunage du fait des teneur en Matières En Suspension résiduelles. Par ailleurs son coût est élevé.

4. les rayonnements Ultra Violet : la méthode nécessite une bonne filtration préalable et une bonne régulation du débit mais elle est à ce jour bien maîtrisée, simple et efficace. Ce traitement ne sera pas approprié en aval direct d'un lagunage du fait des teneur en Matières En Suspension résiduelles. Il est peu coûteux.
5. l'infiltration percolation : si la granulométrie du massif filtrant est correcte, si la vitesse d'infiltration et la qualité de l'effluent sont maîtrisées, alors le procédé donne satisfaction ; mais son caractère rustique est trompeur et oblige néanmoins à une grande rigueur d'exploitation afin d'éviter les cheminements préférentiels d'eau, assurer le décolmatage des filtres. Le procédé est intéressant car il permet en même temps d'assurer un stockage inter saisonnier.
6. le traitement membranaire : cette technique récente semble prometteuse par son peu d'encombrement associé à de bonnes performances. Mais les coûts de maintenance et de renouvellement des membranes associées à la grande quantité d'énergie à consommer rendent ce procédé encore très peu approprié dans de nombreux pays qui ne disposent pas des ressources financières nécessaires.

7.7.3 Quelques exemples de traitement de désinfection issus des visites de sites menées en phase 2

- En Tunisie, sur la station de Korba, lagunage et infiltration / percolation complètent des dispositifs à boues activées.
- En Jordanie, en aval de la station d'Amman, la chloration est en service, mais l'opérateur a l'obligation de passer aux UV si le suivi de la qualité des EUT met en évidence un risque avec le développement de chloramines en sortie de station,
- En France, en aval de la station de Clermont Ferrand, une lagunage de finition vient en séquence après une station boues activées,
- En Israël, en aval de la station de Tel Aviv, un procédé d'infiltration percolation est placé en aval de la station boues activées. Il s'accompagne d'un contrôle strict pour le conditionnement aval des produits de maraîchage issus de l'irrigation avec les EUT,
- En Italie, en aval de la station de San Rocco, un traitement aux UV est installé après la station boues activées,
- Au Burkina Faso, les lagunes de maturation sont implantées à la suite des deux étages de lagunes anaérobies puis facultatives de Ougadougou.

8. Retour d'expérience des visites de terrain

L'élaboration du présent document résulte des enseignements issus de visites de sites où des projets de REUT ont acquis déjà un certain degré de maturité. On rassemble ci après la nature de ces enseignements. Le lecteur se reportera en annexe pour une connaissance détaillée des caractéristiques propres à chacun des huit sites visités.

8.1 ENSEIGNEMENTS TIRES DU SITE DE LA STATION DE NABEUL - TUNISIE

8.1.1 Dispositif du projet et objectifs

La station expérimentale de recharge de nappe par les eaux usées traitées en provenance de la station d'épuration boues activées de l'oued Souhil, à 2,5 km au nord-ouest de Nabeul a été conçue comme une station pilote et avait pour objectifs lors de sa mise en service en 1985 :

- l'étude en vraie grandeur de l'infiltration avec des eaux usées traitées,
- l'évaluation du pouvoir épurateur du sol ainsi que l'impact de la recharge sur la qualité des eaux de recharge et sur celle des eaux de la nappe,
- la détermination des paramètres hydrauliques pouvant servir de référence pour le montage d'autres stations.

Le dispositif est constitué de bassins où les effluents sortis de la station d'épuration de Nabeul sont déversés et s'infiltrent progressivement dans le sol sableux caractéristique du littoral méditerranéen tunisien.

En complément, l'opération permet également

- la lutte contre la progression du biseau salé puisque la charge hydraulique issue de cette infiltration rehausse le niveau piézométrique ; l'évolution de ces niveaux est suivie grâce à 17 piézomètres disposés à proximité du site,
- l'irrigation de vergers en complément d'autre ressources en eau par exhaure de l'eau infiltrée dans des puits réalisés à la périphérie du site d'infiltration.

8.1.2 Résultats et acquis de l'opération

SUR UN PLAN TECHNIQUE

L'expérience de l'oued Souhil fait ressortir que la recharge de nappe par bassin avec des EUT s'effectue sans nuisances sensibles sur l'environnement immédiat,

- le pouvoir épurateur du sol et du sous-sol est avéré : les phosphates sont piégés dans la zone non saturée, l'ammoniaque subit une nitrification et la concentration en nitrates de l'eau de la nappe diminue par dilution
- la teneur en matière en suspension des EUT sortis de station d'épuration a une incidence directe sur les conditions de fonctionnement des bassins
- l'épuration dans le sol est suffisante sur le plan bactériologique pour garantir à quelques centaines de mètres en aval un usage des eaux souterraines en irrigation.

SUR UN PLAN ORGANISATIONNEL ET INSTITUTIONNEL

Au moment de la réalisation du projet (1985), aucune norme ni réglementation n'existait pour la REUT ; cependant Le Code des Eaux prévoyait l'usage réglementé de la REUT (art.105 et 106 du Code des Eaux tunisien). Le projet s'inscrit donc dans une logique expérimentale. En 1989 paraît la Norme de réutilisation à des fins agricoles, NT 106.03, qui ne précise pas quel taux de coliformes peut être présent dans les EUT. Un nouveau projet de Normes de qualité d'eau de recharge par les EUT est en préparation (fin 2009), plus restrictif, qui limite le taux de coliformes.

En matière de surveillance épidémiologique et d'enquêtes sanitaires on note que le maître d'ouvrage (CRDA de Nabeul) est responsable de la surveillance de la qualité microbiologique et chimique devant les autorités sanitaires. Les services d'hygiène de la Direction régionale de la santé (Ministère de la santé publique) sont compétents pour le contrôle de la qualité microbiologique et effectuent leurs contrôles à l'amont du système, à la sortie de la Station de traitement. En outre, ces services assurent le suivi épidémiologique du personnel du site et des populations voisines.

Le financement du système de réutilisation a été assuré par l'Etat Tunisien sur fonds propres du budget de recherche du Ministère de l'Agriculture. L'investissement qui date de 1985 affiche une valeur relativement faible de 20 000 DT. Il est intéressant de souligner que les charges d'investissement et de renouvellement représentent un sixième des charges annuelles, le fonctionnement représentant le reste soit plus de 80% des frais annuels.

Le fonctionnement du dispositif est intégralement financé par l'Etat Tunisien sans contrepartie financière directe des utilisateurs.

8.1.3 Synthèse conclusive

Ce projet est essentiellement démonstratif, à vocation scientifique ; son fonctionnement technique reste convenable. Les relations institutionnelles, parfois imprécises au cours des premières années, entre les différents partenaires ont permis de clarifier les rôles différents de chaque organisme en distinguant entre les actions de recherche agronomique et hydrogéologique, les relations entre épurateur et utilisateur et les suivis sanitaires . En l'état le projet ne peut être reproduit mais il a utilement inspiré les concepteurs du projet de Korba de deuxième génération en matière de recharge de nappe (voir chapitre suivant)

8.2 ENSEIGNEMENTS TIRES DE LA RECHARGE DE NAPPE A KORBA - TUNISIE

8.2.1 Dispositif du projet et objectifs

Le projet consiste à utiliser les EUT de la station d'épuration de Korba (boues activées faible charge + lagunes de finition) en bordure de méditerranée pour :

- ➔ recharger la nappe côtière et permettre à des irrigants de récupérer l'eau infiltrée.

Le dispositif est récent (décembre 2008) et fait suite à l'expérimentation mise en œuvre à Nabeul (voir chapitre précédent) dont il exploite les acquis hydrauliques et hydrogéologiques, puisque là aussi :

- ➔ la lutte contre l'intrusion du biseau salé fait partie des objectifs,
- ➔ La protection du rivage en période estivale et d'un étang côtier à proximité à forte valeur environnementale (classé Ramsar⁹) sont également deux objectifs complémentaires du projet.

Le moteur du projet est le Ministère de l'Agriculture qui s'inscrit dans une logique expérimentale faisant suite à l'opération de Nabeul mais en accroissant le volume d'eau réutilisé et en l'intégrant en termes de GIRE dans une vision de mise à disposition d'eau pour des agriculteurs ne disposant pas de ressource alternative .

8.2.2 Résultats et acquis de l'opération

Les caractéristiques du site ont permis d'établir deux limites de sécurité pour les usages de la nappe : 170 m pour l'irrigation non restrictive et les usages domestiques, 615 m pour l'eau de boisson. Ainsi même sans le traitement tertiaire des lagunes qui sont by passées, la qualité de l'eau est conforme à un usage agricole sans restriction .Toutefois, la salinité élevée de la nappe phréatique (3.5 à 10 g/L) est incompatible avec tout usage d'eau potable.

Les données piézométriques confirment bien l'efficacité du dispositif pour contenir l'avancée du biseau salé.

Sur le plan socio politique on constate que les utilisateurs de l'eau de la nappe ainsi rechargée sont des agriculteurs organisés en groupement d'utilisateurs (GDA : Groupement de Développement Agricole) qui ne sont pas directement associés aux décisions, mais ne sont pas sollicités financièrement puisque le fonctionnement du dispositif est intégralement financé par l'Etat Tunisien.

Le suivi scientifique n'est pas encore entièrement mis en place; l'entretien des bassins et l'alimentation en eau est très bien assurée.

Circonstances institutionnelles transitoires : l'ONAS fournit les EUT en sortie de station d'épuration et les achemine sur site où elles sont fournies au CRDA à titre gracieux et sur la base de protocoles encore informels.

Sur le plan financier le CRDA facture à la DGRE 20 millimes¹⁰ par m3 rechargé (facturation interne au MARH) ; les utilisateurs finaux (les agriculteurs), n'ont pas encore clairement ressenti l'impact en termes d'amélioration de la ressource en qualité (surcroît de fertilisants corrélatif à la présence de phosphore et d'azote) mais ont observé une remontée des niveaux dans leurs puits.

⁹ du nom de la convention internationale signée par la Ramsar dans les années 1980 définissant les conditions de protection des milieux humides

¹⁰ le millième vaut 0,1 centime d'euro

Sur le plan scientifique le CRDA en collaboration avec la DGRE est en convention avec le CERTE qui définit les protocoles de recherche associée ; il n'existe pas encore de convention écrite avec l'ONAS concernant les prises d'échantillon et l'exécution des mesures physico chimiques et bactériologiques des effluents.

8.2.3 Synthèse conclusive

Ce projet a un fort intérêt technique et démonstratif. Son financement par l'Etat est cohérent avec la politique tunisienne de valorisation agricole des EUT et de la promotion de la recharge de nappe. Les responsabilités institutionnelles sont correctement définies mais le lien avec les irrigants pas encore assez affirmé. La pénurie en eau agricole dans la région a également milité pour la mise en place du projet.

8.3 ENSEIGNEMENTS TIRES DE L'IRRIGATION DE GOLFS A HAMMAMET - TUNISIE

8.3.1 Dispositif du projet et objectifs

Dans l'arrière pays de Hammamet, deux sociétés de golfs établies l'une à côté de l'autre, confrontés à un fort besoin d'eau pour irriguer leurs gazons, ont recours aux EUT de la station d'épuration de la ville pour compenser l'interdiction de pomper dans la nappe ; cette nappe est en effet en situation de surexploitation potentielle.

Le gestionnaire de la station d'épuration, l'ONAS, trouve également son compte dans l'opération puisque de la sorte les effluents sortis de station ne viennent plus menacer le littoral ; en saison estivale, la zone proche du rejet des eaux usées même traitées constituaient une menace potentielle sur la baignade.

Les objectifs du projet sont donc :

- prioritairement quantitatif en assurant une alimentation en eau d'irrigation des eux golfs,
- par voie de conséquence, qualitatifs au travers de la réduction des rejets en zone littorale.

Le dispositif s'est mis en place en 1990 ; il concerne des volumes de 1,1 million de m3 par an, soit le double de ce qui est en jeu à Korba (voir chapitre précédent).

Pour compléter l'épuration, les effluents refoulés par pompage depuis la station d'épuration (boues activées forte charge) jusque dans l'enceinte des deux golfs y subissent un traitement de finition par un passage dans des lagunes équipées d'aérateurs. Ainsi il est possible de procéder la nuit à l'irrigation des gazons par asperseurs. D'autre part le stockage de l'eau est également assuré par des bassins intégrés dans l'aménagement paysagé global du site propre des deux golfs.

Dans les cahiers des charges des niveaux de désinfection de l'eau à atteindre, il est explicitement fait référence aux normes édictées par la Direction Générale du Génie Rural de janvier 2000, aux Préconisations OMS 2006 et aux directives de l'AFSSA 2008.

Le projet est porté par les deux sociétés privées, gestionnaires des golfs en partenariat avec l'ONAS en charge de la station d'épuration et le ministère du Tourisme, partie prenante pour la défense du milieu balnéaire. On note en effet que c'est l'ANAT (Agence Nationale de l'Aménagement Touristique) qui finance au niveau de la station d'épuration en certaines périodes de pointe estivale la lutte contre les odeurs¹¹.

¹¹ pour l'élimination des dégagements de H₂S, l'ONAS est amené à traiter les eaux de sortie au nitrate de calcium en vue de réduire la concentration en sulfures

8.3.2 Résultats et acquis de l'opération

Les objectifs de ce projet sont atteints. Notamment sur le plan environnemental et la protection de la nappe au droit des golfs. Le montage institutionnel montre une très bonne coordination et une bonne participation entre tous les acteurs concernés : le CRDA, l'ONAS, ministère de la Santé, ministère du Tourisme.

Les résultats économiques ne sont pas publiés. Au deuxième degré il convient d'apprécier la création de 170 emplois et le développement d'une activité touristique intense sur la région d'Hammamet, où la place des deux golfs reste un atout majeur dans le maintien de la fréquentation touristique.

Le montage financier reste à la charge de la collectivité tunisienne pour le traitement des eaux usées selon les procédures ONAS en usage dans le pays. La conduite de transfert des EUT vers les 2 golfs est à la charge (investissement et fonctionnement) des entreprises privées exploitantes des sites ainsi que le traitement additionnel réalisé au niveau des lagunes aérées dans l'enceinte des golfs. Le ministère du Tourisme finance les produits désinfectants supplémentaires nécessaires en période estivale.

8.3.3 Synthèse conclusive

Cette opération est un bon exemple de succès entre des partenaires publics et privés avec des relais de participation financière bien adaptés aux circonstances environnementales et de développement touristique. L'existence d'un marché pour l'eau recyclée, et la participation du secteur privé à la mise en œuvre du projet, a permis de trouver une rentabilité économique au dispositif, en associant, protection des plages contre la pollution et intérêts économiques privés avec impact sur le développement local. En fait sans la REUT les deux golfs ne pouvaient voir le jour puisque l'alternative à ce mode d'irrigation nécessitait un transfert d'eau du nord beaucoup plus coûteux.

8.4 ENSEIGNEMENTS TIRES DE LA VALORISATION AGRICOLE DES EUT DE CLERMONT-FERRAND - FRANCE

8.4.1 Dispositif du projet et objectifs

Le projet consiste en l'irrigation de terres agricoles en Limagne noire sur environ 700 ha à l'aval de la station d'épuration boues activées de Clermont Ferrand (France). L'eau utilisée subit en sortie de la station d'épuration municipale un lagunage final avant pompage vers les zones d'irrigation. La justification de cette mobilisation des EUT réside dans l'absence d'eau souterraine d'une part et du coût important pour solliciter un pompage de surface dans l'Allier à plus de vingt km du site.

Des circonstances particulières sont à mentionner : une partie des agriculteurs concernés par l'intérêt d'irriguer leurs terres, sont coopérateurs dans une sucrerie établie à côté de la station d'épuration. Pour dépolluer les effluents industriels en provenance de cette sucrerie il existe des bassins de décantation qui fonctionnent durant la phase de production de sucre de l'usine. Un plan d'épandage fixe les conditions d'utilisation de ces effluents après transit dans ces bassins. Ce plan d'épandage est le premier lien "historique" entre les agriculteurs et l'utilisation d'eau non conventionnelle.

Quant il s'est agit de concevoir un traitement tertiaire des eaux usées traitées de la station d'épuration pour les rendre aptes à l'irrigation, la société d'aménagement conceptrice du projet, la SOMIVAL, a pensé à l'opportunité d'utiliser ces bassins en guise de lagunes de maturation. Un simple travail de cloisonnement des bassins suffisait en effet à transformer ces ouvrages. Cette opportunité permettait ainsi une économie substantielle pour assurer la phase finale du traitement des EU, non prévue aux objectifs de qualité initiaux de la station d'épuration. Ce point est important à mentionner car il illustre le bon sens et l'adaptation pratique aux conditions locales des porteurs du projet.

La mise en place du dispositif s'est faite progressivement et un suivi sanitaire lors de la phase pilote a été mis en place pour valider la faisabilité sanitaire du projet. De 1996 à 1999 l'OBRESA (Observatoire régional de la santé) a suivi les 15 000 personnes vivant aux abords du site, avec une attention particulière pour les agriculteurs et les saisonniers travaillant à la castration des maïs. Le travail s'est également appuyé sur les observations d'un réseau de médecins et pharmaciens « sentinelle ».

Le porteur du projet est un Groupement agricole, l'ASA de Limagne ; un comité de pilotage a été mis en place pour assurer la coordination entre épuration et irrigation ; il est composé de la DDASS, la DDAF, la DRIRE, l'OBRESA, la sucrerie Bourdon, l'ASA de Limagne et Clermont Communauté.

8.4.2 Résultats et acquis de l'opération

Les résultats peuvent être considérés comme exemplaires : bonne maîtrise technique de l'épuration tertiaire au long des années d'expériences, montage institutionnel parfaitement opérationnel malgré la multiplicité des intervenants, résultats économiques encourageants pour les agriculteurs.

Le projet permet de maintenir 60 emplois agricoles et dégage une valeur ajoutée agricole de 1,66 euros par m³ utilisés. Les effets induits sont liés à l'activité agricole et à la protection des ressources en eau.

Les résultats du suivi sanitaire de l'OBRESA suite au traitement hebdomadaire de leurs observations durant les campagnes d'irrigation, après l'établissement de l'état de santé de base de la population ont permis de déterminer des seuils d'alerte et donc d'établir les conditions d'apparition d'un phénomène épidémique éventuel. Aucun événement particulier n'a été observé durant les trois années de l'étude. La seule conclusion restrictive a été de recommander à l'issue de cette procédure, de supprimer la castration manuelle du maïs au profit de techniques mécaniques.

Le financement de la STATION D'ÉPURATION a été assuré par la Communauté de Clermont-Ferrand et a certainement bénéficié de subventions, l'investissement a atteint 30 M euros.

Le coût total des installations d'irrigation a été de 5,3 M euros (1800 euros / ha). Le périmètre irrigué a reçu une subvention de 65,4% (Financement européen LIFE, Etat –Minagri-, Département 63, Agence de l'eau, pour les plus importants), démontrant la bonne insertion du projet dans la perception par les partenaires des enjeux environnementaux et économiques locaux. De plus, les lagunes de finition pré existaient dans un terrain adjacent à la STATION D'ÉPURATION, et ont été mises à disposition de l'ASA par les sucreries Bourdon, La redevance eau payée par les agriculteurs entre 0,2 et 0,3 €/m³ compense les charges annuelles de fonctionnement du réseau et les prêts de l'ASA sur les investissements.

8.4.3 Synthèse conclusive

Ce projet a réclamé une grande énergie de concertation entre toutes les parties prenantes, et reste le reflet d'une bonne analyse technique des opportunités existantes. L'adaptation du process et de la réutilisation est une réussite, même si les investissements particuliers de la REUT n'ont été possibles que par l'apport d'une importante subvention publique. La répliquabilité de ce projet est concevable non pas strictement à l'identique mais en exploitant tous les acquis de la mise en place institutionnelle progressive qui s'est développée. L'existence d'un promoteur avisé et motivé a été déterminante.

8.5 ENSEIGNEMENTS TIRES DU PROJET DE MARAICHAGE PERIURBAIN A OUAGADOUGOU – BURKINA FASO

8.5.1 Dispositif du projet et objectifs

Le périmètre de maraîchage irrigué avec des EUT à partir de la station par lagunage de Ouagadougou se situe au nord est de l'agglomération, dans le quartier de Kossodo. Il couvre 11 ha et valorise 0,8 Mm³/an soit 5 % du total produit par la station d'épuration (18 Mm³/an).

L'autre fraction des EUT est utilisée par des irrigants jouxtant le périmètre de REUT qui ne sont pas soumis aux obligations de cultures du périmètre "officiel". En effet, conformément à des dispositions spécifiques au site et s'inspirant des préconisations de l'OMS les cultures pratiquées sur le périmètre officiel sont restrictives (catégorie B de production agricole) alors que les autres irrigants, non soumis au contrôle et à l'encadrement du projet, prennent la liberté du non restrictif et s'autorisent de meilleurs rendements. Il n'existe pas de constat sanitaire différencié permettant de faire la différence entre les impacts éventuels dus aux cultures restrictives d'une part et non restrictives d'autre part.

La station d'épuration a été mise en service en 2005 et le périmètre est irrigué à partir de 2007

- L'objectif du volet REUT de ce projet est de limiter les risques sanitaires liés à l'utilisation d'eaux usées brutes pratiquée initialement les maraîchers de Ouagadougou à la sortie du réseau d'égouts.

Le moteur du projet est l'ONEA aussi bien pour l'épuration et donc la gestion de la station d'épuration mais aussi pour la valorisation agricole au niveau du maraîchage.

8.5.2 Résultats et acquis de l'opération

La STATION D'ÉPURATION fonctionne correctement et l'effluent mis à disposition du périmètre officiel des irrigants est convenable. Cependant la réutilisation proprement dite a été difficile à mettre en œuvre en l'absence d'opérateur officiellement et juridiquement responsable de cette composante. On note au bout de trois années plusieurs facteurs préoccupants :

- un manque de technicité dans les pratiques culturales
- un faible éventail de produits maraîchers autorisés,
- des sols de mauvaise qualité,
- un découpage foncier excessif.

Ainsi pour les agriculteurs la réussite reste précaire. Leurs revenus sont maintenant très faibles, la valeur ajoutée par m³ ne dépasse pas **260 FCFA/m³**. Plus de 330 actifs sont maintenus sur le petit périmètre officiel.

Le contrôle des usages de l'eau n'est pas correctement réalisé et presque 500 autres agriculteurs utilisent les volumes issus de la Station d'épuration pour développer des produits de maraîchage théoriquement interdits.

De fait, afin d'être pérennisé, une aide technique doit être apportée aux agriculteurs, des actions anti vandalisme doivent être menées, et les contrôles d'utilisation des eaux en sortie de station doivent être effectués.

L'investissement de la Station d'épuration (9,85 M€) a été réalisé avec un fort montant de subventions provenant de l'AFD (71,1%), par un prêt concessionnel de la Banque Mondiale (8,1%) et par un apport direct de l'ONEA (8,6%). Les charges de fonctionnement de la Station d'épuration sont assumées par l'ONEA sans équilibre avec le montant de la redevance d'assainissement perçue sur la facture d'eau. L'eau d'irrigation de la station n'est pas facturée aux maraîchers.

8.5.3 Synthèse conclusive

C'est un projet phare qui pourtant affiche encore des faiblesses. Poursuivi dans l'objectif de limiter les risques liés à une mauvaise utilisation des eaux usées traitées dans un périmètre agricole en aval de la station d'épuration, dans un contexte où les maraîchers utilisaient des eaux usées brutes pour leurs cultures, cette composante projet du projet d'assainissement de la ville de Ouagadougou s'est heurté :

- A l'absence d'une réglementation sur la REUT contraignant les irrigants clandestins à aligner leurs pratiques sur celles de leurs voisins u périmètre officiel
- Et surtout à l'absence d'un opérateur légalement responsable du suivi de la REUT. L'office national de l'eau et de l'assainissement a accepté de jouer ce rôle dans le cadre du programme d'assainissement de la ville mais cette dévolution de responsabilité est fragile car institutionnellement parlant ce n'est pas la fonction de l'ONEA.
- Une perspective serait d'améliorer le traitement en vue de passer la qualité des eaux de sortie en non restrictif, permettant une rentabilité opérationnelle pour tous les irrigants.

8.6 ENSEIGNEMENT TIRES DE LA REUT AGRICOLE A L'AVAL DE LA STATION D'EPURATION DE STATION DE SAMRA - AMMAN - JORDANIE

8.6.1 Dispositif du projet et objectifs

Le cadre du projet de REUT jordanien dans la Jordan valley est typiquement un ensemble multiple qui prend en compte une réalité complexe : l'épuration des effluents de la ville de Amman, la sauvegarde environnementale d'un lac de barrage et l'irrigation de milliers d'hectares dans une vallée fertile, à l'aval de la ville et à proximité de la mer morte.

Les années 2000 voient en effet les Autorités confrontées à un constat grave : la station d'épuration de Amman ne remplit plus son rôle car elle est saturée compte tenu de la croissance rapide de la ville et de l'augmentation des débits d'eaux usées qui y arrivent. La conséquence en est que la Zarka river, qui recueille les effluents de sortie de station d'épuration, transporte des effluents surchargés d'azote et de phosphore qui menacent l'équilibre biologique du lac de retenue du King Tahal dam. Ce début d'eutrophisation est préjudiciable aux irrigants installés à l'aval du lac qui subissent les conséquences néfastes de cette dégradation de l'eau.

Les deux structures administratives en charge respectivement de l'assainissement et de l'irrigation, WAJ et JVA coordonnent alors leur stratégie et mettent au point la réalisation de la nouvelle station d'épuration de SAMRA (l'agrandissement de la précédente est abandonnée pour des motifs fonciers) et prévoient, dès la rédaction du cahier des charges, un niveau d'épuration à atteindre permettant l'irrigation sans restriction.

Pour ce faire il est demandé au constructeur de mettre en œuvre une station d'épuration boues activées avec dénitrification et chloration finale de l'effluent en sortie. La procédure de l'appel d'offres privilégie le dispositif BOT ; le groupe SUEZ, adjudicataire du marché participe au financement des travaux, réalise les ouvrages et est aujourd'hui en charge du fonctionnement et de la maintenance de la station. Celle-ci présente une capacité de 250 000 m³/j et produit donc un total annuel de 130 à 140 millions de m³.

La rémunération de Suez s'effectue au travers de la facturation du m³ fourni sur la base d'un contrat d'activités de 25 années (construction et maintenance). Schématiquement l'eau est donc épurée par l'opérateur qui la remet via la Zarka river au milieu naturel ; l'organisme en charge de la gestion de l'eau, la Jordan Valley Authority, en assure ensuite la commercialisation auprès des irrigants.

En résumé, la mise en œuvre de la station d'épuration de SAMRA répond aux objectifs suivants :

- Remplacer des ouvrages saturés,
- Accroître la ressource en eau,
- Fournir de l'eau épurée pour l'irrigation,
- Soutenir l'étiage du wadi Duhleil et de la Zarka river, étant entendu que quelques riverains de ces cours d'eau peuvent faire valoir leurs droits d'eau d'irrigation,
- Contrôler l'arrivée d'azote dans le King Tahal dam via la Zarka river, et sauvegarder l'environnement.

8.6.2 Résultats et acquis de l'opération

Les objectifs du projet sont atteints à la fois sur le plan technique de l'assainissement et sur celui de la réutilisation. La STATION D'ÉPURATION fonctionne bien et l'eau est utilisée à 100% dans un contexte de pénurie évident.

La valorisation se fait d'une manière intensive par une agriculture maraîchère sans aucun problème sanitaire, l'eau traitée est diluée dans des volumes supérieurs à ceux des rejets de la station. La valeur ajoutée agricole par m³ varie entre 0,40 et 1,12 euros selon la nature de la culture. Plus de 3 500 emplois directs sont concernés et environ 20 000 emplois indirects sont dépendants du projet.

Tous les atouts du site ont été utilisés pour diminuer les coûts de production ; en particulier au niveau de la station d'épuration, les dépenses d'énergie sont réduites par un système de turbinage profitant de la déclivité du terrain entre la collecte des eaux usées et le traitement.

L'investissement de la station a été de 133 M d'euros. Le projet a bénéficié d'une subvention de 60%. Le complément a été financé par un emprunt de 12 ans auprès d'un consortium de banques. Les charges de fonctionnement sont payées par les usagers du réseau eau potable. Il n'y a pas de coût pour la mise à disposition de l'eau qui est rejetée dans le milieu naturel par gravité. L'eau agricole est facturée aux agriculteurs au prix de 0,02 euros le m³.

Le suivi de la qualité des produits agricoles semble s'effectuer régulièrement et correctement dans la vallée, en tout cas les outils sont en place pour que ce suivi soit effectif. Il n'est pas signalé de problème sanitaire au niveau des irrigants ou des consommateurs des produits de la vallée. Une question demeure en suspens : les droits d'eau de certains riverains à l'aval de la station d'épuration et à l'amont du barrage ; l'état cherche en effet à contrôler les prélèvements clandestins opérés le long des cours d'eau concernés.

8.6.3 Synthèse conclusive

Ce projet est une opération équilibrée et bien conçue en termes de GIRE. La coordination efficace des services de l'état concernés par le projet est un gage de succès ; Plusieurs opportunités d'aménagement ont été utilisées à bon escient : déclivités du terrain, possibilité de diluer les rejets dans le milieu naturel, présence d'une pratique de l'irrigation à l'aval et d'une forte demande en eau. Cela conduit à une réelle optimisation des investissements et des charges de fonctionnement.

Il conviendra, dans le futur, de suivre avec attention la relation commerciale entre les Autorités locales et Suez pour la bonne exécution du contrat ; on note par exemple avec intérêt que le process de désinfection sera amélioré, preuve que la relation public privé est en mesure de répondre efficacement à une sollicitation technologique importante.

Le projet de réutilisation est en lui-même peu consommateur de financement et de suivi. La véritable réutilisation se réalise à 40 km de la station ; les utilisateurs n'ont pas de réticence à irriguer avec une eau considérée comme de bonne qualité. La situation de pénurie de cette région rend ce projet indispensable puisqu'il constitue en volume, le quart des ressources en eau de cette partie de la vallée irriguée du Jourdain.

8.7 ENSEIGNEMENTS TIRES DE LA REUT AGRICOLE APRES RECHARGE DE NAPPE A L'AVANT DE STATION DE SHAFDAN - TEL AVIV - ISRAËL

8.7.1 Dispositif du projet et objectifs

Le projet a été conçu repose sur le triple constat de la nécessité d'épurer les EU du grand Tel Aviv pour protéger le milieu marin et les activités balnéaires, de faire face à une sévère pénurie d'eau à l'échelle du pays et de répondre à une forte demande pour l'irrigation d'une zone désertique à mettre en valeur.

C'est dans cette triple vision qu'a donc été réalisée la station d'épuration de Shafdan ; cette station repose sur le process classique des boues activées mais on a opté en sortie pour la désinfection des eaux sur la technique de la recharge de nappe.

Ce dispositif de recharge de la nappe est constitué de sept terrains fonctionnant en alternance où sont envoyés régulièrement les débits de sortie de la station d'épuration. Le système d'alternance permet non seulement à l'effluent de percoler mais également, une fois le transit de l'eau achevé jusqu'à la nappe de ré-oxygéner le massif où l'eau est infiltrée ; en effet le remplacement progressif des molécules d'eau par l'air favorise l'oxydation et l'élimination des bactéries et pathogènes encore présents dans l'effluent.

Un système de plusieurs forages pompant dans cette nappe permet ensuite de renvoyer l'eau à 100 Km vers le sud dans la région du Néguev ; là elle est stockée dans des réservoirs de grande capacité puis distribuée à différents utilisateurs qui irriguent une série de terres dévolues essentiellement au maraîchage.

La particularité de ce maraîchage est qu'il est conduit dans une logique de grande économie de consommation d'eau en partie dans des serres et presque toujours au goutte à goutte ; le conditionnement des produits ainsi obtenu est conçu pour une exportation massive vers l'étranger. A noter que les choix agronomiques reposent sur une irrigation non restrictive, la seule disposition rappelant l'origine de l'eau est parfois l'usage de chlore pour le nettoyage final des produits avant conditionnement.

La capacité du système est de 130 millions de m³ par an, permettant l'irrigation de 23 000 ha.

En résumé, la mise en œuvre de la station d'épuration de SHAFDAN répond aux objectifs suivants :

- Accroître la ressource en eau,
- Fournir de l'eau épurée pour l'irrigation,
- Protéger le littoral méditerranéen des rejets d'EU même traitées,
- Valider en vraie grandeur les protocoles scientifiques de recharge de nappe et tester le processus de SAT (Soil Aquifer Treatment) qui caractérise précisément la méthode de percolation dans la nappe pour terminer le traitement tertiaire en sortie de station d'épuration.

Le moteur du projet est la structure d'état, Mekorot.

Sur le plan financier, le Néguev étant une des trois régions qui bénéficient d'aides de l'Etat spécifiques, le dispositif est subventionné à trois niveaux :

- Aides atteignant 24% pour les investissements de bâtiments et d'équipements industriels,
- exonération des charges fiscales pendant 10 ans avec objectifs de production à l'export,
- allègement des salaires pour la partie industrielle afin de favoriser l'emploi.

Deux entités se partagent la maîtrise d'ouvrage et la maîtrise d'œuvre depuis la collecte des effluents bruts jusqu'à la mise à disposition des eaux traitées sur les sites de valorisation agricole : MEKOROT Water Company Ltd et la Dan Association of Towns (IGUDAN). Une entité spécifique a en charge le fonctionnement de la station d'épuration.

Dans le contexte de demande, mais aussi de pénurie croissante l'organisation administrative des droits d'eau est un enjeu majeur de toute la politique israélienne. C'est donc au plus haut niveau des instances gouvernementales que sont prises les décisions en matière de gestion et de répartition de l'eau.

8.7.2 Résultats et acquis de l'opération

Les objectifs du projet sont atteints à la fois sur le plan technique de l'épuration puisque les performances de la filtration sur sable permettent d'atteindre une eau de qualité non restrictive assainissement et sur celui de la réutilisation.

La valorisation se réalise par une agriculture très intensive sans problème sanitaire. La valeur ajoutée agricole par m³ est de l'ordre de 4.50 euros. Plus de 100 000 emplois directs et indirects sont concernés. Toute l'activité économique du Néguev est liée à cette ressource en eau.

L'investissement de la station a été de 148 M d'euros. Les investissements ont été en grande partie subventionnés par l'état hébreu. Les charges de fonctionnement de la station d'épuration et du refoulement vers le sud sont partiellement assumées par les usagers du réseau eau potable à travers la redevance d'assainissement, mais des contreparties gouvernementales assurent les équilibres d'exploitation.

La mise à disposition de l'eau traitée semble subventionnée à 50%. L'eau agricole est facturée aux agriculteurs au prix de 0,20 euros le m³, alors que le coût d'exploitation serait de 0,40 euros le m³. D'autre part des subventions complémentaires permettant également le développement des activités agricoles sont distribuées et représentent entre 40 et 30% des investissements réalisés.

La grosse consommation de terrains pour les bassins d'infiltration comparée à la cherté foncière à la périphérie de la conurbation de Tel Aviv conduira peut être à terme à revoir la filière de désinfection au bénéfice de techniques plus compactes comme les UV. De fait si on valorise au prix du marché du m² la tranche de finition du traitement des effluents, le dessalement d'eau de mer pourrait se révéler moins coûteux.

S'agissant des suivis de qualité on observe que tout au long de la chaîne de production d'eau, depuis l'entrée dans les bassins d'infiltration jusqu'à la parcelle irriguée, l'état procède à des contrôles réguliers. Il n'a pas été fait mention de suivi épidémiologique, l'accent étant plutôt mis sur une exigence absolue de qualité bactériologique de l'effluent.

8.7.3 Synthèse conclusive

Shafdan est un exemple de projet intégré fortement subventionné et fortement réussi. Le contexte d'éléments clé tels que la pénurie de l'eau, la volonté politique, la maîtrise des techniques de management des ressources en eau, la valorisation de la production agricole en font un projet exemplaire. Ce projet fonctionne parce que tous les ingrédients ont été rassemblés alors que les conditions initiales n'étaient pas forcément les meilleures. Les financements mobilisés sont à la hauteur des enjeux indirects. Ces excellentes appréciations peuvent être modérées par le bilan carbone de l'opération mis en jeu dans le processus d'exportation des cultures (chaîne du froid et du transport vers l'Europe et l'Asie).

8.8 ENSEIGNEMENTS TIRES DU MARAICHAGE AU SORTIR DE LA STATION D'EPURATION DE STATION DE SAN ROCCO -- MILAN - ITALIE

8.8.1 Dispositif du projet et objectifs

Parmi les trois stations d'épuration de l'agglomération milanaise, celle de San Rocco traite les effluents d'un million d'équivalents habitants. L'exutoire des EUT est un réseau ancien d'irrigation et de drainage qui depuis de nombreux siècles (époque romaine) a permis de garantir la salubrité et même la navigation au sud de la ville. Cependant au fil du temps le mélange des eaux usées de plus en plus abondantes dans les eaux de ces canaux mettait en péril les bonnes conditions d'irrigation des champs de maraîchage de la zone aval de Milan. Le projet d'assainissement est donc né à partir de ce constat et dans sa conception la station d'épuration de San Rocco obéit donc à un double objectif :

- Epurer des EU pour la protection du milieu naturel,
- Valoriser l'activité agricole avec une eau de qualité.

L'entreprise Suez après l'avoir réalisée en 2004, assure aujourd'hui l'exploitation de la station ; le process est une station d'épuration boues activées avec un traitement aux UV en sortie pour la désinfection des effluents. Ceux-ci sont essentiellement d'origine domestique sans présence de rejets industriels.

Sur les 103 Mm³ produits par an, 11 millions sont pompés en direction de la zone de culture. Les agriculteurs y pratiquent une irrigation intensive pour du maïs en gravitaire et surtout du riz de submersion. Les volumes annuels utilisés sont de l'ordre de 5 000 m³/ha/an, ratio élevé qui correspond plutôt à des doses de zone semi aride mais qui traduit une forte disponibilité de l'eau.

Les irrigants disposent de l'eau gratuitement puisque les coûts de l'épuration sont supportés par les citoyens via leur redevance d'assainissement. Cette disposition fait suite à un usage antérieur où l'eau était déjà gratuite à l'époque où l'effluent était réutilisé brut après dilution dans les eaux des canaux, avant la mise en service de la station d'épuration.

Le moteur du projet est la Metropolitana Milanese.

8.8.2 Résultats et acquis de l'opération

Les objectifs du projet sont atteints à la fois sur le plan technique de l'assainissement et sur celui de la réutilisation. L'objectif du maintien de l'agriculture dans la région, afin de constituer une ceinture verte autour de la ville, a été atteint. La qualité de l'espace agricole s'est fortement améliorée à partir du moment où la qualité des rejets dans le milieu naturel a évolué.

La valorisation ajoutée se réalise par une agriculture qui maintient une cinquantaine d'emplois et qui permet de dégager une valeur ajoutée de 0,09 euros par m³, à partir de cultures céréalières. Cet impact reste cependant faible et n'est pas majeur dans le bilan de la réutilisation.

Le vrai aspect bénéfique du projet est la réduction de la charge polluante dans le milieu naturel. Le projet dans ce sens était indispensable.

Le projet présente un bon niveau de réussite dans la mesure où la possibilité de mettre à la disposition des agriculteurs une nouvelle ressource en eau a permis de promouvoir une image dynamique de l'activité agricole et d'éviter le départ des professionnels.

L'investissement de la station (89 M d'euros), a été financé à 66% sur fonds propres de la Métropole, à partir de provisions réalisées auprès des usagers de l'eau potable depuis une vingtaine d'années. Les 34% restants sont à la charge de Degremont partenaire du joint venture mis en place. Les charges de fonctionnement de la station sont de fait directement assumées par les consommateurs eau potable. Le supplément pour mise à disposition de l'eau traitée aux agriculteurs n'est pas facturé aux agriculteurs. Ceux-ci utilisent donc l'eau sans charges.

8.8.3 Synthèse conclusive

La station de San Rocco est un bon exemple de concertation réussie entre les autorités locales (métropole de Milan), les utilisateurs et le gestionnaire de la station d'épuration. Ce dernier a un rôle d'interface actif et garde un bon volant de négociation avec les agriculteurs puisqu'il contrôle en débit les volumes qui leur sont dévolus. Les résultats du projet sont bons sur le plan financier dans un contexte particulièrement favorable. Le projet est bien adapté au milieu et à la capacité d'utilisation des eaux traitées.

8.9 CONCLUSIONS RELATIVES AUX VISITES DE TERRAINS

Il ressort de l'échantillon des huit opérations visitées des conclusions différentes en termes de réussite mais toutes sont porteuses d'enseignement. Le classement qui suit permet de résumer ces enseignements.

Ainsi quatre opérations ont valeur d'exemple :

- Site n° 1 - **Samara à Amman** : par son degré d'intégration, la volonté gouvernementale forte qui sous-tend le projet, le dispositif institutionnel et organisationnel, la politique tarifaire et l'acceptabilité des irrigants, on peut classer cette opération comme une réussite, même si des ajustements sont à trouver pour quelques utilisateurs à proximité de la station d'épuration
- Site n° 2 - **les golfs de Hammamet** : situation solide d'un partenariat financier public privé, coopération efficace avec le gestionnaire de l'assainissement et choix technologiques pertinents, rôle déterminant du ministère de l'agriculture et des ressources en eau via son entité régionale le CRDA, implication des ministères du Tourisme et de la Santé, rentabilité de l'opération, ces différents aspects font également de ce projet une opération réussie
- Site n° 3 - **Shafdan en Israël** : projet certes coûteux, mais tout est relatif compte tenu de la rareté de l'eau dans la région, prouesse technologique en matière de recharge de nappe, prouesse également s'agissant du transport de l'eau vers le sud et de sa valorisation optimum, bonne organisation des irrigants, intégration dans une vision d'ensemble à l'échelle nationale, à nouveau les caractéristiques d'un projet réussi. Ces excellentes appréciations peuvent être modérées par le bilan carbone mis en jeu dans les processus d'exportation des cultures.
- Site n° 4 - **station de San Rocco à Milan** : efficacité de l'épuration, bonne intégration dans un dispositif hydraulique pourtant complexe, équilibre financier, ce projet constitue la quatrième du groupe des projets réussis dans le lot des huit visites effectuées en phase deux.

Quatre opérations permettent de tirer des leçons en fonction des difficultés qu'elles mettent en lumière

- Site n° 5 - **Clermont Ferrand** : ce projet constitue une manifestation intéressante de pugnacité de son promoteur ainsi qu'une bonne adaptation aux contraintes du site. Dans ce sens, cette opération réussie pourra être reproduite. Techniquement, elle reste très spécifique par la mise en commun d'ouvrages épuratoires entre la sucrerie et le traitement tertiaire lié à la REUT.
- Site n° 6 – **recharge de nappe à Korba** : trop récent et donc pas assez renseigné sur le plan scientifique, incomplet quant aux mécanismes pratiques d'irrigation associés, ce projet présente tout de même le mérite d'exister ; il fédère des initiatives diverses et répond à un premier objectif de lutte contre le biseau salé non négligeable. Les bilans financiers seront intéressants à analyser dans quelques années.
- Site n° 7 - **station de Kossodo à Ouagadougou** : quelques handicaps caractérisent le projet : les coûts au m3 élevés, l'obligation pour l'ONEA de se substituer aux responsables de l'agriculture absentes du périmètre d'irrigation, la disparité de statut entre les agriculteurs du projet et ceux qui en sont voisins avec les mêmes eaux, la difficile commercialisation des produits issus de la mise en valeur,

- Site n° 8 - **recharge de nappe à Nabeul** : ce projet n'est pas particulièrement édifiant compte tenu du suivi restreint sur le plan scientifique, de la prise en charge totale des coûts d'exploitation par l'Etat sans contrepartie des utilisateurs et de la vétusté des installations

Les visites auront apporté une aide décisive pour la mise au point des indicateurs pertinents en vue d'évaluer un projet avant réalisation.

9. Indicateurs d'évaluation des projets de REUT

9.1 LES RUBRIQUES PERMETTANT DE DECRIRE UN PROJET DE REUT

Qualifier et quantifier un projet sont deux aspects préalables avant de procéder à une évaluation de ce projet. On rappelle donc ci dessous quels sont les paramètres de caractérisation du projet (où ? quand ? Pourquoi ? De quelle taille, dans quel contexte ? Etc.) ; ces rubriques ne sont pas à proprement parler des indicateurs d'évaluation du projet mais des données de base indispensables à la connaissance exhaustive de l'opération. Cela concerne :

1. **La localisation** et les particularités géographiques de l'implantation du projet : (i) pays, région, ville, (ii) zone aride ou semi aride, (iii) situation insulaire ou pas, (iv) zone AFD ou en dehors, etc. ...
2. **L'historique** de mise en œuvre des composantes du projet : dans le couple épuration / REUT il peut se faire que l'un ou l'autre préexiste au projet ; ainsi une station d'épuration existe mais sans REUT ou à l'inverse de la réutilisation d'eaux brutes est déjà pratiquée. Cet éclairage est important en termes de contexte socioculturel pour apprécier d'emblée la faisabilité de la REUT.
3. **Les objectifs** poursuivis : ils sont divers et peuvent, de façon cumulative ou non, concerner (i) la suppression d'une situation d'utilisation d'eaux usées brutes, (ii) la sauvegarde environnementale, (iii) la création d'une ressource d'eau nouvelle dans une logique de GIRE, etc. Fréquemment les objectifs sont multiples et la liste précédente n'est pas exhaustive. Par exemple la REUT se double à la fois d'une sauvegarde environnementale et produit aussi des effets indirects éventuellement quantifiables.
4. **Le contexte des ressources en eau** dans la région ou la sous région et ce vis-à-vis de tous leurs usages de l'eau. Ce point est capital en ce qu'il permet d'apprécier le niveau de stress hydrique et la justification quasi implicite du projet s'il concerne une mobilisation nouvelle.
5. **Le volume disponible journalier d'EUT** fixe un ordre de grandeur sur l'importance du projet. On peut considérer qu'un minimum de 1 000 m³/j constitue la base d'une véritable réalisation et non pas seulement une expérience plus proche du pilote.
6. **Tous les paramètres quantifiables caractéristiques d'un projet "classique"** : linéaire de canalisations, puissance de stations de pompage, superficies mises en valeur, nombre de personnes concernées, etc...
7. **Les perspectives d'évolution au-delà de l'échéance même du projet** : en quantité on évaluera ainsi le surcroît d'eau traitée disponible ultérieurement en liaison avec le développement de la ville qui produit les EUT ; et en qualité on appréciera le changement du process de traitement en vue d'un autre mode de valorisation additionnel).

Une fois cette récapitulation achevée, on disposera du matériau de base pour caractériser le contexte du projet et en établir une fiche descriptive complète. La procédure d'évaluation peut alors se déployer ; la mise au point d'indicateurs d'évaluation, qui constitue le corps de ce chapitre, en est la phase opérationnelle.

La problématique des indicateurs caractérisant la REUT a occupé les trois phases de l'étude :

- La phase I, a abouti à une première proposition de liste d'indicateurs permettant de définir sous tous leurs aspects les projets de REUT.
- La phase II a été consacrée à des visites sur le terrain en vue d'apprécier le degré de réussite de projets opérationnels et la pertinence du choix des indicateurs. A cet égard une remarque importante à garder en mémoire : des indicateurs d'évaluation en situation post (le cas des visites de sites existant) ne s'apprécient pas forcément de la même façon en situation ante (celle qui correspond à l'esprit de la présente étude).
- La phase III compare la liste des indicateurs initialement proposés avec les réalités de terrain et en propose une nouvelle liste opérationnelle

Les indicateurs de caractérisation et d'évaluation sont particulièrement importants dans un domaine multidisciplinaire comme la REUT (collecte et traitement des Eaux usées, réutilisation agricole ou autre). Ils ont guidé l'analyse des visites de terrain, et servent à bâtir des éléments de doctrine et d'analyse des projets

9.2 LISTE DES INDICATEURS OPERATIONNELS

Les considérations rassemblées en première phase de l'étude confrontées aux réalités des expériences de terrain ont permis de finaliser une liste d'indicateurs qui est reprise ci-dessous et est commentée dans les paragraphes qui suivent. L'annexe 1 précise le contenu et l'évaluation de ces indicateurs.

- Les indicateurs caractérisant la définition des objectifs et la stratégie du projet
- Les indicateurs institutionnels : ils renseignent sur le cadre administratif et réglementaire qui permet à la REUT de fonctionner en pratique
- Les indicateurs de montage organisationnel renseignent sur les responsabilités exactes de tous les acteurs opérationnels depuis l'épuration jusqu'à la valorisation en passant par les différents suivis
- Les indicateurs technologiques qualifiant les procédés d'épuration dans leur pertinence et leur efficience
- Les indicateurs de mise en œuvre du projet au niveau de la réutilisation elle-même ; ces indicateurs varient d'un mode de valorisation à un autre : on n'apprécie pas de la même manière de la valorisation agricole et des recyclages urbains pour l'irrigation d'espaces verts ou la fourniture d'eau à certaines usines
- Les indicateurs de suivi sanitaire et environnemental
- Les indicateurs économiques
- Les indicateurs financiers

9.2.1 Indicateurs d'objectifs et de stratégie du projet

La question des objectifs et de la stratégie du projet (qui peut d'ailleurs être plus ou moins explicite) est essentielle en REUT ; en effet les buts poursuivis peuvent être multiples et il est important de hiérarchiser ces objectifs si on veut identifier les bénéficiaires, les mesures d'accompagnement, les coûts réels des opérations, les responsabilités exactes tant en investissement qu'en maintenance.

On retient deux indicateurs pour rendre compte de ces considérations :

STR1	Existence d'une GIRE clairement identifiée au travers d'un document cadre et inscription du projet dans cette politique
STR2	Effets complémentaires du projet en termes environnementaux

STR1 EXISTENCE D'UNE GIRE CLAIREMENT IDENTIFIEE ET INSCRIPTION DU PROJET DANS CETTE POLITIQUE

L'objectif ou les objectifs d'un projet de REUT s'inscrit (s'inscrivent) fréquemment dans un cadre stratégique de gestion intégrée des ressources en eau mais pas forcément. Il est sûr que la pérennité du projet sera plus grande si le choix de recourir à de la REUT (de préférence à une autre ressource plus chère ou moins durable ou les deux) est le fruit d'une planification prenant en compte les conflits d'usage et les priorités d'affectation de la ressource. En présence d'une telle vision stratégique, on peut penser que le pays qui conçoit un projet dans ce contexte est en mesure également de prendre en compte toutes les contraintes liées à la REUT.

La vérification concrète que la GIRE est opérationnelle est **l'existence d'un document cadre** disponible aisément et accessible à tous les services concernés par le projet. Le contenu tout comme la genèse de ce document et la concertation dont il a fait l'objet sont très utiles pour se forger un point de vue sur sa pertinence et son appropriation.

On vérifiera également, au travers de l'indicateur STR1, que le projet est cohérent vis-à-vis de la stratégie établie dans le document cadre.

STR2 EFFETS COMPLEMENTAIRES DU PROJET EN TERMES ENVIRONNEMENTAUX

On cherche à mesurer, au travers de STR2, les impacts induits par le projet au titre des objectifs secondaires : ainsi du rôle bénéfique d'un non rejet en mer consécutif à un usage direct en sortie de station d'épuration ; ainsi de l'effet positif du non prélèvement d'eau en nappe ou en rivière suite à une valorisation permettant l'économie de cette eau ; ainsi de la lutte contre le biseau salé corrélatif à une recharge de nappe. En parallèle bien sûr les informations issues des études d'impact seront, elles aussi, bénéfiques pour valoriser cet indicateur. Il serait tout à fait cohérent que ces problématiques soient identifiées et mises en perspective dans le document cadre concerné par STR1.

9.2.2 Indicateurs institutionnels

Une autre façon de vérifier que le projet est correctement élaboré est de voir si il s'inscrit dans un cadre institutionnel cohérent. Pour ce faire on propose trois indicateurs qui permettent de jauger le dispositif en place au sein des instances nationales d'une part et de mesurer le contenu des textes réglementaires de référence d'autre part.

INS1	Clarté dans le rôle de chaque ministère, de l'exercice de sa ou ses tutelles et de coordination à l'échelle nationale
IINS2	Existence de textes législatifs opérationnels en matière de REUT y inclus un corps de normes / valeurs guides spécifiques pour l'épuration des EU
INS3	Référence explicite à un corps de normes et valeurs guides, en matière d'irrigation avec des EUT ou pour d'autres usages

INS1 ROLE DE CHAQUE MINISTERE

Le contenu des attributions ministérielles est un indice d'orientation politique en matière de REUT. Décider que c'est l'Agriculture qui a la tutelle de l'irrigation avec des EUT, ou plutôt le département de l'assainissement, ou encore ne pas décider et laisser ce rôle au responsable de la station d'épuration, c'est fournir en quelque sorte une indication sur la façon d'anticiper les problèmes et leur résolution. Le contre exemple éloquent en la matière est celui d'Ouagadougou où les autorités tardent à désigner un opérateur qualifié pour administrer l'irrigation. En phase d'identification de projet l'organigramme institutionnel est, avant toute autre analyse, un paramètre qui doit être regardé avec attention.

A ce stade de l'évaluation, il convient également de noter comment les différents départements ministériels collaborent entre eux et comment s'organise la coordination. Les conflits d'intérêt ou les différences d'approche sont fréquentes : pour un ministère de l'Environnement actif à promouvoir la REUT, on peut avoir en parallèle un ministère de l'Industrie récalcitrant pour obliger les Industriels à dépolluer ou un ministère de la santé réticent à donner son feu vert. C'est tout ce dispositif qui est en jeu pour la détermination de cet indicateur.

L'idéal est l'existence d'une commission interministérielle en charge de toute la problématique REUT.

INS2 EXISTENCE DE TEXTES LEGISLATIFS SUR L'EPURATION DEDIEE A LA REUT

Plus précis et plus opérationnel que INS1, le présent indicateur porte sur le corpus législatif : l'analyse peut être fastidieuse et complexe dans les pays où les protocoles d'élaboration de la loi sont encore en cours. Ainsi on devra analyser les textes existants ou en préparation, vérifier qu'ils sont effectivement à l'œuvre et éventuellement en expertiser le contenu. Les décrets et arrêtés correspondants doivent traiter des modes d'épuration en termes de recommandation ou d'interdits, des paramètres de concentration caractérisant les effluents, des dispositions financières et tarifaires. Au-delà des considérations techniques, ils devront être promulgués.

En pratique valoriser cet indicateur c'est prendre connaissance du code de l'eau ou de son équivalent et **vérifier que toutes les situations de REUT sont prévues par la loi**.

INS 3 EXISTENCE DE TEXTES LEGISLATIFS SPECIFIQUES A LA VALORISATION AVEC DES EUT

INS3 est distinct de INS2 car il concerne exclusivement le domaine de la valorisation des EUT, qu'elle soit agricole ou autre. L'existence de textes de lois dédiés spécifiquement à définir le champ du restrictif en agriculture du non restrictif est essentiel. On pourra s'inspirer de la présentation OMS pour vérifier point par point l'ensemble des dispositions pratiques qui doivent faire l'objet d'une réglementation claire et chiffrée : concentrations admises, techniques d'irrigation, précautions pour les travailleurs, pratiques aval sur l'usage des produits etc.

L'exercice d'évaluation est délicat ; il existe en effet des législations qui précisent, mais de façon lapidaire, font référence aux "recommandations OMS". Cela n'est pas suffisant et traduit en fait le non aboutissement de la prise en compte de la question REUT et de ses conséquences. L'appropriation par un pays des recommandations OMS doit se traduire par des textes spécifiques nommant en détails organismes et acteurs particuliers du pays.

9.2.3 Indicateurs de montage organisationnel

Autant les indicateurs de type institutionnel renseignent sur la faisabilité administrative théorique (préalable indispensable à la réussite du projet), autant dans le domaine organisationnel, on aborde le champ du pratique et de la faisabilité concrète.

ORG1	Clarté dans la définition du ou des porteur(s) de projet
ORG2	Organisation du secteur de l'assainissement urbain : dynamisme du secteur apprécié en termes de collecte des EU et d'épuration
ORG3	Niveau d'animation et de vulgarisation des techniques de valorisation notamment agronomique

ORG1 EXISTENCE D'UN PORTEUR DE PROJET ET D'UN OPERATEUR EFFECTIF

L'existence d'un porteur de projet en charge à terme de le manager est un indicateur décisif pour la réussite de l'opération. Dès la définition exacte de la maîtrise d'ouvrage exacte du projet on peut être renseigné sur ce point : qui sollicite un concours financier ? qui est en charge de la REUT ? **Simple et quasiment rédhitoire ORG1 constitue un préalable à l'instruction du dossier**, à tout le moins un avertisseur en cas de flou sur ce point. L'enseignement issu de Ouagadougou est là pour illustrer ce point : la fragilité du dispositif était inscrite au départ du projet dans la mesure où l'ONEA est venu à de la gestion de REUT sans en être véritablement spécialiste.

ORG2 ORGANISATION DU SECTEUR DE L'ASSAINISSEMENT

On ne peut pas concevoir une quelconque efficacité aval si le dispositif amont est défaillant. En clair, on cherche à travers l'indicateur ORG2 à vérifier que le secteur urbain de collecte et traitement des effluents est correct en qualité comme en quantité. Mais cette vérification doit dépasser le seul constat d'une bonne organisation du service des égouts et de la station d'épuration ; il convient également de contrôler que les prétraitements au niveau des Industriels sont bien conduits, que les procédures hydrauliques en temps de pluie ne sont pas préjudiciables aux irrigants, que les dispositions de maintenance sont en harmonie avec les échéances et les obligations du calendrier agricole (attention à la station d'épuration qui rejetterait en rivière et non sur le périmètre irrigué ses effluents pendant une période d'entretien des bassins, attention à la station d'épuration qui ne garantirait pas la qualité de ses effluents). L'objectif de cet indicateur est tout simplement de vérifier que le responsable de l'assainissement connaît les contraintes aval qu'il devra assumer dans le cadre du projet.

Le moyen de juger de cet aspect est d'analyser la convention ou le projet de convention de cession des EUT du gestionnaire de la station d'épuration à l'utilisateur aval.

Ce document doit préexister au projet et non pas être rédigé a posteriori dans l'improvisation. Une convention type peut servir de référence, sachant tout de même que la qualité d'un accord de cession d'effluents amont – aval doit prendre en compte toutes les spécificités du site. L'analyse financière du document est un point essentiel et doit permettre de vérifier que les engagements de chacun sont correctement définis.

ORG3 NIVEAU DE VULGARISATION DU SECTEUR DE LA VALORISATION AVEC LES EUT

L'irrigation avec des effluents d'origine humaine nécessite des pratiques, des précautions, des techniques d'irrigation particulières, le respect contraignant de règlements, etc. Organiser l'information et la formation des irrigants à cet ensemble spécifique de règles et de méthodes est essentiel.

Certes cet indicateur est peut-être difficile à estimer en phase d'évaluation avant réalisation du projet car il nécessite de se projeter dans le futur et d'identifier à l'avance les dispositions que le ou les porteurs de projet comptent mettre en œuvre pour la bonne maintenance des ouvrages. Cependant il restitue bien le degré de maturité du projet vis-à-vis de l'encadrement des utilisateurs. Attention s'il peut sembler redondant avec les indicateurs de suivi, ce mode d'appréciation en est distinct et concerne la capacité du pays à véritablement promouvoir, sous tous ses aspects, l'usage de l'eau recyclée.

Pour évaluer cet indicateur, on recherchera si des formations, des réunions de travail ou des supports d'information ont été communiqués aux futurs irrigants concernés par le projet.

9.2.4 Indicateurs concernant les technologies d'épuration

Ces indicateurs, on nombre de 3, visent à vérifier la compatibilité de l'épuration avec le devenir des effluents dans le cadre du projet soumis à financement.

EPU1	Adéquation du process et des dimensionnements associés vis-à-vis des objectifs de qualité requis par le mode de valorisation
EPU2	Performances épuratoires
EPU3	Eventuellement si déminéralisation ou potabilisation : abattement et conductivité finale en ratio par rapport à la concentration de l'eau brute

EPU 1 ADEQUATION DU PROCESS AVEC LES OBJECTIFS DE QUALITE

Cet indicateur concerne spécifiquement les caractéristiques du projet : compte tenu des objectifs, est ce que les process d'épuration sont conformes aux contraintes de REUT ? Si les indicateurs INS1 et INS2 ont donné satisfaction, l'appréciation de EPU1 consistera à confronter objectifs du projet et cadre réglementaire de façon quasi automatique comme dans le cadre d'une instruction de conformité ordinaire. Si les textes ne sont pas assez clairs ou complets l'estimation de cet indicateur passe par une expertise détaillée du projet et des documents qui le composent.

C'est surtout le niveau tertiaire de décontamination du traitement des EU qui doit faire l'objet d'une vérification attentive en termes d'adéquation process / niveau de qualité de sortie de l'effluent, si celui-ci est nécessaire au devenir des effluents.

On regardera également à ce stade si des mesures sont prises pour traiter la pollution industrielle à la source, dans le cas où celle-ci serait produite sur le périmètre de collecte.

Dans l'évaluation de cet indicateur on se limitera à valider le projet en terme de prévision ou non des ouvrages de traitement nécessaires.

EPU 2 PERFORMANCES EPURATOIRES

Cet indicateur prolonge le précédent : au-delà de la conception des ouvrages il convient d'analyser en détail via une expertise technique les performances attendues. Cela doit se faire classiquement sur l'épuration, via les ratios d'abattement de MES, DBO, DCO, N, P, K mais surtout sur les résultats après désinfection en termes d'abattement bactériologique coliformes et œufs d'helminthes.

En plus des considérations qualitatives, on évalue à ce niveau les caractéristiques des ouvrages propres à une station d'épuration : l'analyse rejoint les procédés de vérification habituelle en matière de dimensionnements, d'implantation, d'études de nuisances etc

Indicateur de portée spécifiquement technique, EPU2 effectue la vérification du projet d'épuration dans sa conception. Si des insuffisances importantes sont notées, une reprise du projet constituera alors un préalable pour poursuivre l'évaluation.

EPU 3 LE CAS DE LA DEMINERALISATION ET DES TRAITEMENTS EXTREMES POUR LA POTABILISATION

Cet indicateur est très spécifique à des objectifs particuliers de déminéralisation en cas d'effluents trop chargés pour l'irrigation ou même pour une perspective de potabilisation, encore rare en l'état actuel des techniques, même si certains pays l'envisagent dans un avenir plus ou moins proche.

9.2.5 Indicateurs de mise en œuvre du projet

Restituer les particularités de tous les modes de REUT conduit à définir des indicateurs généraux communs à tous les modes de REUT et d'autres relatifs spécifiquement à chaque mode. Ces indicateurs permettent d'entrer de plain pied dans la réalité de la REUT.

GEN1	Respect des règles de l'art au niveau des dossiers de conception
GEN2	Respect des règles de sécurité
GEN3	Information et communication auprès des usagers
AGR1	Contexte agro pédologique adapté
NAP1	Spécificités liées à la recharge de nappe

GEN1 RESPECT DES REGLES DE L'ART

Cet indicateur est là pour mémoire car il est bien sûr commun à toute opération nécessitant validation. Simplement il prend un relief particulier dans le domaine de la REUT dans la mesure où fréquemment dans plusieurs pays, la nouveauté de la REUT fait qu'on ne dispose pas de méthodes de routine pour concevoir d'une part et vérifier d'autre part la pertinence d'un projet.

Indicateur de portée spécifiquement technique, GEN1 effectue, comme pour EPU2, un bilan de conception mais cette fois sur la partie réutilisation des eaux. **Si des insuffisances importantes sont notées, une reprise du projet constituera alors un préalable pour poursuivre l'évaluation.**

GEN2 RESPECT DES REGLES DE SECURITE

Cet aspect **réglementaire** concerne les procédures prévues pour ne pas mettre en danger la sécurité des personnes comme dans tout projet mais fait référence aux spécificités de la REUT et notamment en matière d'irrigation : distances minimales pour de l'aspersion avec des EUT, équipement des travailleurs, traçabilité des produits ;

En fait les points de vérification portent sur les dispositions réglementaires évoquées plus haut et l'évaluation de l'indicateur GEN2 revient à vérifier l'adéquation entre les textes et les pratiques annoncées.

GEN3 INFORMATION ET COMMUNICATION

Comme pour plusieurs indicateurs, la question de l'information et de la communication est délicate à évaluer avant mise en œuvre effective. Néanmoins il est très important de demander au maître d'ouvrage (i) s'il est conscient des enjeux liés à la communication et à l'information des personnes concernés et (ii) surtout comment il compte s'y prendre pour mettre en œuvre cette communication. Contenu des messages à diffuser, protocoles de diffusion, cibles exactes, méthodes d'évaluation seront donc soigneusement évalués. Par ailleurs il sera bon de recueillir et d'analyser les études socio culturelles en liaison avec le projet disponibles ou en cours d'élaboration, donnée indicatrice d'une maturité réelle de l'opérateur sur les questions d'information.

AGR1 CONTEXTE AGRO PEDOLOGIQUE

En plus des paramètres ordinaires relatifs à la pertinence d'un projet de mise en valeur agricole (pédologie, doses et fréquences d'irrigation, commercialisation, rentabilité etc ...), les particularités de la REUT concernent les restrictions éventuelles aux choix de cultures et les modes d'irrigation. La confrontation entre les règlements et le contenu du projet sont, là encore, la bonne procédure pour vérifier que le projet a été convenablement conçu.

NAP1 CONTRAINTES LIEES A LA RECHARGE DE NAPPE

Les techniques mises en œuvre dans le cadre de la recharge de nappe avec des EUT sont suffisamment particulières pour justifier d'une validation de toute la chaîne du process. L'indicateur d'évaluation NAP1 vise à vérifier que les données hydrogéologiques ont été correctement recueillies, que les paramètres d'infiltration reposent sur des études fiables, que les volumes projetés sont conformes aux caractéristiques de l'aquifère, que les techniques d'exhaure sont sous contrôle, que les restrictions éventuelles sont bien énoncées et que l'information aux usagers est correctement prévue (cf. GEN3). En général les projets de cette nature ont été précédés d'une opération pilote dont il conviendra de recueillir les enseignements et de vérifier qu'ils sont convenablement exploités dans le cadre du projet.

NAP1, indicateur technique, s'appréciera donc au vu de la pertinence des études spécifiques à la recharge de nappe qu'il conviendra préalablement d'identifier. **Si des insuffisances importantes sont notées, une reprise du projet constituera alors un préalable pour poursuivre l'évaluation.**

La particularité de la REUT est qu'elle impose une grande vigilance sur la qualité de l'eau mise à disposition des utilisateurs. On notera en préalable à l'analyse des indicateurs liés au suivi de cette qualité que cette vigilance n'est pas exclusive de la REUT et qu'un conducteur de station de potabilisation y est également contraint ...

9.2.6 Indicateurs de suivis sanitaire et environnemental

L'évaluation de suivis fait appel à trois notions :

- **la pertinence du protocole de suivi** (échantillonnage adapté, fréquence satisfaisante, nature des analyses convenable)
- **la réalité de la mise en œuvre** du ou des suivis
- en cas de résultat négatif, **la capacité à réagir**

Ces trois notions fixent la méthodologie pour évaluer l'efficacité des suivis proposés par le projet :

SUI1	Gestion qualitative des EUT : fréquence des analyses et conformité aux objectifs
SUI2	Evaluation sanitaire de la population vivant sur la zone de REUT
SUI3	Indices biotiques du milieu aquatique
SUI4	Qualité de l'eau de la nappe

SUI1 GESTION QUALITATIVE DES EUT

Il ne s'agit pas ici d'évaluer les méthodes d'auto contrôle du fonctionnement de la station d'épuration, qui obéissent aux dispositions courantes du secteur de l'assainissement et sortent stricto sensu du champ de la REUT. L'indicateur SUI1 concerne la qualité de l'eau servie aux utilisateurs à l'aval de la station d'épuration.

La conformité prévisionnelle du cahier de charges de la cession d'eau est l'outil indicateur permettant de juger a priori que les contrôles sont bien conçus.

La capacité à réagir concerne l'information rapide aux utilisateurs que l'eau n'est pas conforme accidentellement et que des mesures de compensation éventuelle sont prévues.

SUI2 EVALUATION SANITAIRE DE LA POPULATION

Les autorités sanitaires d'un pays si elles sont confrontées à une situation épidémique, ont pour devoir et pour objectif de corrélérer rapidement et efficacement pathologies et origine du risque. En cas d'épidémie relative à des maladies d'origine hydrique, le lien éventuel avec la pratique de la REUT doit pouvoir être fait aisément. C'est précisément cette aptitude à effectuer cette corrélation qu'il convient d'apprécier auprès du secteur de la Santé au niveau national ou régional.

On vise à travers cet indicateur à vérifier que (i) le secteur de la Santé est correctement informé de la pratique de la REUT et donc des risques que cela engendre, (ii) qu'il a les moyens humains et méthodologiques d'établir la corrélation éventuelle entre survenue d'une épidémie et pratique de la REUT, et (iii) qu'il a la capacité à interdire cette pratique momentanément, à organiser les soins, à agir en conformité avec ses obligations.

On notera, comme déjà mentionné plus haut, que le suivi sanitaire systématique n'est pas une obligation méthodologique inhérente à la REUT. La réglementation, les dispositifs et les dispositions spécifiques à la REUT sont prévus pour fixer le cadre des contraintes à respecter. Par contre, comme dans de nombreux domaines à risque, il est essentiel que la société organise les voies et moyens de sa vigilance et des réactions qui y sont associées. C'est là tout l'enjeu du suivi sanitaire et donc, dans le cadre de cette étude, de l'évaluation de l'indicateur SUI2 qui s'appuiera sur l'examen des cahiers de procédure disponible et de son contenu.

SUI3 INDICES BIOTIQUES DU MILIEU AQUATIQUE

Dans certaines pratiques indirectes de la REUT, l'eau transite par le milieu naturel avant d'être affectée à un nouvel usage. Se pose alors la question du qui est responsable de quoi en termes de qualité et comment les mesures des indices biotique sont menées à bien. On estime à travers cet indicateur l'aptitude des Autorités à s'assurer de la qualité du milieu ; à l'instar de la question sanitaire qui interpelle le ministère de la Santé, il est question ici de la responsabilité du secteur de l'Environnement : est-il au courant que de la valorisation indirecte d'eaux usées est à l'œuvre et comment procède – t-il pour suivre la qualité de l'eau et réagir en cas de problème ? Le point fort pour appréhender cet indicateur concerne la coordination et l'information entre secteurs administratifs. On cherche très concrètement à suivre le dialogue entre épurateur et Environnement.

La convention de déversement et éventuellement la charte associée sont les outils administratifs qui permettent de se positionner pour évaluer SUI3.

SUI4 QUALITE DE L'EAU DE LA NAPPE

Cet indicateur est le même que le précédent mais il s'apprécie différemment du fait du milieu. On vérifie de la même manière que pour l'Environnement, qu'un organisme est en charge explicitement du suivi de la qualité de l'eau de nappe quand de la recharge avec des EUT est pratiquée.

BILAN D'ETAPE

⇒ Une fois l'appréciation des indicateurs listés précédemment effectuée, il conviendra de pointer les insuffisances de conception techniques, les faiblesses d'ordre organisationnel ou institutionnel afin de dresser un premier bilan et d'orienter l'évaluation de projet, soit vers des études complémentaires, soit vers la poursuite des analyses économiques et financières.

9.2.7 Indicateurs économiques

Les indicateurs économiques sont essentiels pour une mise en perspective du projet avec le contexte général et pour effectuer d'éventuelles comparaisons d'opportunité. Les informations décrites plus haut (cf. § 9.1 les rubriques permettant de décrire un projet de REUT) sont la première masse documentaire servant à quantifier ces indicateurs. D'autres informations sont plus délicates à recueillir et nécessitent une bonne coordination avec les promoteurs du projet.

ECO1	Population concernée par le projet (amont et aval)
ECO2	Nombre de bénéficiaires de la REU
ECO3	Volume de REUT par habitant
ECO4	Consommation énergétique en kWh / m3
ECO5	Valeur ajoutée par m3 d'eau réutilisée
ECO6	Nombre d'emplois créés
ECO7	Nombre d'emplois maintenus
ECO8	Coût d'opportunité (cas où la ressource est rare et affectée à un autre usage)
ECO9	Coût des dégâts évités

ECO 1 NOMBRE DE BENEFICIAIRES DU PROJET D'ASSAINISSEMENT

Ce critère est retenu pour donner la première dimension du projet et souligner les enjeux par rapport à une population raccordée au système d'assainissement et celle qui est connectée par à la station d'épuration.

C'est une donnée facile à obtenir, mais il convient de bien préciser que le raccordement est bien celui de la station de traitement. La valeur obtenue est le plus souvent un ordre de grandeur en équivalent habitants. Il se vérifie par les critères de rejets et permet de contrôler la cohérence du chiffre des volumes traités au niveau de la station.

Ce critère reste indicatif.

ECO 2 NOMBRE DE BENEFICIAIRES DE LA REU

Ce critère permet de dénombrer les utilisateurs de l'eau traitée. L'ordre de grandeur est très variable : une valeur unitaire ou au contraire un nombre très élevé (cas des périmètres irrigués par exemple).

Dans le cas des périmètres irrigués le chiffre a été obtenu à partir de ratios moyens d'une part sur la consommation en m³ par ha irrigué, et d'autre part en se basant sur la superficie moyenne des exploitations. Les données complémentaires doivent en principe être recherchées dans l'environnement immédiat de l'activité concernées, et demandent d'avoir recours à des sources fiables, si possible des données écrites, ou confirmées à dire d'experts.

Ce critère reste indicatif.

ECO 3 VOLUMES D'EAU UTILISES PAR UTILISATEUR

Ce sont des volumes qui servent ici de critère. La valeur obtenue permet d'identifier la nouvelle ressource en eau et son potentiel de création de richesse. Ce critère permet la comparaison de projets ou de **variantes** d'un même projet.

La donnée s'obtient par division des volumes disponibles en sortie de station, par le nombre d'utilisateurs (critère ECO2).

Ce critère peut être décisionnel.

ECO 4 CONSOMMATION ENERGETIQUE PAR M³ PRODUIT

Le coût de l'énergie pèse de plus en plus sur les résultats économiques des projets et il est utile de mettre en évidence les efforts pour diminuer ou limiter la consommation énergétique, de fait ce critère vient compléter la valeur environnementale que l'on pourrait lui attribuer a priori.

Ce sont des kWh/m³ qui servent ici de critère. Il s'agit de mesurer l'énergie consommée pour produire et distribuer l'eau recyclée. Les deux phases peuvent être distinguées, et plusieurs cas de figure peuvent se présenter sur le terrain. Parfois production et distribution sont contrôlées par le même opérateur (cas de la station de San Rocco à Milan qui « gère » l'eau jusqu'à 4 Km en sortie d'usine), mais la consommation d'énergie n'est pas forcément affectée à chaque étape du processus.

La capacité à apprécier ce critère sera liée à celle du gestionnaire à fournir une information ciblée sur la REU et c'est actuellement une démarche encore peu utilisée dans le suivi des consommations, mais qui devient de plus en plus significative de la performance des projets.

La valeur de ce critère peut être approchée directement ou indirectement par les coûts d'énergie, à condition de disposer d'une comptabilité analytique qui permet d'identifier le niveau de production et celui de la distribution, et mesurer précisément ce qui est induit par les usages de l'eau.

Sur les huit exemples analysés, l'identification de la consommation énergétique n'a pu se faire que sur un seul des projets. Les données obtenues permettent d'identifier le nombre de kWh supplémentaire à fournir pour produire 1 m³ d'eau à destination agricole, sans toutefois donner la part de l'énergie supplémentaire pour la distribution (relevage en particulier). Pour l'exemple de Shafdan un coût de l'énergie par m³ d'eau agricole a été communiqué, ce coût inclut certainement la production et le transport, mais les données communiquées ne précisent pas la consommation énergétique nécessaire.

Ce critère peut être décisionnel.

ECO 5 VALEUR AJOUTEE PAR M3 EN EUROS

L'eau recyclée va servir à produire des biens qui seront valorisés à leur tour, qu'elle est cette valeur par rapport au m³ utilisé ? En s'appuyant sur la valorisation finale de biens ou de service produits grâce à l'eau traitée, ce critère devient essentiel pour évaluer l'impact économique du m³ utilisé.

La valeur ajoutée d'un bien de production se calcule par la différence entre la valeur de vente du produit (chiffre d'affaire) et la valeur des biens intermédiaires (intrants) directs utilisés pour la fabrication de ce bien. La valeur ajoutée ne comprend pas les coûts de main d'œuvre, ni la rémunération du capital, ni les charges fiscales, ni les charges foncières.

Dans le cas d'un golf la valeur ajoutée se mesure par la différence entre les cotisations et/ou redevances payées par les golfeurs, et les coûts d'entretien du green (amortissement pour l'implantation et le matériel, coûts d'irrigation).

Dans le cas d'une utilisation agricole la valeur ajoutée sera celle de la production finale obtenue moins les intrants que sont les semences ou les plants, les engrais, l'eau d'irrigation et l'amortissement du matériel agricole ramené à la superficie concernée. La plupart du temps le calcul s'appuie sur la description des itinéraires techniques de chacune des cultures concernées.

Les exemples analysés montrent bien que la pertinence du critère est dépendant de la qualité des données obtenues, notamment dans le cas de la valorisation agricole où les résultats restent liés au degré de suivi des exploitations.

On prendra garde que plusieurs niveaux d'intervention, ou de soutien à la production peuvent perturber la lecture des résultats. Cela est sensible par exemple dans le cas de San Rocco où la politique de soutien de l'agriculture européenne corrige fortement les prix du marché. Dans le cas de Shafdan et de l'irrigation du Néguev l'influence des subventions apparaît forte, mais reste aussi longue à décrypter. L'effort de synthèse à fournir pour ce critère n'est pas sans intérêt dès lors que les contraintes rencontrées sont explicitées.

Ce critère peut être décisionnel dans le cas de comparaison de solution de réutilisation.

ECO 6 NOMBRE D'EMPLOIS DIRECTS CREES PAR LA REU

Il s'agit ici d'identifier les emplois liés aux activités découlant de l'utilisation des eaux traitées.

Pour accéder à cette information, il faudra souvent recouper les données par rapport à l'activité exercée afin d'obtenir des ordres de grandeur, plus que des valeurs très précises.

Ce critère peut être décisionnel.

ECO 7 MAINTIEN DES EMPLOIS AVEC LA REU

L'objectif de ce critère répond en fait à la question de la non réalisation du projet de réutilisation. Que se passe-t-il au niveau des emplois si le projet n'est pas réalisé ? Est-ce que l'impact sur les emplois est important ?

Ce critère est une autre façon de démontrer l'importance du projet. D'autre part ce critère complète la typologie des projets. Par exemple la réutilisation en Jordanie permet de maintenir une population agricole dans la vallée du Jourdain, sans l'eau des emplois existants sont perdus. Le cas du Néguev est différent, avant le projet de réutilisation il n'y avait pas d'activité agricole intensive, la réponse au critère de maintien des emplois aura une portée différente.

Ce critère peut être décisionnel.

ECO 8 COUT D'OPPORTUNITE DE L'EAU

Ce critère est construit sur la base de l'analyse d'une alternative qui n'a pas été choisie. A quelle activité a-t-on renoncé ? Que serait-il possible de faire d'autre avec l'eau traitée ? Peut-on l'affecter à un autre usage ?

Les exemples montrent que la réponse est liée au contexte dans lequel s'est effectué le projet de traitement lui-même (projet environnemental de protection du milieu, lié ou non à la possibilité d'une valorisation en cascade), mais aussi au contexte plus général de la ressource en eau.

Dans certain cas il n'y a pas eu d'autre opportunité possible, le choix qui a été fait est le meilleur qui puisse être pour valoriser l'eau une seconde fois. Dans le raisonnement extrême de ce type de situation on peut arriver à définir que la réutilisation n'était pas indispensable, mais présente seulement une bonne opportunité de créer de nouvelles richesses, et qu'en fait celle qui a été choisie correspond le mieux aux contraintes ou aux besoins locaux. Dans ce cas le coût d'opportunité ne s'exprime que par une satisfaction accomplie, on n'a renoncé à rien, le coût d'opportunité est égal au coût de l'eau produite pour la réutilisation, en fait il n'y a pas de coût d'opportunité.

Dans d'autre cas la réutilisation de l'eau est inévitable, c'est une ressource indispensable qui vient corriger les effets de pénurie. L'utilisation la plus importante à laquelle on aurait renoncé ne peut être que celle destinée à l'alimentation humaine. Dans ce cas c'est la qualité de l'eau obtenue qui va permettre de dire si vraiment on a renoncé à une autre valorisation. Faut-il investir d'avantage pour avoir une qualité potable ? L'accès à cette ressource nouvelle oblige t'il à des investissements nouveaux (stockage, transports,...) ? Le coût de potabilisation va-t-il être inférieur à la valeur ajoutée que l'on obtient avec l'utilisation qui a été choisie.

Deux cas d'analyse ont eu cette alternative à résoudre. La réponse reste celle du choix d'une très forte valorisation de l'eau, dans les deux cas celui d'une agriculture intensive créant en surplus une très forte activité économique par effets induits. Ce qui revient à comparer les bénéfices du secteur agricole développé avec ceux réalisés en mettant dans le circuit d'avantage d'eau potable. La tâche d'évaluation se complique.

Cependant, si l'on accepte dans ces cas une simplification extrême, la seule valeur facilement accessible serait celle d'un coût d'opportunité qui s'exprime par le prix de cession d'un m³ d'eau potable. Choix qui reste très soumis à critique dans le cas où le coût de l'accès à l'eau est, dans beaucoup de pays, largement subventionné. Le prix de l'eau est rarement le reflet de sa valeur économique, les enjeux qui en dépendent ont un caractère social et politique suffisamment élevés pour que les choix retenus soient implicitement les meilleurs pour un équilibre souhaitable. Si l'on écarte un coût d'opportunité au moins égal au prix de vente du m³ d'eau potable, on accepte implicitement que la valorisation de l'eau agricole compense largement le choix d'avoir écarté un usage eau potable, et là encore le coût d'opportunité ne s'exprime pas, il est nul.

Ce critère est indicatif du fait de la difficulté de son approche.

ECO 9 COUT DES DEGATS EVITES PAR LA REUT

Cette partie de l'analyse entre dans le domaine de l'évaluation d'événements qui auraient pu se produire si le programme de réutilisation n'avait pas été engagé. Ce qui permet d'avoir un autre éclairage sur les effets bénéfiques du projet.

Certaines des évaluations peuvent être chiffrées : perte d'emploi, perte de valeur ajoutée si une activité est supprimée. Mais bien souvent l'objectif principal du traitement des eaux est celui de l'assainissement du milieu naturel et rentre dans le domaine de l'évaluation environnementale et dans celle des coûts intangibles, par définition difficile à évaluer en termes monétaires.

Dans les études de cas au moins deux exemples entrent dans cette catégorie, et demandent des évaluations plus approfondies pour refléter l'impact du projet. Mais l'importance d'une dépollution reste souvent assez parlante en elle-même pour justifier des prises de décision sans avoir systématiquement à les chiffrer. Des tables de comparaison de préférence suffisent parfois à valoriser les enjeux.

Ce critère peut être décisionnel.

9.2.8 Indicateurs financiers

Tout comme les indicateurs économiques, les indicateurs financiers sont de première importance pour la décision d'un bailleur à soutenir financièrement un projet de REUT. Un ensemble de huit indicateurs, dont sept sont considérés comme à portée décisionnelle sont listés ci après.

FIN1	Montant de l'investissement des ouvrages d'épuration
FIN2	Ratios d'investissements des ouvrages d'épuration
FIN3	Frais d'exploitation annuels de l'épuration et frais d'exploitation au m3
FIN4	Montant des investissements des ouvrages propres à la REUT
FIN5	Frais d'exploitation annuels de la REUT au m3
FIN6	Politique mise en œuvre pour limiter les dépenses d'énergie
FIN7	Solidité des montages financiers : niveau d'équilibre entre subventions, tarifs, service de la dette
FIN8	Prise en compte du financement de tous les suivis par les différentes administrations concernées

FIN 1 MONTANT DE L'INVESTISSEMENT DES OUVRAGES D'EPURATION

L'investissement des ouvrages d'épuration est une donnée de base pour identifier le projet. C'est une donnée relativement facile à obtenir, mais sur laquelle il est toujours indispensable d'apporter des précisions par rapport aux équipements réalisés et selon les différentes phases d'exécution du programme.

Ce critère est indicatif surtout dans la décision du financeur.

FIN 2 CHARGES D'INVESTISSEMENT DU SERVICE EPURATION PAR M³

L'investissement étant connu il est facile de calculer la valeur d'investissement pour une unité de volume traité. C'est un indicateur qui est utile en cas de comparaison de projet, mais surtout en cas de comparaison de scénarios. Il peut amener un concepteur à repenser son process d'épuration.

Ce critère peut être décisionnel.

FIN 3 CHARGES ANNUELLES DU SERVICE EPURATION ET CHARGES PAR M³

La valeur brute des charges annuelles n'est souvent pas exprimée, car liée au contrat d'exploitation et à l'intervention de différents partenaires financiers.

Par contre le coût rapporté au m³ est souvent plus facilement accessible. Ces deux données restent un bon élément de comparaison entre plusieurs projets.

Ce critère peut être décisionnel.

FIN 4 INVESTISSEMENTS REALISES DANS LE DOMAINE DE LA REU

Il s'agit là de la valeur des investissements directement affectés à la réutilisation, et concerne par conséquent les ouvrages réalisés après le rejet, en sortie de station. La difficulté est que cette valeur n'est parfois pas dissociée de l'ensemble des investissements. Il faut donc insister au moment des études pour que cette valeur soit identifiée.

Ce critère est indicatif.

FIN 5 CHARGES D'INVESTISSEMENT DU SERVICE REU PAR M³

C'est un critère qui n'avait pas forcément été identifié avant les visites de terrain, mais qui s'avère utile pour comparer les projets. Pour le construire les difficultés sont liées à celles rencontrées au moment de l'identification des investissements spécifiques à la REU. Sinon c'est un critère simple à construire.

Ce critère peut être décisionnel.

FIN 6 CHARGES ANNUELLES LIEES A LA REU ET CHARGES PAR M³

La connaissance de cette donnée dépend fortement du mode de réutilisation. Généralement le poste de dépense le plus important est celui d'un pompage ou d'un relevage. Là encore il n'est pas forcément identifié par les utilisateurs ou même les gestionnaires. **La séparation des rôles entre production et réutilisation ne facilite pas l'établissement de ce critère.** En principe en situation ex ante les données restent facilement mobilisables.

Il convient de recouper ce critère avec le critère ECO 7 qui évalue la consommation énergétique seule.

Ce critère peut être décisionnel.

FIN 7 POLITIQUE MISE EN ŒUVRE POUR LIMITER LA CONSOMMATION ENERGETIQUE

Dans le même ordre d'idée ce critère a pour but l'évaluation des consommations énergétiques, en mettant en valeur ce qui est entrepris pour leur diminution. Ce critère ne s'exprime pas en valeur directe, mais sur une échelle de 0 à 3.

Ce critère peut être décisionnel.

FIN 8 SOLIDITE DES MONTAGES FINANCIERS

L'analyse du montage financier d'une opération de traitement des eaux montre la complexité des relations contractuelles qui se tissent pour accompagner le projet. Cette analyse ne s'exprime pas en valeur directe, mais sur une échelle de 0 à 3.

Ce critère peut être décisionnel.

FIN 9 FINANCEMENT DES SUIVIS

Le terme de suivi doit être compris dans un sens assez large, englobant à la fois les aspects sanitaires, financiers, économiques et sociaux du projet. La question posée est celle de savoir si des moyens financiers courants sont engagés pour surveiller les impacts du projet.

Ce critère s'évalue dans un cadre de notation allant de 0 à 3.

Ce critère peut être décisionnel.

En synthèse, les indicateurs décisionnels sont listés ci après.

INDICATEURS INSTITUTIONNELS

Nom	Contenu
INS2	Existence de textes législatifs opérationnels en matière de REUT y inclus un corps de normes / valeurs guides spécifiques pour l'épuration des EU
INS3	Référence explicite à un corps de normes et valeurs guides, en matière d'irrigation avec des EUT ou pour d'autres usages

INDICATEURS DE MONTAGE ORGANISATIONNEL

Nom	Contenu
ORG1	Clarté dans la définition du ou des porteur(s) de projet
ORG2	Organisation du secteur de l'assainissement urbain : dynamisme du secteur apprécié en termes de collecte des EU et d'épuration
ORG3	Niveau d'animation et de vulgarisation des techniques de valorisation notamment agronomique

INDICATEURS DE TECHNOLOGIE D'ÉPURATION DES EU

Nom	Contenu
EPU1	Adéquation du process et des dimensionnements associés vis-à-vis des objectifs de qualité requis par le mode de valorisation

INDICATEURS DE MISE EN ŒUVRE DE LA REUT

Nom	Contenu
GEN1	Respect des règles de l'art au niveau des dossiers de conception
GEN2	Respect des règles de sécurité
GEN3	Information et communication auprès des usagers
AGR1	Contexte agro pédologique adapté
NAP1	Spécificités liées à la recharge de nappe

INDICATEURS DE SUIVI

Nom	Contenu
SUI1	Gestion qualitative des EUT : fréquence des analyses et conformité aux objectifs
SUI2	Évaluation sanitaire de la population vivant sur la zone de REUT
SUI3	Indices biotiques du milieu aquatique
SUI4	qualité de l'eau de la nappe

LES INDICATEURS ECONOMIQUES

Nom	Contenu
ECO3	Volume de REUT par habitant

INDICATEURS FINANCIERS

Nom	Contenu
FIN1	Montant de l'investissement des ouvrages d'épuration
FIN2	Ratios d'investissements des ouvrages d'épuration
FIN3	Frais d'exploitation annuels de l'épuration au m3
FIN4	Montant des investissements des ouvrages propres à la REUT
FIN5	Frais d'exploitation annuels de la REUT au m3
FIN7	Solidité des montages financiers : niveau d'équilibre entre subventions, tarifs, service de la dette
FIN8	Prise en compte du financement de tous les suivis par les différentes administrations concernées

10. Recommandations pour l'action

10.1 PROBLEMATIQUES CIBLES

Les problématiques cibles des bailleurs couvriront prioritairement les deux axes stratégiques de :

- recherche de ressource alternative ou complémentaire dans un contexte de stress hydrique,
- protection d'un milieu récepteur fragile, soit au titre strictement environnemental, soit au des activités qui lui sont associées.

Comme cela a été indiqué à plusieurs reprise dans le document, et constaté lors de visite de site, les deux problématiques seront souvent couplées.

Il ne paraît pas opportun de hiérarchiser ces deux axes, chaque cas devant faire l'objet d'une évaluation complète afin de discerner les enjeux réels et les bénéfices attendus du projet. Le maintien d'activités économiques de pêche grâce à la suppression de rejets dans un milieu à fort risque d'eutrophisation pourra présenter des atouts comparables à un projet de réutilisation agricole en zone déficitaire.

La thématique du stress hydrique couvre un nombre considérable de pays que nous ne listerons donc pas, d'autant que les situations régionales ou plus locales encore peuvent varier de façon notables. Du point de vue environnemental, l'aspect local de la réutilisation peu être encore plus marqué. Par contre, il sera intéressant, au travers d'une base de données par exemple, d'enregistrer puis de mettre à jours certains indicateurs de portée nationale qui pourront ainsi orienter rapidement les évaluations suivantes. Dans ce sens, les indicateurs institutionnels qui portent sur le contexte des responsabilités ministérielles et l'état d'avancement et d'opérationnalité du corpus réglementaire propre à un pays offrent une transversalité dans l'évaluation des projets.

10.2 RECOMMANDATIONS EN FORME DE PRINCIPES CONCEPTUELS

Pour résumer les éléments de démarche, on formule ci après une série de recommandations générales en forme de principes conceptuels :

- Recommandation 1 : Rechercher à la périphérie du projet ce qui existe déjà dans le domaine afin d'identifier comment la REU ou REUT est pratiquée au quotidien (pratiques agricoles en matière de culture, de mode d'irrigation, existence de réutilisation formelle ou informelle, organisation du secteur agricole localement). Les éléments moteurs de ces projets (objectifs et porteurs de projets) seront particulièrement intéressants à identifier.
- Recommandation 2 : Discerner et hiérarchiser les objectifs (la REUT étant, on le rappelle, souvent un objectif secondaire), en particulier, bien caractériser l'interface avec le projet d'assainissement afin de définir quelle part du traitement est directement liée à la dépollution et quelle part est conditionnée par la mobilisation de la ressource en vue de la réutilisation.
- Recommandation 3 : il ne peut pas y avoir de REUT agricole sans accord explicite et acceptabilité des futurs irrigants ; les enquêtes socio culturelles et les processus de communication et de formation attachés à cette question doivent être disponibles ou leur élaboration programmée.

- Recommandation 4 : Le soutien à un projet d'épuration qui vient régulariser une situation où l'irrigation avec des eaux brutes préexiste, ne doit pas obérer les questions sociales, agronomiques et tarifaires. En effet, la préexistence d'une réutilisation informelle peut être considérée comme un atout pour faire aboutir un projet. Le changement de pratiques en matière de protection sanitaire des utilisateurs, les choix de culture du fait de la réglementation et de la rentabilité économique, constituent une évolution majeure pour les acteurs.
- Recommandation n° 5 : s'assurer de la mise en place d'un suivi sanitaire opérationnel et pérenne (locaux, matériel, personnel formé, protocole établi, frais de fonctionnement évalués), qui s'appuie sur des moyens techniques et financiers inclus dans l'équilibre financier global du projet.
- Recommandation n° 6 : éventuellement réorienter le projet vers des procédés moins consommateurs en énergie qui lui donneront une plus grande pérennité de par son coût.
- Recommandation n° 7 : l'étude d'impact doit faire explicitement partie des préalables du projet. Son volet sanitaire constitue un axe majeur du dossier dans lequel, outre l'adéquation des cultures et pratiques culturales à la qualité bactériologiques et chimique de l'eau, la question du suivi (recommandation 5) devra être clairement explicitée. Dans la mesure où cela est pertinent, l'évaluation de la soutenabilité climatique devra également avoir été traitée dans ce dossier. Les études techniques pourront être analysées au travers des indicateurs proposés dans le présent dossier et afin d'identifier les manques et procéder aux compléments d'investigations préalablement à la poursuite de l'instruction.
- Recommandation n° 8 : être vigilant sur le caractère opérationnel des textes juridiques et vérifier que les lois soient bien assorties des décrets d'application
- Recommandation n° 9 : clarifier le qui va payer quoi, tant au niveau des investissements que du fonctionnement des ouvrages et surtout vérifier que le dispositif proposé correspond bien aux pratiques culturelles du pays au risque sinon de ne pas recouvrir les coûts faute d'adhésion au projet.

10.3 INSTRUCTION DES DOSSIERS

L'évaluation des projets de REUT reste un exercice délicat qui requiert :

- de combler des données manquantes avec des appréciations de bon sens,
- d'extrapoler des situations existantes prévues évolutives,
- de discerner (souvent difficilement) entre investissements strictement dédiés à de l'assainissement et opérations aval pouvant recevoir le titre exclusif de REUT.

Toutefois on propose un cheminement progressif, utilisant les résultats des qualifications et des évaluation des indicateurs qui doivent conduire à une appropriation des problématiques, du contexte et de la pertinence du projet. Les actions à mettre en œuvre doivent découler naturellement de ces différentes étapes. Les évaluations peuvent conduire à formuler des appréciations de caractère rédhitoires qui condamnent certains projets, soit temporairement, soit de façon plus définitive. Mais elles peuvent conduire le bailleur à proposer un appui financier sur des actions amont de renforcement institutionnel ou sur le lancement d'études complémentaires.

Le déroulement qui est décrit ci-dessous se réfère fidèlement aux indicateurs du chapitre 9 et indique en quoi ces indicateurs sont opérationnels pour l'action. On notera que pour des commodités de présentation, il a été utile de classer les considérations qui suivent selon un certain ordre mais qu'elles ne sont pas à lire dans une logique chronologique correspondant au déroulement du processus d'instruction du dossier.

L'annexe 1 décrit pas à pas le mode d'évaluation de chaque indicateur retenu et les actions qui peuvent découler de cette évaluation.

10.3.1 Etape 1 - analyse préalable

Lors de la première étape d'identification détaillée du projet à instruire, deux écueils sont à garder en mémoire :

- ➔ Un projet est rarement libellé et labellisé comme de la REUT exclusivement ; on sait en effet que la plupart du temps la réutilisation est une composante d'un projet de collecte d'eaux usées assorti d'une création de station d'épuration. Extraire cette composante n'est pas toujours aisé.
- ➔ Par ailleurs plusieurs projets de REUT sont multi objectifs et la description fine de ces objectifs distincts peut nécessiter une investigation préalable.

LA STATION D'ÉPURATION DE SAMRA A AMMAN, UN PROJET DE REUT ?

Quand les Autorités jordaniennes ont décidé de construire une nouvelle station d'épuration en lieu et place des anciens bassins de lagunage saturés, elles avaient en tête la nécessaire obligation environnementale d'épurer les effluents. Mais elles savaient également que la Zarka river, exutoire de ces effluents, les transitait jusqu'au King Tahal barrage puis de là vers les périmètres irrigués de la Jordan valley.

Cette double considération a conduit à édicter un cahier des charges de la nouvelle station d'épuration intégrant comme objectif de qualité l'irrigation de ces périmètres.

Cette première étape doit conduire à une connaissance exhaustive du projet ou au moins du cadre dans lequel il s'inscrit, incluant tout son paramétrage qualitatif et quantitatif : population concernée amont et aval, process d'épuration et REUT, volumes en jeu, etc.

10.3.2 Etape 2 - le contexte des ressources en eau

Il convient de positionner le projet dans le contexte des ressources en eau du pays et de répondre aux interrogations suivantes :

- ➔ Le choix de la REUT résulte d'une logique de GIRE ou non,
- ➔ liée à une situation permanente ou saisonnière de stress hydrique,
- ➔ dont on connaît le niveau (et les éventuelles disparités régionales au sein du pays)

Ces questions devraient normalement trouver leurs réponses dans un document de stratégie arbitrant entre les différentes ressources du pays ou de la région. Dans la négative, sans aller jusqu'à en faire un élément rédhibitoire pour octroyer le financement, il est pertinent de recommander qu'un tel document soit élaboré par le pays demandeur.

ISRAËL ET LA STRATEGIE DE L'EAU A L'ECHELLE NATIONALE

MEKOROT, l'Autorité gouvernementale de l'eau et de l'assainissement a élaboré un nombre important de textes constituant la stratégie du secteur de l'eau et de l'assainissement pour tout le pays .Ces textes législatifs font l'objet des Amendements à la loi sur l'eau de 2006 et de ses documents d'application en 2007.

Les lignes principales de cette stratégie consistent à considérer les eaux du Nord (Tibériade), les eaux issues des station d'épuration, le dessalement futur et les ressources souterraines dans un tout global réparti selon les besoins locaux.

Dans ce contexte l'eau destinée à l'irrigation dans le Néguev en provenance de la station d'épuration de Tel Aviv constitue la réponse la plus économique

10.3.3 Etape 3 : analyse du cadre institutionnel

Ce point est déterminant pour vérifier que le projet, par nature interdisciplinaire, a une cohérence institutionnelle satisfaisante indiquant les responsabilités administratives des différents organismes en jeu et les références aux textes réglementaires. Il est donc indispensable au niveau de l'étude de faisabilité (qu'elle soit déjà existante au moment de l'instruction du dossier, ou suscitée par l'AFD) que ce volet clarifie le qui est responsable de quoi et qui in fine pourrait avoir la tutelle, la maîtrise d'ouvrage et la maîtrise d'œuvre sur les futures installations.

LE CADRE INSTITUTIONNEL EN TUNISIE RELATIF A L'ASSAINISSEMENT ET A LA REUT

La Tunisie s'est dotée en 1975 d'un Code des Eaux qui s'est enrichi au cours du temps et qui en 1989 fixe les conditions globales d'utilisation des EUT à des fins agricoles (décret 92 - 2447) puis en 1995 le cahier des charges des modalités et des conditions particulières d'utilisation des EUT à des fins agricoles incluant conditions de sécurité, traitements adaptés pour répondre aux critères sanitaires, protection des eaux souterraines, spécifications physico chimiques et biologiques des eaux, modalités d'irrigation. L'ensemble de ces dispositions constitue un corpus détaillé et opérationnel particulièrement adapté à la problématique de la REUT (cf Ministère de l'Agriculture - Direction Générale du Génie rural - Recueil des Lois, Décrets et Arrêtés - Janvier 2000)

10.3.4 Etape 4 : éléments pour l'étude d'impact

A priori les projets de REUT participent d'un objectif additionnel de protection de l'environnement. La sauvegarde du milieu balnéaire en Tunisie ou en Israël illustre bien cette situation. Cependant, comme pour tout projet les effets du projet requièrent une étude d'impact en bonne et due forme. Les mesures compensatoires prévues dans cette étude sont bien sûr décisives pour la validation du projet.

Comme tout projet d'infrastructure, une étude d'impact devra avoir été ou être menée afin de valider la pertinence environnementale du projet et identifier les mesures compensatoires éventuellement nécessaires. Les principales spécificités à prendre en compte sont les suivantes :

- Vis-à-vis du milieu hydraulique (superficiel ou souterrain), le rôle du projet dans une vision de type Gestion Intégrée de la Ressource en Eau, qui doit permettre une affectation pertinente et rationnelle de la ressource en eau, doit être démontrée,
- Vis-à-vis des problématiques de santé, la maîtrise du risque, tant au travers des éléments techniques de traitement, que dans le suivi opérationnel de la qualité des eaux est essentiel. Dans ce sens, la pérennité (exploitation du système, capacité financière et technique de réalisation du suivi) doit être analysée. Le volet de conformité bactériologique doit faire l'objet d'une analyse détaillée, rappelant la réglementation applicable et les mesures de traitement mises en œuvre pour les atteindre afin de démontrer que la filière répond bien aux exigences de décontamination. On vérifiera que les recommandations de l'OMS en matière d'accompagnement sanitaire (protection des agriculteurs et des avoisinants, lavage complémentaire etc...) ont fait l'objet de campagnes de communication bien ciblées. Dans le cas contraire, des mesures d'accompagnement devront être prévues.
- Il conviendra également de développer une analyse des autres éléments potentiellement présents dans les eaux usées exemple et qui peuvent avoir un impact sur la santé (métaux lourds par exemple). Dans les deux cas, les recommandations de l'OMS (tableau en annexe 4) pourront servir de référence si une réglementation spécifique au pays n'a pas été proposée.

- ➔ En matière d'impact humain, le volet sociologique doit être abordé avec attention. Le projet doit s'inscrire dans des pratiques et dans un contexte social/religieux, compatible avec les solutions techniques préconisées. L'appropriation active du projet ne sera obtenue par les acteurs locaux que si ces aspects sont pris en compte dès la conception. Par ailleurs, les impacts du projet sur les pratiques existantes en préalable de sa mise en œuvre sont essentiels. A titre d'exemple, la préexistence d'une réutilisation agricole informelle et « gratuite » à laquelle devra se substituer le futur projet, sur le même site ou sur une nouvelle implantation, constitue une situation classique à appréhender en terme de mesure d'accompagnement.

Bien qu'indiquée en étape 5, l'étude d'impact ira puiser dans les résultats des analyses de chacun des critères, établis tout au long de l'ensemble des étapes.

10.3.5 Etape 5 : analyse du montage organisationnel

Ce sont les indicateurs qui permettent appréhender que tous les montages organisationnels sont solides et efficient et si il est nécessaire d'engager des appuis additionnels pour les renforcer.

On se doit de mettre l'emphasis sur ce point puisqu'il conditionne les toutes premières discussions avec les interlocuteurs du projet. S'assurer que le porteur du projet est conscient de ses responsabilités et qu'il peut garantir le « qui fera quoi » dans toutes les composantes du couple épuration - REUT est déterminant.

LE DISPOSITIF ORGANISATIONNEL A CLERMONT FERRAND

L'irrigation du périmètre de la Limagne Noire s'organise autour d'un dispositif classique où une société d'aménagement assiste un comité d'irrigants regroupés autour d'une approche commune de mise en valeur de terres déjà cultivées.

Toutefois l'originalité du système mis en place repose sur la conjonction extraordinaire de quatre situations ayant permis par leur coexistence la réalisation effective de l'opération : (i) l'organisation déjà opérationnelle de coopérateurs d'une usine sucrière équipée en moyens d'épuration + (ii) la volonté commune à ces coopérateurs de "passer" à de la culture irriguée, volonté emmenée par un président très actif + (iii) la rareté de l'eau dans le périmètre de mise en valeur + (iv) la présence d'un rejet de station d'épuration dans un fossé à proximité du site.

C'est la conjonction de ces quatre éléments qui vient à bout de tous les obstacles techniques, administratifs et réglementaires.

10.3.6 Etape 6 : vérification du process technique d'épuration et des dispositifs aval

Il convient d'apprécier la solidité du (ou des) process d'épuration pour vérifier que les dispositifs proposés correspondent aux normes. De plus au chapitre technique il convient de valider que les dispositions hydrauliques à l'aval sont également conformes, que ce soit pour les conditions de stockage ou de transfert d'une part et les modalités d'irrigation ou de valorisation d'autre part. Deux situations sont à considérer :

- ➔ oui tout est en ordre et les éléments existent pour valider le dispositif technique
- ➔ non des réserves se font jour que l'on peut lever avec une étude ou nouvelle ou complémentaire

LE CYCLE COMPLET DE L'ÉPURATION DES EAUX USEES A HAMMAMET EN VUE DE L'IRRIGATION DES GOLFS

A Hammamet on est en présence d'un système d'épuration des EU en deux temps dont les composantes sont parfaitement complémentaires : tout d'abord la station d'épuration municipale permet d'obtenir un effluent conforme aux performances d'une épuration par boues activées forte charge. puis au niveau des golfs eux-mêmes les lagunes aérées et les lagunes de finition qui sont établies sur le site, achèvent ce traitement et produisent un effluent conforme pour ce qui est des conditions de sécurité de l'arrosage du gazon.

Malgré l'existence de deux sites de traitement et d'une contrainte hydraulique entre eux (le refoulement sur plus de dix km depuis la station d'épuration jusqu'aux golfs) et la présence de deux opérateurs, l'ONA pour la station d'épuration et l'administration des golfs pour les lagunes, le dispositif fonctionne correctement grâce à la collaboration permanente entre les deux structures.

10.3.7 Etape 7 : vérification des protocoles de suivis

Les suivis techniques et sanitaires sont essentiels et leurs opérateurs doivent être bien identifiés. La difficulté de l'investigation réside dans le fait que les procédures à mettre en place ne sont pas forcément et explicitement contenues dans les documents d'étude et de conception du projet. De plus il faut prendre en compte l'intervention de plusieurs administrations, qui ne sont pas forcément coordonnées entre elles : les services techniques proprement dits en charge de l'épuration, l'Hydraulique (pour la protection des ressources en eau), l'Environnement, l'Agriculture, la Santé pour le suivi bactériologique des EUT et de leur devenir (en termes notamment de suivi épidémiologique)

LE SUIVI MIS EN PLACE A KORBA POUR L'ÉVALUATION DE LA QUALITE DES EUT DESTINES A LA RECHARGE DE LA NAPPE

Défini d'emblée comme à la fois un projet opérationnel et un lieu de recherche scientifique appliqué, la recharge de la nappe avec des eaux usées traitées par la station d'épuration municipale combine toutes les contraintes de suivi.

La qualité des effluents est sous le contrôle de l'ONA qui par le biais de son auto surveillance au niveau de la station d'épuration veille à produire un effluent respectant les normes de qualité. Concernant l'efficacité du dispositif de recharge de la nappe, le CERTE est en charge du suivi piézométrique, indicateur quantitatif de l'efficacité de la recharge, l'Institut confie à un laboratoire des échantillons qu'il prélève pour le suivi de la qualité bactériologique. Quant à la surveillance des pratiques agronomiques conduites par les irrigants qui puisent dans la nappe à la périphérie du site, elle est sous la responsabilité du CRDA et de la DGRE.

10.3.8 Etape 8 : évaluations économique et financière

L'évaluation économique et financière obéit aux procédures habituelles de tout projet et il n'est pas opportun ici de dupliquer ces procédures. En effet, tout ce qui relève de la faisabilité économique et financière n'est pas spécifique à la REUT. Toutefois s'il fallait isoler dans un projet la composante relevant de la stricte REUT on pourrait extraire éventuellement les données d'épuration complémentaire (le tertiaire) et les données sur la valorisation elle-même. Dans la logique des projets multi objectifs qui caractérisent fréquemment la REUT cet exercice prendrait un caractère assez artificiel qu'il est difficile de recommander.

LES CAS COMPARABLES DE LA JORDANIE ET D'ISRAËL

- a) En Jordanie il a été fixé par la JVA, responsable du secteur de l'agriculture et de la mobilisation de la ressource en eau y attachée, un prix du m³ pour l'irrigation, toutes origines de l'eau confondues ; ce prix est fonction de la solvabilité réelle des irrigants et prend en compte la rentabilité des cultures ainsi qu'une dose de stratégie alimentaire en termes d'autosuffisance partielle au niveau du pays. Sur cette base, les investissements liés à la mobilisation de la ressource sont pour partie assumés par l'état pour partie payés par les contributions des irrigants. Il en va de même des frais de fonctionnement.

Par ailleurs la même approche vaut pour l'assainissement : la station d'épuration d'Amman en investissement et en fonctionnement est pour partie financée par l'état, pour partie par les citoyens au titre de la redevance d'assainissement.

En fixant des prix uniques de l'eau d'irrigation d'une part et de la redevance d'assainissement d'autre part, quelque soit l'origine de l'eau d'irrigation et quelque soit la destination des EUT, les Autorités sont dans une logique de péréquation nationale et assument leur rôle régalien de fourniture de l'eau, quelque en soit l'origine.

- b) Israël a une politique analogue et fixe également un prix unique du m³ d'eau d'irrigation, pratiquant en parallèle une action de soutien aux investissements de station d'épuration, les charges de fonctionnement étant du ressort du citoyen (qui ignore de fait le niveau de l'épuration pratiquée et accepte la logique du pollueur payeur).

LE CAS DE LA TUNISIE

La Tunisie opère de façon distincte et distingue selon le type d'utilisateurs pour fixer le niveau de la participation de l'état. Dans une logique de soutien au secteur de l'agriculture, l'état fait son affaire de la mobilisation de la ressource et fixe, comme en Jordanie un prix acceptable par les irrigants. En revanche s'agissant d'usagers considérés comme plus solvables, la doctrine consiste à "faire payer les usagers aisés" dans une cohérence politique solide et réaliste.

L'annexe 6 détaille les aspects particulier de l'évaluation économique.

Ces différentes étapes permettront d'apprécier les indicateurs proposés pour l'évaluation de projet et d'identifier, en particulier, l'ensemble des besoins en investigations, en données ou même en étapes de travail complémentaires visant à bâtir le futur projet sur un socle solide tant techniquement que financièrement et économiquement.

