



---

# RÉUTILISATION DES EAUX USÉES TRAITÉES (REUT) EN MÉDITERRANÉE

---

APERÇU DE LA REUT DANS LES PAYS DU 5+5 : CONTEXTE SECTORIEL ET  
RETOURS D'EXPÉRIENCES



Samar SKAIKI  
CENTRE D'ACTIONS ET DE RÉALISATIONS INTERNATIONALES (CARI)  
JUILLET 2020



## Tables des matières

1. CONTEXTE GENERAL	2
2. UN APERÇU DE LA SITUATION SECTORIELLE DE LA REUT DANS LES PAYS DU 5+5	4
<b>2.1 MAROC</b>	4
CADRE	4
ANALYSE	6
<b>2.2 TUNISIE</b>	7
CADRE	7
ANALYSE	9
<b>2.3 ALGERIE</b>	10
CADRE	10
ANALYSE	11
<b>2.4 FRANCE</b>	12
CADRE	12
ANALYSE	13
<b>2.5 ITALIE</b>	14
<b>2.6 ESPAGNE</b>	15
<b>2.7 MALTE</b>	16
<b>2.8 PORTUGAL</b>	18
<b>2.9 LIBYE ET MAURITANIE</b>	19
3. CONCLUSION ET RECOMMANDATIONS SUGGEREES	19
3.1 LA GOUVERNANCE COMME CLE ESSENTIELLE A LA PERENNITE D'UN PROJET	21
3.2 QUI EST L'UTILISATEUR FINAL DE LA REUT ?	21
3.3 POURQUOI NE PAS PENSER LA REUT AVANT LA CONSTRUCTION DE LA STEP LORSQUE LA REUT EST L'OBJECTIF PRINCIPAL ?	22
3.4 FREINS MAJEURS RENCONTRES DANS LA REUT ET LEVIERS PROPOSES	22
4. 15 EXPERIENCES DE REUT FAISANT PARTIE DES PAYS DU 5+5	25
5. REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES UTILISEES POUR LA REDACTION DU RAPPORT ET LA REALISATION DES 15 FICHES EXPERIENCES	154
LIVRES ACADEMIQUES	154
ARTICLES SCIENTIFIQUES	154
ARTICLES DE PRESSE	157

## 1. Contexte général

En Méditerranée, 65% des ressources en eau conventionnelle et 80% dans les pays du Sud sont consommées par l'agriculture **irriguée**<sup>1</sup>. Les eaux usées traitées apparaissent donc comme une alternative forte pour économiser de l'eau<sup>2</sup>. Dans cette région du monde, l'agriculture est amenée à rester le domaine nécessitant la plus grande demande en eau, avec une population en croissance, un besoin d'irrigation grandissant, et un climat de plus en plus chaud et aride. Les impacts environnementaux grandissants sont dus à la surexploitation des ressources en eau : pollution des surfaces d'eau, le creusage intensif des souterrains, l'intrusion de l'eau de mer dans les aquifères, la dégradation des zones humides, et l'accélération de la désertification. Pour le futur, la réutilisation des eaux usées (REUT) fait sans aucun doute partie des stratégies de conservation de la ressource en eau<sup>3</sup>. Pourtant, « la proportion d'EUT au regard du volume d'eau irriguée, est, pour la plupart des pays, encore très réduite : 1% à l'échelle mondiale » (IWA, 2008)<sup>4</sup>.

Un peu d'histoire...

En 1989, l'**Organisation Mondiale de la Santé** (OMS) a ouvert la porte de la REUT en posant les premières bases d'une réglementation, pour en proposer une version jugée plus scientifique et plus souple en 2006<sup>5</sup>. Dans les années 80, les États ont commencé à aborder la REUT avec des rythmes, des structurations de l'assainissement (centralisés ou collectifs) et des réglementations différentes. Plus particulièrement, le **document suivant** vise à étudier les **conditions d'émergence de la REUT** dans les pays du 5+5 (France, Espagne, Italie, Malte, Portugal, Maroc, Tunisie, Algérie, Libye et Mauritanie) ainsi que l'évolution de leur cadre réglementaire concernant la réutilisation des eaux usées.

Après 1989, beaucoup d'États ont donné un **cadre légal** à la REUT. De son côté, la **Commission européenne** a intégré la pratique dans sa politique de l'Eau, mais aucune définition exacte pour les réutilisations possibles puisque beaucoup de pays restent incertains

---

<sup>1</sup> FME, « Processus méditerranéen / Priorité GDE », rapport objectif-cible n°2, février 2012, p. 1

<sup>2</sup> B. Durham, Helena Marecos do Monte, et A. N. Angelakis, "Water Recycling and Reuse in EUREAU Countries: Trends and Challenges", mars 2016, p. 14

<sup>3</sup> Ibidem

<sup>4</sup> Nassim Ait-Mouheb et al., "The reuse of reclaimed water for irrigation around the Mediterranean Rim: a step towards a more virtuous cycle?" *Regional Environmental Change*, février 2018

<sup>5</sup> Institut national de l'économie circulaire, « l'économie circulaire dans le petit cercle de l'eau : la réutilisation des eaux usées traitées : étude », *Institut national de l'économie circulaire*, mai 2018, p.38

quant à leur volonté d'étendre le procédé<sup>6</sup>. Néanmoins, en février 2019, le Conseil arrête sa position sur la REUT (mesures proposées par la Commission fin mai 2018).

Avec cette nouvelle réglementation, le Conseil apporte une certaine **souplesse** aux États membres, leur laissant le choix de réutiliser ou non les eaux usées. Cette réglementation contient des exigences strictes concernant le contrôle et la surveillance des eaux récupérées, veillant à la santé des humains, des animaux et soucieuse de la protection de l'environnement. Il faut noter que ces mesures concernent uniquement l'irrigation agricoles, les autres usages restant sous le joug des réglementations nationales<sup>7</sup>.

Ce **règlement européen** s'applique directement à tous les États membres sans qu'on ait besoin de le transposer au niveau national. Il est incitatif, mais uniquement pour les usages agricoles. La motivation première de la Commission européenne était de mettre tout le monde d'accord, afin d'éviter d'avoir des barrages à la commercialisation des produits issus d'eaux usées : économie circulaire + économie de denrées alimentaires : motivations initiales En effet, il y avait un problème d'iniquité entre les États européens puisque certains d'entre eux étaient sceptiques quant à la qualité des produits importés issus d'EUT. En 2017, une enquête a été lancée auprès d'experts de différents domaines : que faire au niveau européen pour équilibrer les choses ? Le résultat démontrait qu'il fallait rester loin d'une directive. C'est sur cette base que le Conseil aurait proposé un règlement visant à harmoniser la réutilisation des eaux usées traitées dans l'agriculture<sup>8</sup>.

Alors que dans certains pays, comme la France, tous les acteurs concernés par la chaîne de traitement de l'eau usée sont responsables de sa qualité lorsque la réutilisation est prévue dans la loi, le Règlement européen impose qu'il y ait une analyse de risque par le **gestionnaire de la station d'épuration** ; on ne contrôlerait donc l'eau qu'à la sortie de la station. On égalise les choses mais on a systématisé certaines exigences par rapport aux dossiers qui peuvent compliquer les choses. À titre d'exemple, en France, les petites stations d'épuration pourraient avoir du mal à se permettre un contrôle d'eau aussi pointu.

Certains pays ont **légiféré assez rapidement en faveur** de la REUT mais il reste certains **blocages** dus à des **cadres législatifs et normatifs** souvent inadaptés aux réalités environnementales, sanitaires et économiques. À titre d'exemple, les STEP construites seraient dépassées par les nouvelles réalités démographiques, les frais et les investissements nécessaires au bon fonctionnement des infrastructures. Au nord de la Méditerranée, le coût du traitement des eaux usées est compris dans la redevance générale pour l'assainissement et dans la facturation du service d'eau potable, contrairement aux pays du Sud où les projets sont généralement livrés à eux-mêmes, puisque même avec un financement de départ, souvent le

---

<sup>6</sup> Information tirée de l'un des entretiens effectués durant la période de stage entre janvier et juillet 2020

<sup>7</sup> Niedercon, F. (2019), Le trésor caché des eaux usées, *LesEchos*, 12 mars 2019. Accessible sur : <https://www.lesechos.fr/idees-debats/sciences-prospective/le-tresor-cache-des-eaux-usees-999665>

<sup>8</sup> Information tirée de l'un des entretiens effectués durant la période de stage entre janvier et juillet 2020

maintien des projets se retrouve bloqué par les coûts nécessaires que la qualité des eaux usées impose.

Ce **document** s'intéresse particulièrement aux pays du 5+5 (France, Espagne, Italie, Malte, Portugal, Maroc, Tunisie, Algérie, Libye et Mauritanie) et propose une étude sectorielle de la REUT dans ces pays avec les informations (sources académiques et entretiens) qu'il a été possible de récolter sur une période de six mois (entre janvier et juillet 2020). Ce rapport est accompagné d'une **quinzaine de fiches** portant sur des expériences précises dans certains de ces pays, toujours en fonction de la base de données obtenue.

## 2. Un aperçu de la situation sectorielle de la REUT dans les pays du 5+5

### 2.1 Maroc

#### Cadre

Aujourd'hui, le stress hydrique au Maroc est une réalité et il est amené à croître sur tout le territoire, au vu de l'augmentation de la population et de l'activité économique, ainsi que des effets du changement climatique sur son climat de base semi-aride. En effet, avec une chute des précipitations et une hausse de température, les périodes de sécheresse, déjà criantes pour les habitants à certains endroits, doubleront<sup>9</sup>.

Cette pression sur les ressources en eau est accompagnée d'un taux toujours élevé d'eaux usées rejetées dans le milieu naturel, en dépit d'efforts réalisés pour améliorer le traitement de l'eau. La vie urbaine, les rejets industriels, l'intrusion maritime et les activités agricoles, tous contribuent à la raréfaction des ressources en eau et à la dégradation du milieu naturel, bien qu'il existe des solutions, dont certaines ont déjà été considérées au Maroc, pour limiter les dégâts et entrer dans une dynamique d'économie circulaire, avec des rapports coûts-bénéfices non négligeables<sup>10</sup>.

C'est dans un contexte de **surexploitation effrénée**, d'un **assainissement encore fragile** et de **dégradation des ressources en eau** que sont apparues les premières traces institutionnelles écrites de la REUT dans les années 2000. En effet, la promulgation en octobre 2002 de l'arrêté conjoint du Ministère de l'Équipement et du ministre chargé de l'aménagement du territoire, de l'urbanisme, de l'habitat et de l'environnement n° 1276-01 a fixé les normes de qualités des

---

<sup>9</sup> Brahim Soudi, « Rapport national - Valorisation des eaux non conventionnelles : Renforcement de l'offre et mesure d'adaptation au changement climatique dans les zones arides - Cas du Maroc », *FAO*, décembre 2013, p.5

<sup>10</sup> Ibidem p.6

eaux destinées à l'irrigation, sans pour autant cibler spécifiquement les eaux usées et leur réutilisation dans l'agriculture<sup>11</sup>.

Il convient de noter que la gouvernance de l'eau au Maroc est gérée par une multitude d'acteurs<sup>12</sup>. Au niveau national, différents départements ministériels et organismes spécialisés sont responsables de la gestion des ressources en eau, tout comme au niveau régional, ces ressources hydriques sont de la charge des agences de bassins hydrauliques (ABH). Enfin, au niveau provincial et local, les principaux acteurs sont les collectivités locales. En dépit de l'existence de différentes structures dédiées à la gestion de l'eau, la stratégie nationale du traitement des ressources en eau est mise à mal dû à plusieurs facteurs dont (tels que) le manque de coordination entre les différents acteurs, l'inexactitude de leurs rôles et la divergence de leurs intérêts contribuent à ralentir la mise en œuvre effective de la réutilisation des eaux usées sur le terrain<sup>13</sup>.

De plus, il existe une contradiction que l'on peut retrouver entre les différents textes écrits à ce sujet<sup>14</sup> ; les bases réglementaires sont incomplètes concernant les usagers, collectivités ou pénalités des rejets des eaux dans la nature, puisqu'elles étaient directement calquées sur la réglementation européenne, cette dernière étant rédigée dans un autre contexte et d'autres circonstances.

Face à la raréfaction de ses ressources en eau, certains progrès remarquables dans la REUT ont vu le jour durant les dernières années au Maroc. En effet, un **chapitre porté sur la REUT et les boues d'épuration** a intégré la **loi relative à l'eau promulguée en 2016**. Ce **chapitre V « valorisation et utilisation des eaux non conventionnelles »** précise en section une, sous huit articles, que, peu importe l'usage final de l'eau usée, ce dernier doit être conforme aux normes de qualité fixées par la réglementation, définies en fonction de l'usage et de l'exploitation. Lorsque tenu par la loi, il est impératif de faire un traitement (épuration) complémentaire de l'eau usée afin qu'elle réponde aux normes de qualité requises. Les eaux issues de l'assainissement autonome sont interdites de réutilisation pour un usage autre que celui des cultures et plantations dont la liste est fixée par voie réglementaire.

De plus, la réutilisation des eaux usées ne peut, en aucun cas, concerner les produits ou denrées alimentaires, ni directement, ni pour laver ou refroidir des récipients destinés à conserver des produits ou denrées alimentaires. Toute réutilisation des eaux usées est soumise à autorisation

---

<sup>11</sup> Arrêté conjoint du ministre de l'équipement et du ministre chargé de l'aménagement du territoire, de l'urbanisme, de l'habitat et de l'environnement n° 1276-01 du 10 chaabane 1423 (17 octobre 2002) portant fixation des normes de qualité des eaux destinées à l'irrigation

<sup>12</sup> Brahim Soudi, « Rapport national - Valorisation des eaux non conventionnelles : Renforcement de l'offre et mesure d'adaptation au changement climatique dans les zones arides - Cas du Maroc », *FAO*, décembre 2013, p.14

<sup>13</sup> Bourdet, R., (2018), *La réutilisation des eaux usées traitées au Maroc - étude spécifique des golfs d'Agadir et de Marrakech*, Paris Sorbonne IV

<sup>14</sup> Nicolas Condom et al., « la réutilisation des eaux usées traitées en méditerranée : retour d'expériences et aide à l'élaboration de projets », *Les Cahiers du Plan Bleu 11*, mars 2012, p. 28

de l'agence de bassin hydraulique avec des modalités d'octroi de cette réutilisation fixées par voie réglementaire. Il faut noter que cette autorisation ne peut dépasser vingt ans (période renouvelable), et qu'elle doit contenir les prescriptions techniques de la REUT, discutant épuration, volume et usage des eaux usées ainsi que contrôle, suivi et surveillance, afin de limiter les risques sur la santé et de protéger le milieu naturel. L'autorisation peut être suspendue ou révoquée sans indemnité dans les cas où :

- les eaux usées sont réutilisées à des finalités autres que celles permises par la loi,
- l'épuration obligatoire est ignorée,
- la qualité des eaux se détériore par manque de suivi<sup>15</sup>.

Auparavant, la loi 1095 ne prenait pas la REUT en considération. La loi de 2016 a dès lors permis de faire un pas en avant dans la mesure où elle jette les bases réglementaires pour la REUT au Maroc. De plus, grâce au Plan National d'Assainissement Liquide et d'Épuration des Eaux Usées (PNA) lancé en 2005, les eaux usées ont pu subir un meilleur traitement avec l'augmentation des STEP opérationnelles, atteignant le nombre de 146 en 2016, permettant dès lors au taux de traitement des eaux usées de grimper à 45% la même année, alors qu'il ne représentait qu'environ 10% en 2005. Environ 4 millions d'euros et de nombreux acteurs furent mobilisés pour cet effort de grande envergure, hissant ce plan au rang de priorité nationale et ouvrant la porte à des projets de réutilisation<sup>16</sup>.

## Analyse

Des **freins institutionnels et organisationnels** bloquent la mise en place d'une REUT fonctionnelle au Maroc, plus qu'un manque de savoir technique en la matière, les idées pouvant toujours venir de l'extérieur. En effet, peu d'efforts et de textes sont tournés vers la gestion intégrée des ressources en eau et aucun schéma directeur ne sert de guide pour la REUT, là où il est essentiel de mettre en place un mode de gouvernance adapté au contexte territorial<sup>17</sup>. À titre d'exemple, à ce jour, le **comité interministériel de la gestion de la REU créé en 2004** n'est toujours pas opérationnel.

La question d'**acceptation** de la part de la population se pose également. Des démarches sont nécessaires pour comprendre si l'agriculteur serait d'accord de payer pour de l'eau usée réutilisée, tout comme la question est de savoir si les associations d'irrigation et les institutions sont prêtes à payer pour le contrôle, le maintien et le pompage des eaux usées réutilisées. Dans la même direction, il convient de se demander comment choisir les périmètres qui seraient irrigués et les agriculteurs qui seraient concernés, en prenant le soin de viser des agriculteurs prêts à s'investir pour encourager cette démarche de REUT.

<sup>15</sup> Chapitre V de la loi 2016 relative à l'eau

<sup>16</sup> Brahim Soudi, « Rapport national - Valorisation des eaux non conventionnelles : Renforcement de l'offre et mesure d'adaptation au changement climatique dans les zones arides - Cas du Maroc », *FAO*, décembre 2013, p.27

<sup>17</sup> Nicolas Condom et al., « la réutilisation des eaux usées traitées en méditerranée : retour d'expériences et aide à l'élaboration de projets », *Les Cahiers du Plan Bleu 11*, mars 2012, p. 28

Au Maroc, une des solutions pour encourager la REUT serait de dépolitiser et de « détechniser » les problématiques environnementales, et dans ce contexte, la politique de l'eau. Une série d'acteurs et décisions sont intégrées dans la gestion et l'assainissement de l'eau au Maroc. Les politiques environnementales sont gérées par des experts techniques, alors que la technique n'est pas la seule contribution à une politique de développement.

Actuellement, l'application de la **REUT agricole** au Maroc est toujours **absente**. Dans les faits, le Maroc a décidé de se focaliser sur la REUT à des fins d'arrosage des golfes et d'espaces verts, dans le but de soulager la pression sur les nappes phréatiques. Il s'avère que le Maroc manque encore de moyens pour traiter les eaux usées à un haut niveau de qualité. À l'heure actuelle, les projets REUSE agricole à Settat, Tiznit et Oujda ne sont toujours pas opérationnels alors qu'en parallèle, les projets d'irrigation des terrains de golf se multiplient<sup>18</sup>.

En guise de conclusion, force est de constater que le Maroc a encore des efforts à faire concernant le développement de la REUT même si des stations d'épuration (principalement des procédés de réutilisation par lagunage) sont en construction dans les villes moyennes et se multiplient<sup>19</sup>. D'après la Stratégie Nationale de l'Eau (SNE), le Maroc prévoit de réutiliser 19% de ses eaux usées à l'horizon 2020 et 31% en 2030. La prise de conscience de la part du gouvernement concernant le stress hydrique croissant à l'échelle du territoire est réelle mais nécessite d'être davantage accompagnée d'initiatives efficaces et contraignantes.

## 2.2 Tunisie

### Cadre

En 1996, seulement 4,3% des ressources en eau étaient disponibles en Tunisie. Très vite, la Tunisie a souffert d'une surexploitation des eaux souterraines provoquant une salinité des nappes phréatiques et des aquifères<sup>20</sup>. Ces problèmes de sécheresse prononcés ont obligé la Tunisie à s'intéresser à la REUT, faisant d'elle un des premiers pays arabes à considérer la REUT. En effet, depuis les années soixante-dix, elle a commencé cette politique de valorisation des ressources en eau comme une politique de sauvegarde, en réponse à ces crises de sécheresse : des plans directeurs aspirant à l'optimisation de la gestion des ressources en eau ont commencé à voir le jour. Quelques années plus tard, en 1974, c'est au tour de l'Office National de l'Assainissement (ONAS) de naître, se fixant des objectifs tels que la lutte contre la pollution hydrique de zones spécifiques, la gestion, l'entretien et la construction de tout

---

<sup>18</sup> Informations tirées de l'un des entretiens effectués durant la période de stage entre janvier et juillet 2020.

<sup>19</sup> Nicolas Condom, Dr. (Ecofilae), Rémi Declercq (Ecofilae), « Réutilisation des eaux usées pour l'irrigation agricole en zone péri-urbaine de pays en développement : pratiques, défis et solutions opérationnelles », *rapport Ecofilae*, 2015, p.31

<sup>20</sup> B. Durham, Helena Marecos do Monte, et A. N. Angelakis, "Water Recycling and Reuse in EUREAU Countries: Trends and Challenges", mars 2016, p. 2



ouvrage destiné à améliorer les conditions d'assainissement sur le territoire, ainsi que la promotion (vente et réalisation de projets d'étude) des eaux épurées<sup>21</sup>.

En 1975, le code des eaux tunisien promulgué par la loi 75-16 prévoyait déjà l'utilisation des eaux usées traitées à des fins agricoles, interdisant en partie l'utilisation des eaux usées brutes et l'utilisation des EUT pour l'irrigation ou l'arrosage des cultures consommables crues. Il existe un niveau de formalisation de la REUT dans la loi que l'on ne trouve pas ailleurs en Méditerranée Sud<sup>22</sup>. En effet, depuis 1989, la Tunisie a mis en place des normes spécifiques au rejet des eaux usées en milieu naturel. De plus, en 1993, le décret n°93-2447, modifiant le décret n°89-1047 de juillet 1989, refixe les conditions d'utilisation des eaux usées à des fins agricoles « stipulant l'obligation d'une autorisation préalable, la fréquence des analyses à effectuer et la nécessité d'une bonne gestion afin d'éviter les impacts négatifs<sup>23</sup>.

Au niveau organisationnel de la REUT, on observe une certaine efficacité, avec un cahier des charges approuvé par l'arrêté ministériel du 28 septembre 1995 et reprenant notamment des prérogatives prévues pour chaque acteur (santé et agriculture). Ce cahier des charges « fixant les modalités et les conditions particulières de la réutilisation des eaux usées traitées à des fins agricoles » se base sur la réglementation et la législation en vigueur, dont la norme tunisienne 106.03 de juin 1989<sup>24</sup> traitant les fins agricoles de la réutilisation des eaux usées, et l'arrêté du 21 juin 1994 fixant la liste des cultures autorisées à être irriguées par les eaux usées traitées.

Cette liste comprend :

- les cultures industrielles (coton, tabac, lin, jojoba, ricin et le carthame) ;
- les cultures céréalières (blé, orge, avoine et triticale) ;
- les cultures fourragères (bersim, maïs, sorgho fourrager et la vesce)
- les arbres fruitiers (dattiers, agrumes et vignes à condition que leur irrigation ne soit pas faite par aspersion) ;
- les arbustes fourragers (l'acacia et l'atriplex) ;
- les arbres forestiers ;
- les plantes florales à sécher ou à usage industriel (rosier, iris, jasmin, marjolaine et romarin)<sup>25</sup>.

---

<sup>21</sup> Neubert S. et Benabdallah S. (2003), « La réutilisation des eaux usées traitées en Tunisie », Étude et rapport d'expertise, *Institut Allemand du Développement*, Bonn, p.45

<sup>22</sup> Arrêté des ministres de l'agriculture, de l'environnement et de l'aménagement du territoire et de la santé publique du 28 septembre 1995

<sup>23</sup> Décret n° 93-2447 modifiant le décret n° 89-1047 du 28 juillet 1989, fixant les conditions d'utilisation des eaux usées traitées à des fins agricoles

<sup>24</sup> Agence Française de Développement (afd), « REUT – perspectives opérationnelles et recommandations pour l'action – rapport final », *BRL Ingénierie*, février 2011, p.46

<sup>25</sup> Belaid, N. (2010), *Évaluation des impacts de l'irrigation par les eaux usées traitées sur les plantes et les sols du périmètre irrigué d'El Hajeb-Sfax : salinisation, accumulation et phytoabsorption des éléments métalliques*, thèse en cotutelle présentée à l'École Nationale d'Ingénieur de Sfax, Tunisie

Au niveau institutionnel, quatre types d'acteurs principaux interviennent pour la gestion des eaux usées traitées : le producteur des EUT (l'ONAS), les contrôleurs (principalement ministère de la santé publique et ministère de l'agriculture, de l'environnement et des ressources hydrauliques à travers l'ANPE), le fournisseur (Commissariats Régionaux au Développement agricole (CRDA) et la Direction Générale du Génie Rural (DGGR)).

## Analyse

Le niveau d'institutionnalisation et d'organisation de la politique de l'eau est beaucoup plus élevé qu'ailleurs en Méditerranée Sud. Cette norme de 1989 s'est inspirée des recommandations de l'Organisation Mondiale de la Santé (OMS) et de l'Organisation des Nations Unies pour l'Alimentation et l'Agriculture (FAO). Alors qu'elle est moins sévère que la FAO pour le cobalt, le cuivre, le manganèse, le sélénium et le zinc, elle est plus laxiste au regard du plomb.

En 2001, la loi n°2001-116 modifie le code des eaux promulgué par la loi de 75-16 1975<sup>26</sup>. En effet, les anciens articles sont abrogés et remplacés par de nouvelles dispositions mettant en exergue l'importance de préserver la richesse naturelle qu'est l'eau et dès lors la nécessité de développer des ressources hydrauliques. Ce développement peut se faire via plusieurs moyens dont la réutilisation des eaux usées à des fins de production et de service en respectant des mesures de sécurité précises<sup>27</sup>.

Néanmoins, parmi les contraintes liées au développement de la réutilisation dans le secteur agricole, la réglementation. À l'instar de tous les pays de la Méditerranée Sud, elle s'avère inadaptée aux usagers : elle manque de flexibilité avec des normes très strictes calquées sur des standards internationaux et non-adaptées aux défis locaux présents dans les pays concernés. Cela représente dès lors un **frein législatif et réglementaire à la REUT. En effet, cette restriction des cultures est un facteur limitant pour les agriculteurs souhaitant concentrer leur activité sur des cultures économiquement rentables telles que les cultures maraichères.**

En Tunisie, ces contrôles de la qualité de l'eau exigés par l'État sont dits trop exigeants quant aux capacités réelles des opérateurs, des institutions existantes et des utilisateurs, engendrant donc un manque de transparence et de fiabilité des contrôles. Il est nécessaire que les craintes de problèmes de santé et de risques sanitaires et environnementaux puissent être assimilés par les agriculteurs, comme facteur encourageant la transparence et la maîtrise de la REUT, mais le vieillissement et l'analphabétisme de ces exploitants représente un frein dans le secteur agricole dans son ensemble.

---

<sup>26</sup> Youssef Filali-Meknassi, Séminaire international sur la réutilisation des eaux usées traitées dans la région arabe, *Golden Tulip Farah*, Rabat, Maroc, juin 2011, p. 57

<sup>27</sup> Loi 2001 <http://www.citet.nat.tn/Portail/doc/SYRACUSE/41342/loi-n-2001-116-du-26-novembre-2001-loi-n-2001-116-du-26-novembre-2001-modifie-le-code-des-eaux-promu?lg=fr-FR>

De plus, le problème ne réside pas tant dans la qualité des analyses effectuées par l'ONAS mais au niveau des STEP qui ne sont pas toutes adaptées et réhabilitées. Les agriculteurs se montrent toujours méfiants et refusent d'utiliser ces eaux traitées.

Durant les 30 dernières années, 24% de AUT ont été réutilisées pour l'agriculture irriguée et pour l'arrosage des terrains de golf en Tunisie<sup>28</sup>.

## 2.3 Algérie

### Cadre

« Des millions de mètre-cubes d'eau usées se déversent dans la mer ; une pollution et une dégradation écologique marine irréversible... »<sup>29</sup>. En 2005, 600 millions mètres cubes d'eau se déversaient dans la Méditerranée chaque année. À elle seule, la ville d'Oran déverse 90 millions de mètres cubes le long de son littoral<sup>30</sup>.

À côté de cela, l'Algérie connaît un manque d'eau croissant, avec des précipitations se faisant rares, alors que le secteur de l'agriculture est le plus gros consommateur en eau (65% des ressources hydriques), avec environ 78% de sa superficie dite irriguée via les eaux souterraines en 2006<sup>31</sup>. Dès lors, « la réutilisation des eaux usées s'impose de nos jours comme une exigence primordiale dans le secteur agricole, surtout dans les pays semi-arides, à l'image de l'Algérie »<sup>32</sup>. Largement développée à l'étranger mais pas encore en Algérie, les autorités en prennent conscience doucement et entreprennent certaines actions visant à utiliser les eaux usées épurées pour les besoins de l'irrigation, comme dans le moyen Cheliff. La station d'épuration CHLEF est un projet qualifié d'unique en son genre dans tout le pays et représente une expérience enrichissante dans le domaine de l'irrigation préconisée. Tout comme l'épuration des eaux usées est destinée à alléger le déficit hydrique et à diminuer la pollution dégradant également le système écologique marin. En outre, l'Agence du bassin hydrographique Cheliff zahrez a organisé une journée d'informations sur la réutilisation des eaux usées épurées à des fins d'irrigation<sup>33</sup>.

---

<sup>28</sup> Nicolas Condom, Dr. (Ecofilae), Rémi Declecq (Ecofilae), « Réutilisation des eaux usées pour l'irrigation agricole en zone péri-urbaine de pays en développement : pratiques, défis et solutions opérationnelles », *rapport Ecofilae*, 2015, p.32

<sup>29</sup> Boukhtache, A. (2005), *Journée d'information sur la réutilisation des eaux usées épurées à des fins d'irrigation*, abh-cz.com, 19 décembre 2005. Accessible sur : <http://www.abh-cz.com.dz/affichage.php?type=presse&id=50>

<sup>30</sup> <https://www.monde-diplomatique.fr/1965/10/A/26891>

<sup>31</sup> Abdelhakim Hannachi et al., « GESTION ET RÉUTILISATION DES EAUX USEES EN ALGERIE, UN MODELE DE PARTENARIAT PUBLIC- PRIVEE », *2ème Colloque International sur la Gestion Intégrée des Ressources en Eau; GIRE'2013*, octobre 2013, p. 1

<sup>32</sup> Yechkour, A. (2005), *Nouvelle station d'épuration à Chlef*, abh-cz.com, 7 décembre 2005. Accessible sur : <http://www.abh-cz.com.dz/affichage.php?type=presse&id=46>

<sup>33</sup> Ibidem

Du côté de la législation, « la présence de normes de rejet spécifiques à la réutilisation des eaux usées en agriculture (Décret exécutif n° 93-160 du 10 juillet 1993 et décret exécutif n° 06-141 du 19 avril 2006) ainsi que la présence de textes réglementaires fixant la modalité de réutilisation des eaux usées et la liste des cultures et les conditions de leur irrigation par les eaux usées épurées<sup>34</sup> (Décret exécutif n° 07-149 du 20 mai 2007 et l'arrêté interministériel du 2 janvier 2012) constituent **une promotion** de projets de réutilisation des eaux usées épurées »<sup>35</sup>. Sous tutelle de différents ministres, le contrôle technique, la qualité de l'eau épurée et des produits agricoles, le contrôle sanitaire, ainsi que les périmètres irrigués sont gérés par des collectivités territoriales (directions territoriales de chaque wilaya, ce dernier étant le premier responsable territorial)<sup>36</sup>.

## Analyse

En Algérie, il existe un manque de compensation entre les communes productrices d'eau et les communes qui en consomment ; certaines communes détentrices de la ressource d'eau sous formes de nappes, oueds ou barrages ne sont pas servies. Cela aurait engendré une coupure de conduite d'eau à certains endroits par frustration de ne pas consommer l'eau se trouvant sur le territoire de la commune.

D'un point de vue législatif et institutionnel, les textes et la police de l'eau existent, mais il existe un manque sérieux de coordination et d'organisation bloquant le passage à l'action sur le terrain. Il est difficile de repérer les vrais acteurs et aucune évolution n'a eu lieu à ce jour à travers les textes. Alors que la législation s'inspire de l'OMS, contrairement à d'autres pays, la gestion de l'eau se fait uniquement par l'État en Algérie : le privé est utilisateur et non producteur. À travers **l'office national de l'assainissement**, l'eau est redistribuée après vérification de sa conformité avec les normes de qualité requises. Une initiative étatique fructueuse prise il y a une dizaine d'années a permis l'aménagement de plusieurs périmètres irrigués en aval de plusieurs STEP avec une eau réutilisée distribuée gratuitement. L'eau de ces périmètres est distribuée gratuitement, encourageant les agriculteurs à la REUT et les familiarisant avec cette alternative d'économie d'eau<sup>37</sup>.

Mais bien que l'État ait le monopole unique et total de la gestion de l'eau, il se contente de la distribuer ou de la vendre, sans aller plus loin. Une des recommandations pour une gestion plus efficace de la ressource en eau est de passer d'une approche top-down, comme c'est le cas en Algérie, à une approche bottom-up, comme en France avec les SAGES afin d'aboutir à une gouvernance de l'eau faisant participer l'acteur de l'eau lui-même à toutes les échelles du territoire.

<sup>34</sup> Abdelhakim Hannachi et al., *op. cit.*, p. 3

<sup>35</sup> Abdelhakim Hannachi et al., *op. cit.*, p. 5

<sup>36</sup> Abdelhakim Hannachi et al., *op. cit.*, p. 3

<sup>37</sup> Informations tirées d'un entretien effectué avec un expert en REUT Algérien en mars 2020.

Le besoin en eau ne se fait pas ressentir de la même manière aux quatre coins d'Algérie. En effet, alors que l'est du pays dispose de barrages et connaît des précipitations d'environ 800 m3/an rechargeant constamment les nappes, l'ouest et le sud souffrent d'un climat plus aride et de sécheresse plus marquée. La REUT y est dès lors plus employée<sup>38</sup>. Néanmoins, étant très vulnérable aux changements climatiques, c'est tout le bassin méditerranéen qui sera touché par le manque d'eau avec une nécessité pour tous de réutiliser<sup>39</sup>. Consciente de cela, l'Algérie est le 2<sup>e</sup> pays méditerranéen après l'Espagne à investir considérablement dans le dessalement de l'eau de mer et possède une des plus grandes usines de dessalement avec une capacité de traitement d'environ 500 000 m3/ jour<sup>40</sup>.

Avec un climat de plus en plus aride, une demande grandissante en eau et une REUT institutionnellement reconnue en Algérie, il semble crucial que l'État double d'efforts pour profiter de la réutilisation des eaux usées comme une alternative efficace et nécessaire, et encouragent une approche **bottom-up** de la REUT afin d'établir une organisation et coordination dans la gestion de l'eau en définissant mieux le rôle de chacun et la relation entre les acteurs de l'eau pour de résultats plus optimaux. Aujourd'hui, la REUT se porte plutôt bien en Algérie mais un contrôle continu de l'eau réutilisée à la sortie des STEP et une modernisation de celles-ci doivent pouvoir avoir lieu lorsque nécessaires pour encourager le maintien des investissements dans la REUT et augmenter le potentiel de retour sur investissement. La coordination et l'organisation entre les acteurs de l'eau, et dès lors une attention portée sur le choix de gouvernance, constituent une des clés principales du succès d'un projet (exemple pertinent de la France avec les comités locaux de gestion d'eau et les Agences de l'eau gérant la gouvernance entre les acteurs → plusieurs projets ont abouti et pu être maintenus)<sup>41</sup>.

## 2.4 France

### Cadre

En ce qui concerne le cadre réglementaire, la REUT française se base sur les réglementations européennes et a d'abord été traitée dans l'**arrêté ministériel du 2 août 2010**, modifié en 2014, et repris dans l'instruction ministérielle de 2016.

Cet arrêté de 2010 est très détaillé et « définit des contraintes d'usage (possibilité ou non selon le mode d'irrigation), de distance et de terrain, en fonction du niveau de qualité des eaux usées traitées ». Dans son contenu, il reprend :

- les définitions ;

---

<sup>38</sup> Abdelhakim Hannachi et al., op. cit., p.2

<sup>39</sup> Boumediene, M. El Amin (2013), *Bilan de suivi des performances de fonctionnement d'une station d'épuration à boues activées : cas de la step Ain El Houtz*, Université Abou Bekr Belkaid, Algérie

<sup>40</sup> <https://www.jeuneafrique.com/12278/economie/alg-rie-l-usine-de-dessalement-d-el-maqtaa-bient-t-en-service/>

<sup>41</sup> Informations tirées d'entretiens effectués avec des experts en eau durant le stage entre janvier et juillet 2020.

- les prescriptions techniques ;
- les interdictions ;
- la protection des réseaux d'eau potable ;
- le dépôt du dossier de demande d'autorisation.

Contrairement à d'autres pays méditerranéens très préoccupés par le stress hydrique de leur territoire, la France a surtout abordé la REUT par la porte de la santé : « un arrêté du 2 août 2010, d'abord préoccupé par le besoin de se garantir contre toute présence de bactéries coliformes met la barre très haut, ce qui élève le coût de ces eaux. Ponctionner dans la nature est moins cher »<sup>42</sup>. L'année 2016 a posé **l'instruction interministérielle** sur base de laquelle travaillent aujourd'hui les acteurs responsables de la gestion de l'eau en France et qui vient consolider l'arrêté de 2010. Cette instruction s'appuie sur des objectifs de préservation de la ressource d'eau (limiter les prélèvements dans le milieu naturel) et de protection de la santé de toutes les personnes susceptibles d'avoir accès à ces eaux (eaux usées contiennent un nombre de micro-organismes pathogènes pour l'homme).

## À qui/ quoi s'applique-t-elle ?

- Eaux usées traitées pour l'irrigation et l'arrosage issues des stations d'épuration urbaines
- Eaux usées traitées issues d'installations d'assainissement non collectif de plus de 20 équivalents d'habitants.
- Seule l'irrigation de cultures ou d'espaces verts est autorisée. Autres usages, comme le lavage des voiries et véhicules, usage incendie, non pris en compte par l'instruction.
- L'espace public (voiries, véhicules, etc.) non réglementé actuellement<sup>43</sup>.

## Analyse

En France, **l'instruction ministérielle de 2016** a permis de simplifier la procédure de REUT et de multiplier les projets REUT, puisqu'il y a eu une réduction/ limitation des temps d'instructions. À titre d'exemple, la modification en 2014 a permis de relancer une cinquantaine de projets, dont le projet de golfe à AGDE qui devrait voir le jour à l'été 2020 et sera arrosé grâce à la station d'épuration voisine. « Le projet a exigé des années de travail, mais permettra l'économie de 200.000 m<sup>3</sup>, notamment pendant l'été » explique Marie-Ange Debon, directrice générale adjointe de Suez<sup>44</sup>. Néanmoins, il faut noter que la grille de réglementation reste la même. En effet, le mode d'irrigation demeure hautement encadré réglementairement, dans un souci de réduire les risques sanitaires pour le public. La qualité de l'eau usée réutilisée varie de

<sup>42</sup> [https://www.econostrum.info/La-France-irrigue-timidement-avec-l-eau-usee\\_a18708.html](https://www.econostrum.info/La-France-irrigue-timidement-avec-l-eau-usee_a18708.html)

<sup>43</sup> Ministère de l'environnement, de l'énergie et de la mer, Ministère des affaires sociales et de la santé Ministère de l'agriculture, de l'agroalimentaire et de la forêt, *INSTRUCTION INTERMINISTÉRIELLE N° DGS/EA4/DEB/DGPE/2016/135 du 26 avril 2016 relative à la réutilisation des eaux usées traitées pour l'irrigation de cultures ou d'espaces verts – annexe II relatif aux niveaux de qualité sanitaire des eaux usées traitées*, instruction validée 1er avril 2016. Accessible sur : [http://circulaire.legifrance.gouv.fr/pdf/2016/05/cir\\_40878.pdf](http://circulaire.legifrance.gouv.fr/pdf/2016/05/cir_40878.pdf)

<sup>44</sup> Niedercon, F. (2019), Le trésor caché des eaux usées, *LesEchos*, 12 mars 2019. Accessible sur : <https://www.lesechos.fr/idees-debats/sciences-prospective/le-tresor-cache-des-eaux-usees-999665>

la plus sévère à la moins stricte, en fonction de l'usage final. En effet, la loi « impose la mise en place d'un programme de surveillance de la qualité des eaux usées traitées et de la qualité des sols qui seront irrigués, ainsi que la traçabilité des opérations d'irrigation. Les contraintes d'usage sont liées à la nature des végétaux irrigués et des risques associés. En ce qui concerne les espaces verts accessibles au public, l'irrigation doit y être réalisée en dehors des heures d'ouverture au public. Des contraintes de distances ont également été établies afin de protéger certaines activités sensibles (baignades, conchyliculture, etc.) »<sup>45</sup>.

La REUT, récente en France, se retrouve ainsi bloquée par des freins institutionnels et législatifs. En effet, les choses se figent à cause de grosses barrières parlementaires. En France, on sait faire, mais c'est une question d'investissement et d'**urgence** : tant qu'il y a de l'eau, on se soucie moins qu'ailleurs de faire des économies en eau et très peu d'efforts sont tournés vers les alternatives de réutilisation des eaux usées actuellement, bien que certains projets REUT aient vu le jour avec une gouvernance ayant permis un bon maintien du projet (consulter les fiches n°8 et n°9 pour plus d'informations sur deux expériences de REUT réalisées en France).

## 2.5 Italie

18% de la population européenne, dont l'Italie, souffre d'un stress hydrique considérable sur son territoire<sup>46</sup>. La réutilisation des eaux usées traitées dans l'agriculture est mise en pratique depuis le début du 20<sup>e</sup> siècle, mais celle-ci s'est vu diminuer avec le temps dû à un durcissement des normes liées à la REUT une mauvaise qualité de l'eau. Les conditions d'implémentation de projets REUT sont favorables en Italie puisqu'environ 60% des eaux usées urbaines sont traitées dans des petites et grandes usines à un coût abordable<sup>47</sup>. Cependant, comme dans d'autres pays, la réglementation de la REUT est trop stricte (General Technical Standards) et freine les projets, car les coûts de contrôle et de surveillance sont très élevés.

En 1994, une loi, est approuvée au parlement et est reconnue comme point central d'une réforme complexe du système des services de l'eau en Italie : la loi 36 de 1994, ou loi Galli. Elle crée le Service des eaux intégré comprenant en partie l'épuration des eaux à usage civil, et confère aux communes la gestion de l'eau. Cette loi, bien que se voulant efficace avec des principes clairs, s'est avérée être à la base d'un système complexe<sup>48</sup>. En effet, celui-ci implique

<sup>45</sup>Ministre de l'État et al., *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*, 31 août 2010.

Accessible sur : <https://www.legifrance.gouv.fr/eli/arrete/2010/8/2/SASP1013629A/jo/texte>

<sup>46</sup>B. Durham, Helena Marecos do Monte, et A. N. Angelakis, "Water Recycling and Reuse in EUREAU Countries: Trends and Challenges", mars 2016, p. 2

<sup>47</sup>Ibidem p. 8

<sup>48</sup>Giulio, C. (2010), Une mise en œuvre sans normes : deux décennies de réformes dans les services de l'eau en Italie, dans : Droit et gestion des collectivités territoriales, Tome 30, Les enjeux de la gestion locale de l'eau, pp. 288

un bon nombre d'acteurs indépendants les uns des autres. De ce fait, « l'ouverture du marché des services d'eau a trouvé des nombreuses limites : fortes résistances locales au changement, absence d'un régulateur indépendant, manque de nouveaux opérateurs, du fait de l'absence d'un cadre légal stable et rémunérateur »<sup>49</sup>.

La situation évolue en 2011 avec un régulateur national indépendant : l'Autorité de l'Électricité et du Gaz devient en charge des services d'eau également. Depuis 2003, la REUT est autorisée pour l'irrigation, avec un traitement conforme aux réglementations européennes<sup>50</sup>. L'Italie aurait un potentiel de REUT d'environ 500 mm<sup>3</sup>/ an, ce qui signifie que la quantité d'eau recyclée est 40 fois plus élevée que le chiffre français<sup>51</sup>. La motivation italienne est la suivante : climat sec et chaud à Ostie, en Italie. Dès lors, les champs sont irrigués uniquement avec des eaux réutilisées, pas d'eau potable pour cet usage, sans conséquences sur les compositions nutritives des aliments. Une illustration de l'investissement effectué dans la gestion des eaux non-conventionnelles est le centre du traitement des eaux ACEA traitant les eaux pluviales et eaux usées. 350 millions de litres d'eau sale sont filtrés par jour et redistribués dans le réseau, le but étant de purifier l'eau pour la rendre à nouveau exploitable<sup>52</sup>.

En 2019, le taux de réutilisation des eaux usées traitées atteignait 8%<sup>53</sup>. Dans le milieu industriel, le potentiel de réutilisation est élevé et pratiqué particulièrement dans la métropole de Turin, de Azienda po sangone et de Cidiu<sup>54</sup>. Un des plus grands projets REUT est celui d'Emilia Romagna, où 400 ha sont irrigués grâce à la REUT<sup>55</sup>.

## 2.6 Espagne

L'Espagne figure parmi les cadres réglementaires les plus détaillés puisque ce pays permet une grande variété de la REUT dans sa réglementation, mais la pluralité d'acteurs affaiblit la stratégie nationale d'action et engendre un manque de transparence. « En Espagne les déboires du plan hydrologique national rendent malaisée l'identification de la stratégie nationale de l'eau, tandis que l'affirmation du pouvoir régional menace la répartition des compétences établies par la Constitution. [...] L'empilement institutionnel se traduit par un chevauchement des compétences nuisant à la lisibilité, si ce n'est à l'efficacité, de l'action publique »<sup>56</sup>.

<sup>49</sup> Andrea Mangano, Les Services d'Eau en Italie : économies d'échelle et soutenabilité, Nantes, 6 et 7 juin 2013, p. 14

<sup>50</sup> Ibidem

<sup>51</sup> J.-L. Escudier, B. Gillery<sup>2</sup>, H. Ojeda<sup>1</sup> et F. Etchebarne, Maitrise de la salinité des eaux d'irrigation pour la viticulture, *41st World Congress of Vine and Wine*, 2019, p. 4

<sup>52</sup> France 2 France télévisions (2019), Gestion de l'eau : l'exemple italien, francetvinfo.fr, 15 juillet 2019. Accessible sur : [https://www.francetvinfo.fr/economie/emploi/metiers/agriculture/gestion-de-l-eau-l-exemple-italien\\_3537211.html](https://www.francetvinfo.fr/economie/emploi/metiers/agriculture/gestion-de-l-eau-l-exemple-italien_3537211.html)

<sup>53</sup> MADOU, L. (2019), Réutilisation des eaux usées traitées : les professionnels « restent sur leur soif », environnement – magazine.org, 4 juillet 2019. Accessible sur :

<https://www.environnement-magazine.fr/eau/article/2019/07/04/125137/reutilisation-des-eaux-usees-traitees-les-professionnels-restent-sur-leur-soif>

<sup>54</sup> B. Durham, Helena Marecos do Monte, et A. N. Angelakis, op. cit., p. 8

<sup>55</sup> Lazaravo, V. et Bahri A. (2005), Water reuse for irrigation: agriculture, landscapes, and turf grass, CRC Press, p. 500

<sup>56</sup> République Française, « Législation comparée : la gestion de l'eau : Espagne – Pays-Bas – Royaume-Uni, mai 2016, p. 14



Néanmoins, on dit de l'Espagne qu'il s'agit du pays européen le plus actif dans le domaine de la réutilisation des eaux usées ; il devrait atteindre un potentiel de REUT de 1 300 mm<sup>3</sup>/an en 2025<sup>57</sup> et aurait mis en route plus de 150 projets REUT en 2019<sup>58</sup>. L'Espagne utilise près d'un million de mètres cubes par jour d'eaux usées pour son agriculture : 2014<sup>59</sup>.

La **fiche expérience n°11** sur la région de Murcie offre des détails et informations pertinentes sur la manière dont un des plus grands projets de REUT au monde fonctionne et discute les éléments ayant permis le maintien du projet.

## 2.7 Malte

« Recycler de l'eau n'est pas un concept nouveau, mère nature le fait depuis la nuit des temps »<sup>60</sup>.

Faisant partie des 10 pays les plus affectés par un stress hydrique dans le monde, Malte considère le secteur de l'eau comme l'une de ses principales priorités depuis une quarantaine d'années. En effet, la seule source d'eau naturelle est souterraine et difficilement accessible : le captage d'eau nécessite parfois une descente à 100 m en dessous de la terre. L'eau des nappes phréatiques est alors pompée dangereusement<sup>61</sup>. Le niveau de l'eau baissant dramatiquement depuis quelques années et la salinité augmentant dans l'eau à cause de la surexploitation des nappes phréatiques, les Maltais ont rapidement tiré la sonnette d'alarme, pensant sérieusement à des alternatives d'économie d'eau, particulièrement avec la croissance démographique et le tourisme intensif<sup>62</sup>.

Ce défi lié à la rareté de l'eau a permis à Malte de développer ses infrastructures d'eau<sup>63</sup>. Aujourd'hui, Malte traite environ 99% des eaux usées et en réutilise environ 60%, un chiffre amené à aller croissant au vu du nombre de projets d'économies d'eau actuellement en cours<sup>64</sup>.

<sup>57</sup> B. Durham, Helena Marecos do Monte, et A. N. Angelakis, op. cit., p. 7

<sup>58</sup> MENDRET, J. (2019), *Réutilisation des eaux usées : quels sont les pays les plus en pointe ?* Université de Montpellier, 21 mars 2019. Accessible sur : <https://www.umontpellier.fr/articles/reutilisation-des-eaux-usees-quels-sont-les-pays-les-plus-en-pointe>

<sup>59</sup> Neumuller, M. (2014), La France irrigue timidement avec de l'eau usée, *Econostrum – L'actualité économique en Méditerranée*, 9 juillet 2014. Accessible sur :

[https://www.econostrum.info/La-France-irrigue-timidement-avec-l-eau-usee\\_a18708.html](https://www.econostrum.info/La-France-irrigue-timidement-avec-l-eau-usee_a18708.html)

<sup>60</sup> Ingénieur hydrologue militant pour une utilisation plus responsable de la ressource : Marco CREMONA.

<sup>61</sup> Radio-Canada (2018), *Envoyé spécial : boire de l'eau de la mer et des égouts à Malte*, ici.radio-canada.ca, 31 mai 2018. Accessible sur : <https://ici.radio-canada.ca/nouvelle/1103837/boire-eau-mer-egouts-malte-dossier-jean-francois-belanger>

<sup>62</sup> Agence européenne pour l'environnement (2018), *Interview (version pdf) – Malte : la rareté de l'eau fait partie du quotidien*, eea.europa.eu, 19 novembre 2018. Accessible sur : <https://www.eea.europa.eu/fr/signaux/signaux-2018/articles/interview-2014-malte-la-rarete>

<sup>63</sup> Arthur Deboos, « Réutilisation des eaux usées traitées en Méditerranée et impacts sur les territoires », *IPEMED Palimpsests n°19*, mars 2018, p.5

<sup>64</sup> LAPERCHE, D. (2018), *La Commission européenne va faciliter la réutilisation des eaux usées en agriculture*, Actu-Environnement.com, 29 mai 2018. Accessible sur : <https://www.actu-environnement.com/ae/news/commission-europeenne-reutilisation-eaux-usees-epurees-reuse-agriculture-31365.php4>

Une illustration de leur efficacité d'action est l'usine de Saint Antnin. Depuis 1983, elle réutilise les eaux usées traitées à des fins d'irrigation. Environ 17 000 m<sup>3</sup> d'eaux usées sont traités par jour. Cette usine se base sur une technique de activated sludge process suivie d'une rapide filtration sable. L'eau est désinfectée avec du chlore gazeux (gaseous chlorine) et ensuite injectée dans des réservoirs d'irrigation sans chlore. Cette eau traitée est réutilisée pour une irrigation de légumes ne nécessitant pas une qualité d'eau supérieure. Trois grandes usines de water reuse avec un projet de réutiliser les effluents produits.<sup>65</sup>

À Malte, le dessalement de l'eau s'est également présenté comme une alternative à la pénurie d'eau depuis les années quatre-vingt, avec trois grosses usines présentes sur l'île maltaise. La plus grande d'entre elles, Pembroke, produit 38 millions de litres d'eau par jour en utilisant la technologie de l'osmose inversée<sup>66</sup>. Elle fournit le tiers des besoins du pays, mais il s'avère que la désalinisation de l'eau est une solution très gourmande en électricité et couteuse. Néanmoins, ces freins pourraient être levés puisque des efforts pour améliorer l'efficacité énergétique du dessalement de l'eau, encouragés les initiatives et les Fonds de l'UE, ont déjà porté leurs fruits.

Afin de combler l'écart entre l'offre et la demande en eau, Malte s'est lancé dans un programme considérable de réutilisation des eaux usées en 2017, le « New Water »<sup>67</sup>. Ce programme consiste à traiter hautement des eaux usées à des fins de réutilisation dans l'agriculture, l'industrie, les espaces publics et autres. En effet, trois usines ont été conçues afin d'améliorer la qualité des eaux usées traitées au préalable dans les usines de traitement d'eaux usées de l'île, afin que ces eaux usées répondent aux critères de qualité requises pour l'irrigation, l'arrosage des espaces verts et le milieu industriel<sup>68</sup>. À elles trois, ces trois nouvelles usines sont appelées à répondre à 35% de la demande totale en eau pour l'agriculture d'ici 2021, avec une production annuelle totale de 7 millions de m<sup>3</sup><sup>69</sup>.

Afin d'inciter les agriculteurs à la réutilisation des eaux usées et à un changement de perception, des explications sont proposées concernant les niveaux de qualité obtenus par le nouveau processus de traitement, faisant de ces eaux usées une ressource et non un déchet. De plus, le programme « New Water » propose un mécanisme de tarifs progressifs aux agriculteurs afin d'encourager à la REUT<sup>70</sup>. Actuellement pleins de projets financés en partie par l'union européenne en cours à Malte à des fins d'économies d'eau<sup>71</sup>.

<sup>65</sup> B. Durham, Helena Marecos do Monte, et A. N. Angelakis, "Water Recycling and Reuse in EUREAU Countries: Trends and Challenges", mars 2016, p. 8

<sup>66</sup> VISITERMALTE (2015), *Malte et le Défi de l'Eau*, visiter-malte.com, 18 juin 2015. Accessible sur : <https://www.visiter-malte.com/malte-et-le-defi-de-leau/>

<sup>67</sup> Agence européenne pour l'environnement, *op. cit.*, p. 4

<sup>68</sup> Water services corporation, *New Water*, wsc.com. Accessible sur : <http://www.wsc.com.mt/information/new-water/>

<sup>69</sup> Ibidem

<sup>70</sup> Agence européenne pour l'environnement, *op. cit.*, p. 4

<sup>71</sup> Ibidem

## 2.8 Portugal

L'ensemble du territoire portugais est touché par la sécheresse avec des pénuries lourdes en eau à prendre au sérieux. Parmi les enjeux environnementaux dont souffre le Portugal, l'érosion des sols et la pollution de l'eau, en particulier dans les zones côtières. Parmi les principales ressources en eau du Portugal :

- l'eau de surface (rivières, lac, etc.) pouvant être traitée via différentes méthodes (filtres à eau, procédés membranaires, etc.) ;
- le dessalement de l'eau issue d'océan ou de mer et qui peut être traitée en traitant ces eaux par osmose inverse ou autres procédés membranaires ;
- les eaux souterraines (dans l'espace des pores du sol et de la roche « bien Bore Hole » pouvant être aussi traitées par systèmes d'osmose inverse et autres procédés membranaires, stérilisateurs UV, etc.) ;
- l'approvisionnement en eau du gouvernement (avec un niveau potentiellement élevé de chlore) pouvant être traité avec des adoucisseurs d'eau, médias filtres à eau, etc.

Au cours des dernières décennies, une amélioration dans le traitement de l'eau a été remarqué au Portugal, notamment grâce au soutien de l'Union européenne. Une différence reste néanmoins flagrante entre les villes et les zones rurales et montagneuses, les dernières manquant toujours d'installations sanitaires suffisantes pour combler besoins des résidents dont une bonne partie ne dispose pas assez d'eau pour répondre à ses besoins fondamentaux en eau, et l'autre partie a ses sources en eau gérée par des municipalités de mauvaise qualité.

Un des acteurs principaux fournissant des systèmes de traitement des eaux usées au Portugal est Pure Aqua dont les systèmes de traitement de l'eau offerts seraient adéquats avec les exigences de qualité imposées par l'Organisation Mondiale de la Santé<sup>72</sup>.

Malgré ses progrès, le Portugal aurait laissé trainer derrière lui un retard de 20 ans en matière d'initiatives et d'investissements pour le traitement de ses eaux. En effet, le 22 juin 2019, la Cour de Justice de l'Union européenne (CJUE) a condamné le Portugal à 3 millions d'euros pour ce retard dans le déploiement d'équipements destinés à collecter et à traiter les eaux usées. Lisbonne avait déjà été condamnée à maintes reprises (2008, 2011 et 2016) pour d'autres infractions liées au traitement des eaux usées. Après étude et analyse, la CJUE a estimé que ces travaux ne pourraient commencer qu'en 2019<sup>73</sup>. Pourtant, le Ministère de l'Environnement portugais a déclaré ne pas être « en mesure de garantir l'eau pour tous les robinets après 2019 »<sup>74</sup>. "Le Portugal a fait de la lutte contre la sécheresse une priorité nationale (...). Nous faisons un vaste ensemble d'investissements, qui dépasse les 60 millions d'euros, pour réaliser

<sup>72</sup>PURE AQUA, INC. (2015), L'osmose inverse et le traitement de l'eau au Portugal, pureaqua.com. Accessible sur : <https://fr.pureaqua.com/l-osmose-inverse-et-le-traitement-de-l-eau-en-portugal/>

<sup>73</sup> Senet, S. (2016), Eaux usées : lourde amende pour le Portugal, *Journal de l'environnement*, 24 juin 2016. Accessible sur : <http://www.journaldelenvironnement.net/article/eaux-usees-lourde-amende-pour-le-portugal.71955>

<sup>74</sup> CASTANEDO, B. (2018), Sécheresse au Portugal : le Ministre de l'Environnement ne peut garantir de l'eau pour tous les robinets au-delà de 2019, Lisbob, 27 février 2018. Accessible sur : <https://www.lisbob.net/fr/blog/secheresse-portugal-penurie-eau-2019>

des interconnexions entre les réservoirs d'Alqueva", a-t-il déclaré<sup>75</sup>. À cette fin, des projets seraient en cours de réalisation dans les 50 plus grandes usines de traitement de l'eau du pays.

## 2.9 Libye et Mauritanie

À ce stade et dû à un manque de données pertinentes, il n'a pas été possible d'offrir un cadre général de la situation de REUT et de son évolution en Libye et en Mauritanie.

### 3. Conclusion et recommandations suggérées

**N.B.** : la conclusion et les recommandations suggérées résultent des données obtenues via les entretiens et la recherche académique effectués durant la période du stage, entre janvier et juillet 2020.

La REUT se présente plus comme une nécessité qu'un choix, comme le montre pertinemment la comparaison entre d'une part la Tunisie, obligée d'avoir dû investir tôt dans la REUT à cause du stress hydrique présent sur le territoire, et d'autre part la France, moins investie dans la REUT que la Tunisie à l'heure actuelle, possédant toujours des ressources en eau suffisantes. En outre, la REUT prendra le temps qu'il faut pour être assimilée sur un territoire donné. En effet, le recours aux ressources en eaux usées et alternatives est indispensable bien que chaque pays ait son propre rythme pour l'aborder, comme le montre la comparaison sectorielle ci-dessus entre les pays méditerranéens du 5+5. De plus, il peut être difficile de convaincre d'opter pour la REUT car d'autres solutions paraissent plus évidentes, comme le dessalement de l'eau de mer coûtant pourtant bien plus cher que la REUT. Le savoir-faire en REUT n'est pas ce qu'il manque dans la plupart des pays de la Méditerranée ; la gestion intégrée de la ressource en eau nécessite avant tout un investissement et une volonté claire de la part de l'État en question d'encourager la REUT, en tenant compte de plusieurs facteurs repris ci-dessous.

Des recherches et entretiens effectués durant le stage, on retient avant tout qu'il ne faut pas aborder un pays et sa législation REUT sans tenir compte des **conditions d'émergence** de cette REUT dans ce pays en question ; un travail de synthèse avec une **grille de lecture** comparant les pays non seulement sur base de leur réglementation REUT mais en utilisant d'autres critères, tels qu'historique, contextuel, culturel et organisationnel nous permettrait de comprendre la **porte d'entrée**, c'est-à-dire les conditions d'émergence de la REUT dans un pays. À titre d'exemple, de l'analyse du contexte d'émergence de la REUT effectuée entre le Maroc et la Tunisie, il apparaît que la Tunisie est en avance d'une dizaine d'années par rapport au Maroc

---

<sup>75</sup> Ibidem

en termes de REUT. En effet, alors que la Tunisie s'est rapidement tournée vers un investissement considérable dans la REUT, le Maroc a choisi d'investir prioritairement dans le dessalement de mer comme technique de compensation du manque d'eau présent sur les deux territoires. De même, cet intérêt pour les conditions d'émergence de la REUT permet de comprendre la différence d'investissement dans la REUT existant entre la Tunisie et la France actuellement. En effet, la France, disposant de ressources en eau toujours suffisantes à l'heure actuelle, est entrée par la porte de la santé pour aborder la REUT. La France a directement mis la barre très haute pour les normes sanitaires et législatives régissant la REUT, ces normes pouvant être considérées comme un frein à l'encouragement de la REUT en France, limitant dès lors le nombre de projets de REUT existants actuellement<sup>76</sup>.

### **Pour aborder un projet de REUT, il convient avant tout de :**

- effectuer une étude méthodologique de faisabilité d'un projet REUT en tenant compte de plusieurs éléments, comme explicités ci-dessus (STEP et technologies de traitement de l'eau existantes, proximité entre producteur et usager, définition des acteurs concernés). Il faut garder à l'esprit qu'après l'abrogation d'une loi, vient l'étude du projet pour ensuite passer à l'application du projet de REUT en question. En effet, lorsqu'un projet de réutilisation des eaux usées est pensé, il peut se passer **des années entre l'étude de sa faisabilité et le moment du démarrage**. Il s'avère également difficile d'amener les acteurs à prendre la responsabilité de la qualité de l'eau réutilisée. De plus, l'étude de la viabilité et faisabilité économique et financière d'un projet REUT est primordiale pour assurer son maintien : les retours d'expériences en l'occurrence à Malte, en France (Clermont-Ferrand) et en Espagne (région de Murcie) ont démontré l'impact positif de la collectivité via des taxes sur les usagers de la REUT comme moyen efficace pour financer une partie des coûts d'exploitation des systèmes de REUT, dans le but d'avoir accès à une eau de qualité en toutes saisons ;
- investir du temps et de l'énergie pour l'acceptabilité de la REUT par la population (via des campagnes sérieuses de sensibilisation par exemple comme cela a très bien fonctionné à Singapour pour convaincre la population de réutiliser les eaux usées comme eau potable par exemple<sup>77</sup>) mais également par les acteurs de l'eau (via des formations axées sur la REUT et prévues spécialement pour eux étant les premiers responsables pour faire passer l'information et générer une familiarisation avec la REUT autour d'eux) ;
- investir du temps et de l'énergie pour une réglementation évolutive adaptée à son contexte en parallèle avec une politique de l'eau ambitieuse vis-à-vis de la REUT (comme la révision de la loi effectuée en Tunisie il y a une dizaine d'années pour assouplir la REUT sur le territoire) ;

<sup>76</sup> Paragraphe inspiré de l'entretien effectué avec Catherine Frank-Néel en mars 2020.

<sup>77</sup> Catherine Franck-Néel, « Réutilisation des eaux usées traitées "New Water" - Analyse Stratégique Collective », CVT AllEnvi - Alliance nationale de recherche pour l'environnement, juillet 2016

- tout en gardant à l'esprit que **l'élément déclencheur principal d'un projet** est souvent le lien social ou économique qui se crée entre les usagers et les producteurs d'eaux usées traitées, d'où l'importance de la **gouvernance** dans la mise en place et le maintien d'un projet<sup>78</sup>.

## 3.1 La gouvernance comme clé essentielle à la pérennité d'un projet

La mise en place d'une gouvernance, c'est-à-dire **d'institutions opérationnelles et coordonnées** incluant la participation de **l'acteur lui-même** est une recommandation essentielle pour permettre non seulement au projet de démarrer mais également pour en garantir le maintien. À titre d'exemple, d'après l'un des entretiens effectués durant la période du stage, le roi du Maroc aurait fait intervenir des experts et des agriculteurs, étant les premiers acteurs concernés par la REUT, pour discuter ensemble de la gestion de l'eau d'irrigation, faisant de cet événement une expérience unique dans la Méditerranée<sup>79</sup>.

Qu'il y ait un seul ou plusieurs organismes en charge de la REUT, il est nécessaire de clairement définir les compétences et responsabilités de chacun. L'expérience à Saint-Mathieu-de-Trévières (consulter la fiche expérience n°8) met en lien la dégradation progressive du maintien du projet avec le manque de communication et le flou de prérogatives créé entre gestionnaires et usagers. Il va de même pour le retour d'expérience des golfs de Marrakech où le manque de communication entre les directeurs des terrains de golfs et la RADEEMA ont empêché les projets de REUT d'aboutir concrètement<sup>80</sup>.

## 3.2 Qui est l'utilisateur final de la REUT ?

Lorsqu'un projet REUT est pensé, il est important de pouvoir directement déterminer l'utilisateur en gardant à l'esprit qu'il est plus difficile de maintenir un projet REUT lorsque celui-ci concerne plusieurs utilisateurs ou que ceux-ci sont mal définis → Le maintien d'un projet REUT nécessite de commencer par la fin : **qui est l'utilisateur final ?** La mise en place d'une **convention claire** entre l'organisme qui traite l'eau et l'utilisateur est primordiale. L'expérience du lavage des phosphates au Maroc en est une illustration pertinente : depuis le début, le besoin est clair entre la STEP et les laveries : mieux les utilisateurs sont définis, plus

---

<sup>78</sup>Partie inspirée des recommandations proposées par la GIZ et Ecolifae en matière de REUT (références bibliographiques précises plus bas dans la section « références bibliographiques »).

<sup>79</sup> Informations tirées de l'un des entretiens avec un expert en REUT Maroc effectué durant la période de stage entre janvier et juillet 2020.

<sup>80</sup> Informations tirées de l'entretien effectué avec Rebecca Bourdet dont la thèse de master portée sur la REUT dans les golfs au Maroc l'a portée à réaliser un stage sur le terrain. Références de la thèse : Bourdet, R., (2018), La réutilisation des eaux usées traitées au Maroc - étude spécifique des golfs d'Agadir et de Marrakech, Paris Sorbonne IV

grande est l'opportunité de créer une communication claire entre les acteurs concernés pour la mise en place et le maintien du projet.

### 3.3 Pourquoi ne pas penser la REUT avant la construction de la STEP lorsque la REUT est l'objectif principal ?

Dans beaucoup de cas, c'est après la construction de la STEP que la question de la REUT se pose réellement. Néanmoins, il faut noter que l'emplacement de la STEP est important et peut être choisi de manière très stratégique :

- essayer tant que possible d'éloigner la STEP pour éviter les odeurs et dès lors les plaintes des habitants ;
- se concentrer sur un emplacement à écoulement gravitaire (sur une côte basse) ne nécessitant pas qu'on doive remonter l'eau et pomper intensivement pour la faire circuler → c'est très coûteux et difficile ;
- garder à l'esprit l'importance de la proximité entre lieu de traitement des eaux usées, lieu de stockage et d'utilisation, comme l'illustrent les expériences de Clermont-Ferrand (fiche n°12) et de Khourigba pour le lavage des phosphates (fiche n°2).

### 3.4 Freins majeurs rencontrés dans la REUT et leviers proposés

À la somme de toutes mes lectures et des études sur la REUT mises à ma disposition durant les six mois du stage, telles que les études REUT effectuées notamment par l'Institut national de l'économie circulaire<sup>81</sup>, BRL Ingénierie<sup>82</sup>, Ecofilae<sup>83</sup> et la GIZ<sup>84</sup>, voici les freins et leviers que l'on pourrait proposer et qui ressortent de ces lectures.

- **frein n°1 et levier proposé** : comme réponse à la complexité de la REUT, il est conseillé d'investir dans une gestion véritablement intégrée de la ressource en eau afin que la REUT puisse devenir un outil à part entière que les parties prenantes doivent traiter dans les réflexions et discussions liés à la gestion de l'eau, tout comme l'institut met en exergue l'importance de s'engager dans une grande réflexion nationale sur la gestion de l'eau rassemblant l'ensemble des acteurs, afin de faire émerger une véritable coordination des intérêts et des savoir-faire. La création d'une cellule permanente et intercompétente de la REUT pourrait servir d'interface entre les acteurs de terrain et les

<sup>81</sup> Institut national de l'économie circulaire, « L'économie circulaire dans le petit cercle de l'eau : la réutilisation des eaux usées traitées : étude », *Institut national de l'économie circulaire*, mai 2018

<sup>82</sup> Agence Française De Développement (AFD), « REUT : perspectives opérationnelles et recommandations pour l'action : rapport final », *BRL Ingénierie*, février 2011

<sup>83</sup> Nicolas Condom, Dr. (Ecofilae), Rémi Declecq (Ecofilae), « Réutilisation des eaux usées pour l'irrigation agricole en zone péri-urbaine de pays en développement : pratiques, défis et solutions opérationnelles », *rapport Ecofilae*, 2015

<sup>84</sup> Ismail Al Baz, Dr., "Integrated wastewater management in the Mediterranean – Good practices in decentralized and centralized reuse-oriented approaches", GIZ, 2016

administrations. En outre, afin de familiariser davantage avec la REUT, il est très conseillé qu'une formation et une sensibilisation des utilisateurs soit pensée. Enfin, la création de plateformes accessibles et géolocalisantes pourraient permettre un partage des bonnes pratiques, mettant en exergue les expériences ayant le mieux fonctionné avec les facteurs ayant permis cette opérationnalisation → dès lors, les collectivités et acteurs intéressés pourraient réduire leurs frais d'étude.

- **frein n°2 et levier proposé** : en réponse au coût élevé de la REUT, il est conseillé de réaliser une **profonde réflexion sur le prix de l'eau et des redevances** que chacun des acteurs paye, avec une intégration plus concrète du principe de « pollueur-payeur » puisque tant que la REUT se montre plus chère que les solutions traditionnelles, il demeurera compliqué pour des modèles d'affaires de voir véritablement le jour. L'analyse détaillée d'une quinzaine de projets de REUT a permis de confirmer l'efficacité du système de redevances dans le maintien de la REUT et son encouragement (région de Murcie en Espagne, Agence de l'eau Rhône-Méditerranée-Corse en France, Malte, etc.). L'institut propose également une **réglementation axée sur le multi-usage et sur le multiressource** afin d'offrir des débouchés pour chaque saison, de décloisonner les besoins dans le temps, et dès lors d'aboutir à des eaux de qualités adaptées aux usages. La réglementation devrait continuer à être ambitieuse pour couvrir suffisamment les risques sanitaires tout en étant connectée à la réalité du terrain → cette réglementation devrait pouvoir encourager une **concurrence équilibrée** entre les eaux brutes et les eaux usées traitées tout en limitant au maximum les risques liés à la santé des humains et de l'environnement. Enfin, il est conseillé de développer des **unités de traitement de l'eau moins coûteuses** et plus adaptées à des besoins précis pour encourager une REUT plus compétitive ;
- **frein n°3 et levier proposé** : en réponse à l'acceptabilité sociale de la REUT, on propose de réaliser un **fort travail de pédagogie dans le cadre politique des discussions autour des pays du 5+5** mené par les administrations compétentes auprès de l'ensemble des acteurs de l'eau afin de les convaincre de l'intérêt de la pratique et de la maîtrise des risques, tout comme des études et des recherches effectives sur des expériences existantes de la REUT doivent être mises en place pour sortir d'une vision verrouillante et permettre de penser à des procédés de mise en valeur de la REUT, en limitant les risques grâce aux leçons apprises de ces expériences passées → on propose d'accorder une attention particulière à l'émergence de ce type d'outils et d'autres outils pouvant encourager la REUT **dans les pays du 5+5** ;
- **autres recommandations pour la faisabilité d'un projet de REUT ressortant des lectures et études de REUT parcourues** :
  - consacrer une attention particulière à ce qui existe déjà dans le domaine de la REUT sur un territoire donné lorsqu'un projet de REUT est pensé sur ce territoire, en gardant à l'esprit que la préexistence d'une réutilisation informelle par exemple peut être considérée comme un atout pour faire aboutir un projet



- se mettre d'accord sur l'objectif précis de l'expérience ;
- être vigilant sur le caractère opérationnel des textes juridiques permettant la REUT ;
- aboutir à une convention claire et à un accord explicite entre les acteurs concernés par le projet toujours en tenant compte des différences socio-culturelles pouvant exister entre ces différents acteurs afin d'encourager un espace d'entente, de communication, et dès lors d'acceptabilité de la REUT ;
- s'assurer de la mise en place d'un suivi sanitaire inclus dans l'équilibre financier global du projet et qui soit opérationnel et régulier (locaux, matériel, personnel formé, frais de fonctionnement évalués) ;

En guise de conclusion, on dirait que les données collectées durant ce stage de six mois nous amènent à élargir notre horizon lorsqu'il s'agit de discuter la REUT sur un territoire donné. En effet, bien qu'elle soit considérée comme une solution pour protéger l'environnement et lutter contre la pénurie d'eau, il convient d'analyser attentivement le contexte dans laquelle la REUT est abordée et d'en tenir compte lorsqu'une comparaison de la REUT doit avoir lieu entre deux pays. Comme le rapport et les fiches le montrent, plusieurs facteurs tels que l'histoire du pays et de ses territoires pour comprendre l'environnement dans lequel serait amenée à se développer la REUT, l'état général et législatif de la REUT dans l'État en question et les technologies existantes, l'existence ou non d'institutions pertinemment compétentes en matière d'eau et d'assainissement, etc. Ce travail de synthèse pourrait nous aider à mieux connaître et aborder un pays si intérêt pour investir dans un projet REUT il y a et rendrait la comparaison avec un autre pays plus pertinente, puisqu'elle tiendrait compte d'autres aspects significatifs et ne nous limiterait plus uniquement au cadre réglementaire et au savoir-faire (techniques de la REUT).

## 4. 15 expériences de REUT faisant partie des pays du 5+5

Cette dernière partie du rapport est consacrée au défilé **des 15 fiches expériences de REUT** réalisées durant la période de stage entre janvier et juillet 2020, en fonction des données obtenues. **Voici la liste des expériences et les numéros de pages de chacune d'entre elles :**

1. **Maroc** : La STEP d'Agadir et son usager le Golf du M'Zar : **p. 27 – p. 35**
2. **Maroc** : la station d'épuration de Khourigba et son unique usager : l'Office Chérifien des Phosphates (OCP) : **p.36 – p.42**
3. **Italie** : la station d'épuration de Milan San Rocco au service de l'agriculture milanaise : **p. 43 – p. 50**
4. **Tunisie** : la station d'épuration de Korba pour la recharge artificielle de la nappe phréatique de Korba-Mida : **p. 51 – p. 58**
5. **Maroc** : projet pilote dans le village de AIT IDIR : **p. 59 – p. 66**
6. **Maroc** : projet pilote à DAYET IFRAH : **p.67 – p. 75**
7. **Tunisie** : projet pilote à MÉDENINE : **p. 76 – p. 83**
8. **France** : Saint-Mathieu-de-Trévières : **p. 84 – p. 94**
9. **Maroc** : expérience REUT de valorisation agricole à Ouarzazate : **p. 95 – p. 102**
10. **Maroc** : la ceinture verte autour d'Ouarzazate : **p. 103 – p. 113**
11. **Espagne** : l'investissement de la région de Murcie dans la valorisation de la REUT en agriculture : **p. 114 – p. 124**
12. **France** : cas de réutilisation agricole des eaux usées de la sucrerie Bourdon près de CLERMONT-FERRAND : **p. 125 – p. 133**
13. **Algérie** : l'irrigation du périmètre agricole de Henaya à partir de la STEP d'Aïn El-Houtz : **p. 134 – p. 139**
14. **Malte** : aperçu de la situation de la REUT sur l'île maltaise : **p. 140 – p. 148**
15. **Algérie** : le rôle de la station d'épuration de ANNABA dans la protection de l'environnement en Algérie : **p. 149 – p. 154**

## RÉUTILISATION DES EAUX USÉES TRAITÉES (REUT) EN MÉDITERRANÉE

EXPÉRIENCE REUT N°1 : station d'épuration de M'zar et son usager

« le Golf de l'Océan » à Agadir

### CONTEXTE SECTORIEL : AIT MELLOUL (M'ZAR) et AGADIR

Réglementation eau dans le pays :

**Précisée (stricte) / non précisée (non-stricte)**

Stress hydrique : faible – moyen – **élevé**

Nombre d'habitants : recensement de 2014 :

AIT MELLOUL : 170 000 habitants

AGADIR : 421 000 habitants

Objectif principal de l'expérience : lutte contre

la surexploitation des eaux souterraines

→ Inciter à la REUT.



### DONNÉES CLÉS

#### Technologies choisies :

- Décantation anaérobie.
- Infiltration percolation.
- Désinfection par rayons ultraviolets.

#### Coûts de l'expérience :

- Construction de la STEP de M'zar : 680 millions de dirhams.

#### Résultats obtenus :

- Augmentation des ressources disponibles en eau.
- Exemple liant la bonne gouvernance au succès du projet.
- Collaboration REUT entre la STEP et le Golf opérationnelle depuis quelques années.

#### Ressources mobilisées :

- Bailleurs de fond : RAMSA, la Banque européenne d'investissement (BEI), l'Agence française de développement (AFD).
- Acteurs locaux : RAMSA, ABHSM, Wilaya d'Agadir.



## RÉUTILISATION DES EAUX USÉES TRAITÉES (REUT) EN MÉDITERRANÉE

### CONTEXTES

#### La STEP de M'zar et son usager : le Golf de l'Océan à Agadir

##### Environnemental – ressources en eau

- Comme d'autres villes, Agadir est prédisposée au manque d'eau, surtout avec le tourisme grandissant et l'accroissement naturel de la population nécessitant une plus grande demande en eau. À Ait Melloul, lieu de localisation de la STEP du M'ZAR, le nombre d'habitants était d'environ 170 000 en 2014 et à Agadir, la même année, ce nombre s'élevait à 420 000.
- Nombreuses sont les activités humaines affectant les qualité et quantité des ressources locales en eau → La surexploitation des eaux souterraines ces dernières années a conduit à une baisse du niveau piézométrique favorisant une intrusion maritime dû à la proximité avec la côte.  
→ C'est cette réalité qui a conduit la gouvernance locale à considérer les eaux usées traitées comme une solution. En effet, au vu du stress hydrique dont souffre la région, l'Agence de Bassin Hydraulique de Souss-Massa (l'ABHSM), accompagnée de la Wilaya d'Agadir commencèrent à sérieusement préconiser le recours aux ressources non conventionnelles comme les EUT (eaux usées traitées) afin de lutter pour la réduction du déficit hydrique de la région, encourageant dès lors la vente des EUT de la RAMSA (Régie autonome multiservices d'Agadir).
- La politique locale encourage la priorité d'irriguer les nombreux espaces verts d'Agadir avec uniquement des eaux usées.

##### Socio-économique :

- Le Tourisme est l'une des activités économiques principales à Agadir.
- D'après les données du Ministère de l'Économie et des Finances, les régions du Souss-Massa et du Tensift, où se situent Agadir et Marrakech, dominent le reste du Maroc en matière d'offre touristique et totalisent à elles deux un peu plus de 50 % de la capacité d'hébergement. En effet, depuis les années soixante, Agadir est une station balnéaire attirant un bon nombre de touristes, ce qui a poussé le développement de son offre touristique.
- C'est dans ce contexte de développement économique prospère que les terrains de golfs commencent à se multiplier considérablement à Agadir, et dont l'entretien nécessite un volume quotidien vertigineux d'eau. À titre d'exemple, pour le Golf de l'Océan à

Le Maroc est divisé en 12 régions dont chacune possède un gouvernorat (wilaya) avec un wali nommé par le roi.



## RÉUTILISATION DES EAUX USÉES TRAITÉES (REUT) EN MÉDITERRANÉE

Agadir s'étalant sur 90 hectares, ce volume journalier s'élève à environ 3 000 m<sup>3</sup>.

- Agadir étant une région regroupant un nombre considérable d'investisseurs agricoles en cultures maraîchères, l'économie a besoin d'eau et les agriculteurs sont très sensibles à la qualité de l'eau et dès lors difficilement convaincus par la REUT, d'où la volonté politique évidente d'agir avec la diminution des ressources en eau et d'inciter d'autres domaines à la réutilisation des eaux usées, tels que les terrains de golf.
- En 2013, une étude de la RAMSA a démontré que les golfes sont plus consommateurs en eau que les espaces verts : 58% contre 42%, même s'ils occupent une surface moins importante. Face à cette réalité ainsi qu'à l'augmentation des besoins en eau de la population, il y a eu une prise d'initiative de la RAMSA de construire la STEP du M'zar en 2002, à quelques kilomètres d'Agadir, afin d'éloigner les odeurs, et de convaincre les usagers riches et gourmands en eau à la REUT.
- Étant le plus ancien usager de la RAMSA, le Golf de l'Océan est très attaché à la réutilisation des eaux usées pour deux raisons principales :
  - Une eau détériorée due à la salinisation des nappes phréatiques s'avère néfaste pour le gazon.
  - L'ABHSM, encouragée par la législation marocaine en faveur de la REUT, est de plus en plus exigeante face à l'obligation pour les terrains de golfs d'être irrigués par des eaux usées traitées (EUT).

### OBJECTIFS POURSUIVIS DE LA CONSTRUCTION DE LA STEP DE M'ZAR

<b>Objectif général de l'expérience</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Construction de la STEP pour la lutte contre la réquisition trop importante des eaux souterraines en incitant les utilisateurs gourmands en eau à la REUT.</li> </ul>
<b>Objectif(s) spécifiques(aux) de l'expérience :</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Augmentation des ressources d'eau disponibles en traitant les eaux usées.</li> <li>- Inciter les terrains de golfs, très consommateurs en eau, à devenir des usagers de la STEP en offrant un prix d'eau intéressant.</li> </ul>



## RÉUTILISATION DES EAUX USÉES TRAITÉES (REUT) EN MÉDITERRANÉE

### RÉSULTATS

Résultats obtenus à la suite de l'expérience et activités mises en œuvre pour y arriver

- **UN CHOIX DE GOUVERNANCE TRADUISANT LE SUCCÈS DE L'EXPÉRIENCE**

**Résultat 1** : le terrain du Golf de l'Océan est en bon état et ce, depuis quelques années.

**Activités mises en œuvre pour y arriver** : voyant les problèmes liés à la REUT comme un frein à son activité économique, le dirigeant a rouvert les forages et a voulu compter sur ces forages pour l'irrigation de son terrain. Cependant, la salinité de l'eau et le manque de précipitations ont conduit le directeur à changer son mode de gouvernance. En effet, un changement de pratiques, à travers différentes activités spécifiques, ont permis au terrain de Golf de s'adapter à ces nouvelles pratiques. Il a fallu au directeur du Golf une patience de quelques années accompagnée d'une énergie considérable pour permettre le changement d'anciennes habitudes.

→ **Une patience de quelques années pour l'adaptation aux nouvelles habitudes + un bon investissement (traitement tertiaire de l'eau) + un accompagnement de la RAMSA = le golf a fini par gérer la situation avec un terrain en bon état.**

**Résultat 2** : une bonne gouvernance entre les différents acteurs avec l'objectif de réutiliser a permis la vente des EUT et le maintien du projet de réutilisation au Golf de l'Océan → Succès pour la STEP du M'zar qui vend ses EUT à ce golf depuis 2010 (plus ancien usager).

**Activités mises en œuvre pour y arriver** : intervention de la Wilaya<sup>2</sup> et de l'Agence de Bassin Hydraulique de Souss-Massa (ABHSM) pour convaincre les usagers riches et gourmands en eau d'utiliser les EUT de la RAMSA. Le m<sup>3</sup> est finalement fixé à 2 dirhams et est vendu par la RAMSA. L'échange entre les régions, les entités locales et le directeur du terrain de Golf de l'Océan a été un succès puisque le dirigeant continue d'utiliser les EUT sur son terrain sans problèmes majeurs de disfonctionnement.

- **UN PROJET OPÉRATIONNEL AU NIVEAU DU TERRAIN DE GOLF**

<sup>2</sup>Le Maroc est divisé en 12 régions dont chacune possède un gouvernorat (wilaya) avec un wali nommé par le roi.



## RÉUTILISATION DES EAUX USÉES TRAITÉES (REUT) EN MÉDITERRANÉE

**Résultat** : le projet est opérationnel depuis quelques années.

**Activités mises en œuvre pour y arriver** : (1) un système de désinfection UV (nécessitant un investissement considérable et permettant le traitement complémentaire) a été mis en place, et (2) la salinité dans les sols et dans l'eau est suivie, gérée, et contrôlée au niveau du golf (tolérance des greens, drainage, etc.).

- **UNE EAU DE QUALITÉ SORTANT DE LA STEP DU M'ZAR**

**Résultat** : la qualité de l'eau sortant de la Step du M'zar et irriguant le terrain du Golf de l'Océan est conforme aux normes de qualité requises par la loi.

**Activités mises en œuvre pour y arriver** : analyses de qualité d'eau réalisées une fois tous les 15 jours par un laboratoire interne à la RAMSA et tous les mois par un laboratoire privé agréé par l'État, GAYA.

- **UNE EAU RÉUTILISÉE VENDUE À UN PRIX ABORDABLE PAR LA RAMSA**

**Résultat** : la RAMSA a réussi à imposer le prix de deux dirhams par m<sup>3</sup> à ses usagers alors que ces derniers étaient habitués à payer 0,5 dirhams par m<sup>3</sup> pour l'eau souterraine des forages.

**Activités mises en œuvre pour y arriver** : une étude de rentabilité a été réalisée en 2013 par la RAMSA pour assurer la viabilité de la STEP sur le long terme (le prix de base s'élevant à trois dirhams par m<sup>3</sup> a été jugé trop élevé par les pouvoirs publics). De plus, la situation de stress hydrique que connaît la région et la demande trop importante en eau de ces usagers (golfs) ont conduit la Wilaya (autorité régionale) et l'ABHSM à imposer à ces usagers de se tourner vers les eaux usées traitées de la RAMSA.

- **UNE REUT FONCTIONNELLE AU GOLF DE L'OcéAN**

**Résultat** : ce terrain de golf ne connaît pas de problème lié à une **mauvaise aération**. Cette dernière peut être responsable d'apparition de phénomènes d'eutrophisation (poussée d'algues nuisibles entraînant la mort des êtres aquatiques).

→ **Activités mises en œuvre pour y arriver** : sans bassin de stockage, le golf fonctionne comme un robinet pour la REUT avec une petite bache de 27m<sup>3</sup>. L'inconvénient est le risque du manque d'eau pendant les périodes de sécheresse mais pour éviter les pénuries, il existe des horaires d'usage mis en place par la RAMSA pour les usagers de la REUT.



## RÉUTILISATION DES EAUX USÉES TRAITÉES (REUT) EN MÉDITERRANÉE

### DÉTAILS DES TECHNOLOGIES CHOISIES POUR LA STEP DU M'ZAR ET LA REUT AU GOLF DE L'Océan

« Les deux stations d'épuration (dont la STEP du M'zar) auxquelles sont raccordés les golfs d'Agadir et de Marrakech bénéficient d'installations **extrêmement** performantes et permettent d'obtenir une qualité d'eau des plus satisfaisantes à la fin du processus de nettoyage »<sup>3</sup>.

« Vue satellite des périmètres des golfs de l'Océan (en bleu), des Dunes (en rouge) et du Soleil (en vert) ainsi que de la STEP du M'zar (en Orange) dans le Grand Agadir »<sup>4</sup>.



Source : Google Earth

<sup>3</sup> Bourdet, R., (2018), *La réutilisation des eaux usées traitées au Maroc - étude spécifique des golfs d'Agadir et de Marrakech*, Paris Sorbonne IV, p. 99

<sup>4</sup> Ibidem p. 96





## RÉUTILISATION DES EAUX USÉES TRAITÉES (REUT) EN MÉDITERRANÉE

**TRAITEMENT PRIMAIRE À LA STEP : DÉCANTATION ANAÉROBIE**

**Réacteur anaérobie compartimenté (anaerobic baffled reactor) :** traitement des eaux usées dans une fosse septique, permettant un nettoyage des eaux.

→ Laisser l'eau séjourner pendant plusieurs jours pour la séparation des liquides et solides sous l'action de la pesanteur. Ensuite l'eau est rejetée en milieu naturel.

S10. Réacteur anaérobie compartimenté

Source : Google Images

**TRAITEMENT SECONDAIRE À LA STEP : INFILTRATION PERCOLATION**

**Infiltration percolation :** eau percolant dans un milieu granulaire pour une seconde filtration permettant de retirer les micro-organismes pathogènes restants.

Six filtres à sable dans la STEP  
 → 30 000 m<sup>3</sup>/ jour et 12 millions de m<sup>3</sup>/ an.  
 → 25% de la consommation annuelle d'eau potable du Grand Agadir est remplacée par des EUT.

Source : Google Images



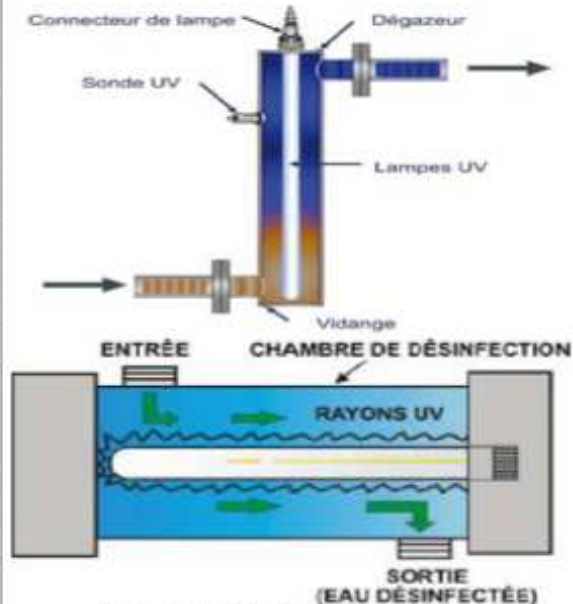
## RÉUTILISATION DES EAUX USÉES TRAITÉES (REUT) EN MÉDITERRANÉE

### TRAITEMENT TERTIAIRE À LA STEP : DÉSINFECTION PAR RAYONS ULTRA-VIOLETS

**Dernière étape du traitement : traitement complémentaire : désinfection par rayons-ultraviolets (en fonction du besoin) :**

→ Micro-organismes attaqués sans possibilité de dupliquer leur ADN → Eau dans les réacteurs fermés avec lampes à rayon UV de très forte intensité irradient le fluide → Eau très claire à la sortie répondant aux normes de qualité requises par la loi et par les golfes parfois plus exigeantes.

→ 30 000 m<sup>3</sup>/ jour sont possiblement traités via ce processus → Eau ensuite écoulee via des conduites vers les lieux de réutilisation.



Source pour les deux images : Google Images

### FONCTIONNEMENT DE LA REUT AU GOLF DE L'OcéAN

Source : BOURDET, 2018

Pas de bassin de stockage mais avec une petite bache de 27m<sup>3</sup>, le golf fonctionne comme un robinet pour la REUT.

→ Présence de deux vannes toujours en immersion pour éviter que les crépines (toujours aspergées d'eau) ne s'usent pas.

Vannes : capacité de distribution d'eau de 90m<sup>3</sup>/h. Il existe 2 600 asperseurs pour arroser le



## RÉUTILISATION DES EAUX USÉES TRAITÉES (REUT) EN MÉDITERRANÉE

terrain et dont coule directement de ces vannes.	
---	--

Pour aller plus loin : <http://www.ramsa.ma/Accueil/Contact.aspx>



## RÉUTILISATION DES EAUX USÉES TRAITÉES (REUT) EN MÉDITERRANÉE

### EXPÉRIENCE REUT N°2 : la station d'épuration de Khourigba et son unique usager : l'Office Chérifien des Phosphates (OCP)

#### BACKGROUND SECTORIEL : région de Béni-Mellal Khénifra

Réglementation eau dans le pays :

Précisée (stricte) / non précisée (non-stricte)

Stress hydrique : faible – moyen – élevé

Objectif principal de l'expérience :

allier développement industriel et  
préservation des ressources hydriques.



Source : Google Images

#### DONNÉES CLÉS

##### Technologies choisies :

- Boues activées
- Microfiltration + désinfection.

##### Coûts de l'expérience :

- 20 millions de Dirhams marocains (STEP Khourigba).

##### Résultats obtenus :

- Augmentation des ressources disponibles en eau.
- Mise en place d'une bonne gouvernance entre les partenaires.
- Gains énergétiques par la combustion des boues générées par l'épuration des eaux usées.

##### Ressources mobilisées :

- Bailleurs de fond : Office Chérifien des Phosphates (OCP), bailleurs de fond internationaux.
- Partenaires : Office National de l'Électricité et de l'Eau potable (ONEE), l'Agence de bassin hydraulique d'Oum Rbi, commune urbaine de Kourigba et commune rurale d'Ouled Abdoun.



## RÉUTILISATION DES EAUX USÉES TRAITÉES (REUT) EN MÉDITERRANÉE

### CONTEXTES

#### Environnemental – ressources en eau

- Khourigba se situe dans la région de Béni-Mellal où les ressources disponibles en eau fragilisées par l'absence d'un système d'égouts dans de nombreuses villes sont compromises par l'augmentation de la population et par le réchauffement climatique accentuant les périodes successives de sécheresse dont souffre déjà la région.
- Sans la réutilisation de ses eaux usées, l'Office Chérifien des Phosphates (OCP) pourrait compromettre sévèrement les ressources disponibles en eau de la région, au vu du volume d'eau journalier nécessaire au lavage de ses phosphates. En effet, alors qu'en 2010 ses besoins en ressources hydriques étaient de 63 millions de mètres cubes annuellement, à terme ces besoins sont amenés à dépasser les 160 millions de mètres cubes/an.

#### Socio-économique :

- L'OCP est un leader mondial en phosphates avec un prestige à préserver. Il s'est dès lors engagé dans la protection de l'environnement en signant les objectifs de développement durable des Nations unies.
- L'OCP exploite la mine de Khourigba avec un taux représentant 4/5 des extraits de phosphate au Maroc.
- Auparavant, le transport des phosphates se faisait par voie ferroviaire. Il y a quelques années, l'OCP a pensé une technique moins coûteuse pour le transport → Celui-ci a commencé à se faire sous forme liquide. Pour chacun des transports de phosphates, un volume considérable d'eau est nécessaire avec un certain débit.
- Dès lors, « grand consommateur d'eaux souterraines pour le lavage du phosphate, le groupe OCP a mis en place le "Programme Eau", qui s'inscrit dans le cadre du programme "Economie Circulaire", afin d'allier développement industriel et préservation des ressources hydriques. C'est dans ce contexte que le "Programme Eau" a été mis en place en mobilisant depuis 2008 des investissements de plus de 3,5 milliards de DH, financés en grande partie par des bailleurs de fonds internationaux »<sup>1</sup>.

→ C'est dans ce cadre que l'OCP a pu cofinancer, avec le soutien de bailleurs internationaux (Union européenne entre autres), trois STEP dans le but d'économiser de l'eau sur

<sup>1</sup> <https://www.medias24.com/step-benquerir-eaux-usees-traitement-683.html>



## RÉUTILISATION DES EAUX USÉES TRAITÉES (REUT) EN MÉDITERRANÉE

le lavage des phosphates : Khourigba en 2010, Youssoufia et Benguerir plus tard en 2015 et dont il est l'usager principal.

### OBJECTIFS POURSUIVIS

<p><b>Objectif général de l'expérience</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Allier développement industriel et préservation des ressources hydriques.</li> </ul>
<p><b>Objectif(s) spécifique(s) de l'expérience :</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Économiser de l'eau sur le lavage des phosphates en opérant ce lavage via la REUT.</li> <li>- Préserver la nappe phréatique pour d'autres usages nécessitant une eau de meilleure qualité.</li> <li>- Produire de l'énergie verte.</li> </ul>

### RÉSULTATS

**Résultats obtenus à la suite de l'expérience et activités mises en œuvre pour y arriver**

- **UNE STATION D'ÉPURATION FONCTIONNELLE**

**Résultat :** en 2019, le taux d'épuration des eaux usées de la STEP de Khourigba dépassait les 33 millions de mètres cubes. Les eaux épurées sont ensuite envoyées vers la laverie de phosphates de Mrah El Ahrach et couvrent environ 30% des besoins en eau de la laverie. Le lavage des phosphates de l'OCP absorbe environ 30% du taux des eaux usées réutilisées au Maroc.

**Activité mise en œuvre pour y arriver :** station d'épuration conçue de manière à pouvoir traiter environ cinq millions de mètres cubes par an (voir section « technologies choisies » plus bas).



## RÉUTILISATION DES EAUX USÉES TRAITÉES (REUT) EN MÉDITERRANÉE

### • UN CHOIX DE GOUVERNANCE TRADUISANT LE SUCCÈS DE L'EXPÉRIENCE

**Résultat :** la mise en place d'une bonne gouvernance entre les différents acteurs avec l'objectif de réutiliser les eaux usées urbaines a permis le maintien du projet de réutilisation.

**Activités mises en œuvre pour y parvenir :** l'Office Chérifien des Phosphates a fait le choix de la gouvernance interne : l'OCP est le propriétaire de la STEP et son unique usager. Étant donné que le besoin est clair et qu'il y a moins d'utilisateurs pour les mêmes EUT, la communication devient plus facile entre l'organisme et l'utilisateur, entraînant un maintien de l'expérience REUT.

### • IMPACT TRÈS POSITIF SUR LA PROTECTION DES RESSOURCES SOUTERRAINES DE LA RÉGION

**Résultat :** un recours aux ressources conventionnelles en baisse, permettant aux nappes phréatiques de la région de se régénérer. À l'heure actuelle, l'OCP a pu réduire sa consommation d'eaux souterraines de plus de 40%. D'ici 2028, l'OCP devrait pouvoir combler 100% de ses besoins hydriques par des eaux non conventionnelles.

**Activités mises en œuvre pour y arriver :** conviction que la REUT est moins coûteuse que d'autres alternatives d'économie d'eau telles que le dessalement de l'eau. Dès lors, un investissement considérable a permis le cofinancement de trois STEP dans le but de récupérer les eaux usées pour l'activité industrielle de l'OCP. Une fois traitées, ces eaux sont renvoyées via des conduites vers les différentes laveries où s'opère le lavage des phosphates.

### • VALORISATION MAXIMUM DES EAUX USEES TRAITÉES

**Résultat :** les eaux usées traitées dans les trois STEP sont valorisées au lieu d'être simplement rejetées dans le milieu naturel.

**Activités mises en œuvre pour y arriver :**

- Le surplus d'eaux usées (par rapport aux besoins de l'OCP pour le lavage des phosphates) traitées à la STEP de Benguerir permet l'arrosage des espaces verts de la ville.
- La STEP de Youssoufia ne générant pas assez d'eaux usées traitées, l'OCP a fait construire une conduite d'environ 60 km pour relier la STEP de Benguerir à la laverie de Youssoufia et ne rien gaspiller en EUT.

### • UN MODÈLE À SUCCÈS D'ÉCONOMIE CIRCULAIRE

**Résultats :**

- 1) 100% des eaux usées par l'OCP sont réutilisées.
- 2) Gains énergétiques résultant du processus de traitement des eaux usées et répondant à 30% des besoins en électricité des stations d'épuration des eaux usées.



## RÉUTILISATION DES EAUX USÉES TRAITÉES (REUT) EN MÉDITERRANÉE

### Activités mise en œuvre pour y arriver :

- 1) À la fin du lavage des phosphates, une séparation s'effectue entre les solides et les liquides, permettant à l'eau d'être récupérée, re-traitée et réutilisée dans un circuit fermé : très bon exemple d'économie circulaire.
- 2) Boues générées lors du processus de traitement réutilisées come biogaz → valorisation des déchets. Les STEP peuvent consommer moins d'électricité en utilisant les biogaz et l'énergie de la combustion des boues, ce qui est le cas des trois STEP conçues pour répondre aux besoins hydriques de l'Office Chérifien des Phosphates.

### • PROXIMITÉ ENTRE LA SOURCE DES EAUX USÉES TRAITÉES ET L'USAGER

**Résultat :** le transport des eaux usées traitées s'opère aisément.

**Activité mise en œuvre pour y arriver :** la proximité géographique entre le producteur d'eaux usées (la STEP) et l'utilisateur (le milieu industriel de l'OCP et ses laveries) facilite le transport des eaux usées et dès lors encourage la REUT.

**Pour aller plus loin :** Echakraoui, Z., (2014), *Maîtrise et Optimisation de la station de traitement et d'épuration de Khouribga Maroc*, Université Sidi Mohammed Ben Abdellah - Faculté des Sciences et Techniques, Fès, Maroc





## RÉUTILISATION DES EAUX USÉES TRAITÉES (REUT) EN MÉDITERRANÉE

### DÉTAILS DES TECHNOLOGIES CHOISIES POUR LE TRAITEMENT DES EAUX USÉES

#### TRAITEMENT À LA STEP DE KHOURIGBA : BOUES ACTIVÉES

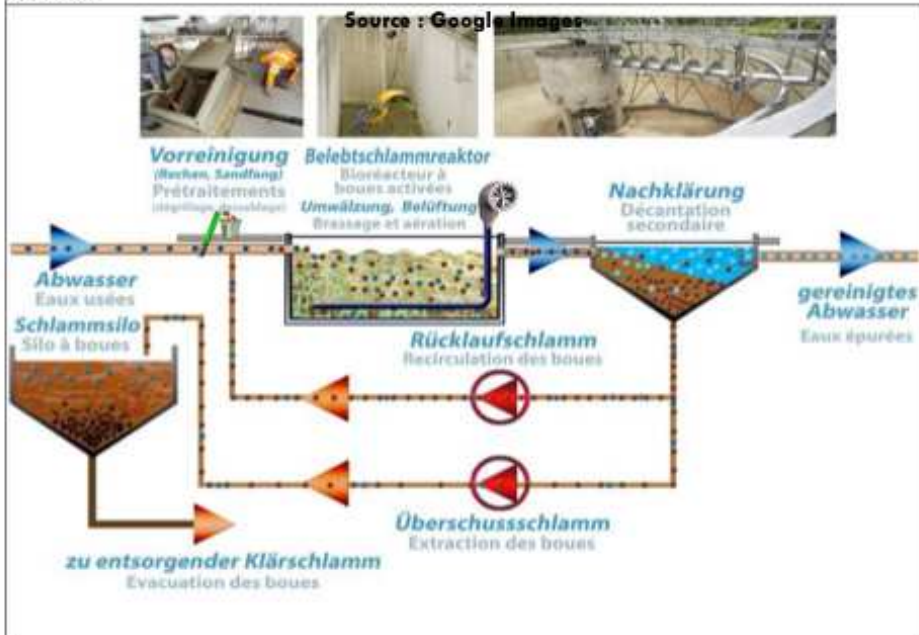
Via cette **technique biologique d'épuration** des eaux usées s'opère l'élimination des molécules de phosphore, d'azote et de carbone présentes dans les eaux résiduaires

**Fonctionnement** : introduction de bactéries diverses dans ces eaux usées avec un apport artificiel d'oxygène. Cette oxygénation permet le bon fonctionnement de ces bactéries et la dégradation des matières.

→ Substances polluantes absorbées par ces bactéries et transformées en boues. Les boues riches en bactéries sont renvoyées vers le bassin d'aération (on parle de **décantation**).

Ensuite, le réacteur anaérobie permet de **stabiliser les boues** dans un souci de lutter contre les mauvaises odeurs (on parle de **digestion anaérobie**).

Les boues générées lors de l'épuration des eaux usées sont utilisées pour en faire du biogaz, servant de modèle fonctionnel **d'économie circulaire** → la STEP réduit sa consommation en électricité en utilisant comme source alternative d'énergie les biogaz des boues et l'énergie de la combustion des boues après l'épuration des eaux usées comme.

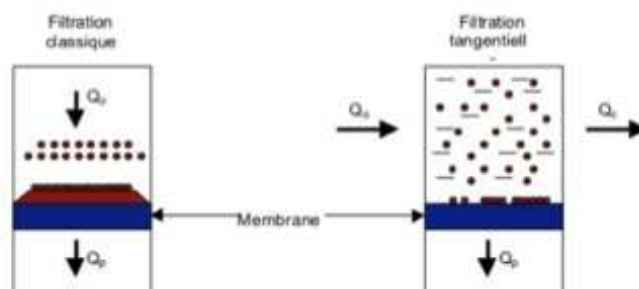


## RÉUTILISATION DES EAUX USÉES TRAITÉES (REUT) EN MÉDITERRANÉE

### MICROFILTRATION + DÉSINFECTION

Procédé par membrane : la microfiltration : processus utilisé afin de séparer les micro-organismes et autres particules en suspension dans des matières liquides. La microfiltration permet d'éliminer de manière efficace les agents pathogènes, polluants et bactéries. On distingue principalement la filtration **en profondeur** (filtration sur **lit granulaire**) et la filtration **avec formation de gâteau** (filtration sur **support**).

Figure 5 : Comparaison entre filtration classique (ou frontale) et filtration tangentielle (d'après MAUREL Alain - 1993)



« La solution à traiter (débit  $Q_0$ ) se divise au niveau de la membrane en deux parties de concentrations différentes :

- ⇒ une partie qui passe à travers la membrane ou perméat (débit  $Q_p$ ) ;
- ⇒ une partie qui ne passe pas à travers la membrane, appelée concentrat ou rétentat (débit  $Q_c$ ), et qui contient les molécules ou particules retenues par la membrane.

La fraction de débit du liquide qui traverse la membrane est appelée taux de conversion de l'opération de séparation :

$$Y = \frac{Q_p}{Q_0}$$

Dans le cas du traitement des eaux, c'est le perméat qui est le flux valorisé »<sup>2</sup>.

Les procédés par membrane font partie de solutions prometteuses conduisant à une qualité d'eau en symbiose avec les normes exigeantes liées à la REUT.

<sup>2</sup> Jean- Marc Berland et Catherine Juery, « Les procédés membranaires pour le traitement de l'eau », Office International de l'Eau SNIDE, décembre 2002.



## RÉUTILISATION DES EAUX USÉES TRAITÉES (REUT) EN MÉDITERRANÉE

### EXPÉRIENCE REUT N°3 : la station d'épuration de Milan San Rocco au service de l'agriculture milanaise

#### BACKGROUND SECTORIEL : Milan (en région de Lombardie)

Réglementation eau dans le pays :

Précisée (stricte) / non précisée (non-stricte)

Stress hydrique : faible – moyen – élevé

Nombre d'habitants :

Région LOMBARDIE : 10, 6 millions (2019)

dont MILAN : 1, 352 millions (2017).

Objectif principal de l'expérience : sécuriser l'économie agricole tout en préservant la ressource en eau.

#### DONNÉES CLÉS

##### Technologies choisies :

- Boues activées
- Filtration
- Désinfection par rayons ultraviolets.

##### Coûts de l'expérience :

- 89 millions d'euros.

##### Résultats obtenus :

- Augmentation des ressources disponibles en eau.
- Mise en place d'une bonne gouvernance entre les partenaires.
- Gains énergétiques par la combustion des boues générées par l'épuration des eaux usées.

##### Ressources mobilisées :

- Bailleurs de fond : 66% du coût total payé par la métropole milanaise et 34% restants à la charge du Degrémont partenaire.
- Partenaires : entreprise SUEZ et la métropole milanaise.



Source : Google Images



## RÉUTILISATION DES EAUX USÉES TRAITÉES (REUT) EN MÉDITERRANÉE

### CONTEXTES

#### Environnemental – ressources en eau

- En plus de son taux de pollution figurant parmi les plus élevés d'Europe, Milan a déjà connu des situations d'urgence où elle ne pouvait plus compter sur les ressources en eau souterraines pour subvenir à la totalité des besoins hydrauliques de la ville. Dans le passé, cette réalité a conduit à une situation de crise quant aux qualités et quantités de l'eau disponible.
- À Milan, les nappes phréatiques superficielles peinent à se régénérer suffisamment et malgré le passage du fleuve Pô et de ses affluents, les périodes de fortes sécheresses ne sont pas inconnues à la région de Lombardie, où se situe Milan. À côté de cette réalité environnementale, il se trouve que près de 70% de ses ressources en eau sont consommées par l'agriculture dont la surface à sécuriser occupe environ 22 000 hectares.
- À l'exception d'actions prises en réponse à des situations d'urgence, il n'a pas été dans l'habitude de l'Italie de recenser régulièrement la disponibilité réelle des ressources en eau dans sa programmation territoriale.

#### Socio-économique :

- Milan est une des régions les plus fertiles d'Italie avec une place primordiale pour l'agriculture dans l'économie. Néanmoins, avant 2004, les activités agricoles aux environs de Milan étaient freinées suite à la pollution organique de l'eau de rivière et la mauvaise qualité du traitement des eaux usées.
- Dans un but de revaloriser l'activité agricole et d'en assurer la prospérité tout en préservant l'environnement fragile de Milan, la métropole milanaise et SUEZ ont commencé la construction de la STEP de Milan San Rocco en 2002.

1 Définition reprise sur le site du groupe : « partout dans le monde, SUEZ apporte à ses clients, collectivités comme industriels, des solutions concrètes pour faire face aux nouveaux enjeux de la gestion durable et intelligente des ressources ».



## RÉUTILISATION DES EAUX USÉES TRAITÉES (REUT) EN MÉDITERRANÉE

### OBJECTIFS POURSUIVIS POUR LA CONSTRUCTION DE LA STEP DE SAN ROCCO

<p><b>Objectif général de l'expérience</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- La protection du milieu naturel et préservation de la ressource en eau.</li> </ul>
<p><b>Objectif(s) spécifique(s) de l'expérience :</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Valoriser l'agriculture en lui offrant un nouvel essor.</li> <li>- Soulager les eaux conventionnelles en réutilisant les EUT pour irriguer les activités agricoles avec une eau de qualité.</li> <li>- Permettre une réutilisation quasi complète pour l'agriculture régionale.</li> <li>- Limiter l'impact environnemental de l'usine de production d'eau.</li> </ul>

### RÉSULTATS

**Résultats obtenus à la suite de l'expérience et activités mises en œuvre pour y arriver**

- **UNE GARANTIE DE MISE EN ROUTE DE L'EXPÉRIENCE ET DE SON MAINTIEN**

**Résultat :** STEP opérationnelle depuis 2004, l'année de la fin de sa construction.

**Activité mise en œuvre pour y arriver :** le groupe d'experts en solutions environnementales, SUEZ, a assuré l'exploitation de la STEP entre 2004 et 2013 → Initiative prise afin d'aider la STEP à démarrer et à assurer le maintien de son activité les premières années.

- **UNE STATION D'ÉPURATION FONCTIONNELLE**

**Résultat :** environ 11 millions de mètres cubes sont pompés de la STEP San Rocco annuellement à des fins agricoles sur la zone de culture. D'après SUEZ « Milan pérennise son agriculture grâce à la ressource en eau alternative la plus importante d'Europe ».<sup>2</sup>



## RÉUTILISATION DES EAUX USÉES TRAITÉES (REUT) EN MÉDITERRANÉE

**Activité mise en œuvre pour y arriver :** la station d'épuration a été conçue de manière à pouvoir traiter environ 103 millions de mètres cubes par an (consulter la section « technologies choisies » plus bas).

### • UN CHOIX DE GOUVERNANCE TRADUISANT LE SUCCÈS DE L'EXPÉRIENCE

**Résultat :** la mise en place d'une bonne gouvernance entre les différents acteurs avec l'objectif de réutiliser a permis le maintien du projet de réutilisation.

**Activités mises en œuvre pour y parvenir :** la concertation régulière entre les autorités locales (métropole de Milan), les utilisateurs et le gestionnaire de la STEP est une réussite. À titre d'exemple, un certain volume d'eaux négocié avec le gestionnaire de la STEP est attribué à chaque agriculteur.

### • EXPÉRIENCE BIEN INTÉGRÉE À SON ENVIRONNEMENT

**Résultats :** l'usine de traitement des eaux usées de Milan San Rocco est jugée conforme au milieu naturel l'entourant avec un dispositif hydraulique pourtant complexe.

**Activités mises en œuvre pour y arriver :**

- Air utilisé lors du traitement des eaux usées purifié avant d'être restitué à l'environnement (capacité de filtrage par heure : 96 000 m<sup>3</sup> d'air traité dans deux tours par acide sulfurique, eau de javel et hypochlorite de sodium).
- Aucune incidence olfactive, sonore ou visuelle sur la nature.
- Boues activées utilisées comme combustible.

### • UN MODÈLE À SUCCÈS D'ÉCONOMIE CIRCULAIRE

**Résultat :** gains énergétiques émanant du processus de traitement des eaux usées → Utilisation des boues d'épuration comme combustible pour les besoins des cimenteries.

**Activité mise en œuvre pour y arriver :** valorisation des boues générées lors du processus de traitement des eaux usées via un procédé de séchage prévu à la STEP leur permettant d'être réutilisées comme combustible additionnel éco-compatible → Les cendres sont fixées dans le ciment pour éviter le rejet dans l'air de sous-produits émanant de l'épuration biologique.

### • EFFICACITÉ DE L'ÉPURATION ET INOCUITÉ DES EAUX USÉES TRAITÉES À SAN ROCCO

**Résultat :** les eaux usées traitées à l'usine de Milan San Rocco sont d'une qualité en vigueur avec les normes requises. Elles peuvent dès lors être utilisées pour l'irrigation des cultures et offrir des produits entrant dans la chaîne alimentaire.



## RÉUTILISATION DES EAUX USÉES TRAITÉES (REUT) EN MÉDITERRANÉE

→ Le partenariat avec Suez a permis à Milan de renouer avec sa tradition maraîchère et d'offrir un nouvel essor à l'agriculture.

**Activité mise en œuvre pour y arriver :** les technologies choisies par SUEZ (voir section « technologies choisies » plus bas) permettent d'aboutir à une eau garantissant le bien-être d'aliments particulièrement sensibles à l'eau employée pour les irriguer (tomates, pommes de terre, etc.).

→ L'usine de Milan San Rocco a fait le choix de faire passer ses eaux traitées par un traitement complémentaire garantissant une eau de meilleure qualité : la désinfection par ultraviolets.

### • ACTIVITÉ AGRICOLE CONTINUE EN TOUTES CIRCONSTANCES

**Résultat :** à l'été 2006, 80% des cultures de maïs et de riz ont pu être sauvés d'après les témoignages d'agriculteurs locaux.

**Activité mise en œuvre pour y arriver :** en périodes de sécheresse connues de la région milanaise, les EUT émanant de la STEP sont uniquement destinées à irriguer les 22 000 hectares de la zone de culture.

### • LA GRATUITÉ DE L'EAU POUR LES AGRICULTEURS

**Résultat :** les agriculteurs ne sont pas facturés pour leur consommation en EUT.

**Activités mises en œuvre pour y arriver :** les coûts de l'épuration sont supportés par les citoyens via leur redevance d'assainissement.

### • RESSOURCE EN EAU ALTERNATIVE LA PLUS IMPORTANTE D'EUROPE

**Résultat :** 345 000 m<sup>3</sup> d'eaux usées traitées chaque jour, soit le volume rejeté par plus d'un million d'équivalent habitants.

**Activité mise en œuvre pour y arriver :** consulter la section « technologies choisies » plus bas.



EU  
CE

## RÉUTILISATION DES EAUX USÉES TRAITÉES (REUT) EN MÉDITERRANÉE

### DÉTAILS DES TECHNOLOGIES CHOISIES POUR LE TRAITEMENT DES EAUX USÉES

#### TRAITEMENT À LA STEP DE SAN ROCCO : BOUES ACTIVÉES À ALIMENTATION FRACTIONNÉE

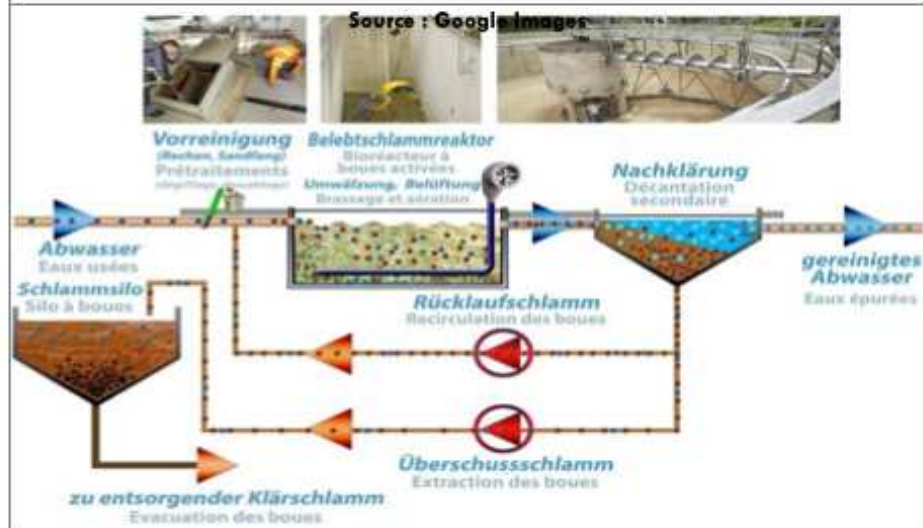
Via la **technique biologique d'épuration « boues activées »** des eaux usées s'opère l'élimination des molécules de phosphore, d'azote et de carbone présentes dans les eaux résiduaires

**Fonctionnement** : introduction de bactéries diverses dans ces eaux usées avec un apport artificiel d'oxygène. Cette oxygénation permet le bon fonctionnement de ces bactéries et la dégradation des matières.

→ Substances polluantes absorbées par ces bactéries et transformées en boues. Les boues riches en bactéries sont renvoyées vers le bassin d'**aération** (on parle de **décantation**).

Ensuite, le réacteur anaérobie permet de **stabiliser les boues** dans un souci de lutter contre les mauvaises odeurs (on parle de **digestion anaérobie**). Ces boues générées lors du processus de traitement des eaux usées sont valorisées via un procédé de séchage prévu à la STEP leur permettant d'être réutilisées comme combustible additionnel éco-compatible → Les cendres sont fixées dans le ciment pour éviter le rejet dans l'air de sous-produits émanant de l'épuration biologique.

Une **optimisation ultérieure** est prévue par la STEP afin d'assurer une qualité d'eau traitée largement en deçà des limites de la réglementation européenne → Il s'agit d'un traitement biologique du type alimentation fractionnée (STEP FEED).





## RÉUTILISATION DES EAUX USÉES TRAITÉES (REUT) EN MÉDITERRANÉE

### FILTRATION

**Procédé par membrane : la microfiltration** : processus utilisé afin de séparer les micro-organismes et autres particules en suspension des matières liquides. La microfiltration permet d'éliminer de manière efficace les agents pathogènes, polluants et bactéries. On distingue principalement la filtration **en profondeur** (filtration sur lit granulaire) et la filtration **avec formation de gâteau** (filtration sur support).

Les procédés par membrane font partie de solutions prometteuses conduisant à une qualité d'eau en symbiose avec les normes exigeantes liées à la REUT.

À la STEP de Milan SAN ROCCO : la filtration de l'eau usée traitée se fait via **10 Aquazur V**.

→ Définition du groupe SUEZ reprise sur leur site : « le lavage des filtres Aquazur est du type « **air et eau** » **simultanés** : il s'effectue par retour d'air à fort débit et d'eau à débit réduit, suivi d'un rinçage à débit moyen ne provoquant pas de mise en expansion du lit filtrant, puisque cette phase n'a qu'un rôle de transport des matières sorties du lit vers les goulottes d'eau de lavage ».

**Pour aller plus loin :**

- <https://www.suezwaterhandbook.fr/procedes-et-technologies/les-filtres/filtres-ouverts/filtres-a-sable-aquazur>
- Jean- Marc Berland et Catherine Juery, « Les procédés membranaires pour le traitement de l'eau », *Office International de l'Eau SNIDE*, décembre 2002.



1 [www.suezwaterhandbook.fr](http://www.suezwaterhandbook.fr) Accueil → eau et généralités → processus élémentaire du génie physico-chimique en traitement de l'eau → filtration.

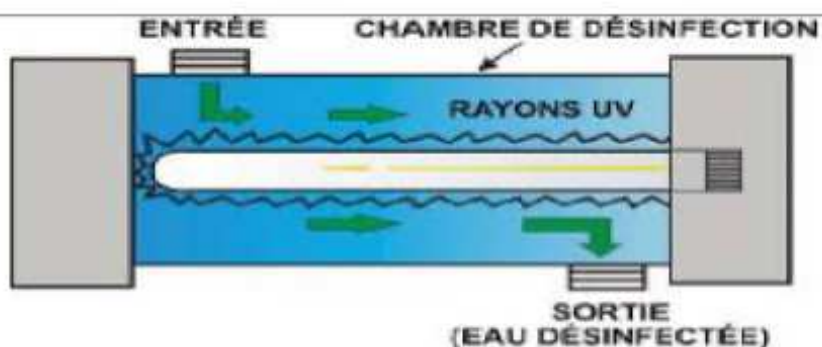


## RÉUTILISATION DES EAUX USÉES TRAITÉES (REUT) EN MÉDITERRANÉE

### TRAITEMENT FINAL : DÉSINFECTION PAR RAYONS ULTRAVIOLETS

Lors de ce stade final du traitement, les micro-organismes sont attaqués sans possibilité de dupliquer leur ADN → Eau dans des réacteurs fermés avec lampes à rayon UV de très forte intensité irradient le fluide → Eau très claire à la sortie répondant aux normes de qualité requises par la loi.

À Milan, cette technologie permet une réutilisation pour l'irrigation en agriculture pour un débit par temps sec de 14 400 m<sup>3</sup> /h. Les ressources en eau se trouvent ainsi préservées.



Source : Google Images

Pour aller plus loin : [www.suez.com](http://www.suez.com)



## RÉUTILISATION DES EAUX USÉES TRAITÉES (REUT) EN MÉDITERRANÉE

### EXPÉRIENCE REUT N°4 : la station d'épuration de Korba pour la recharge artificielle de la nappe phréatique de Korba-Mida, en Tunisie

#### CONTEXTE SECTORIEL : Korba

Réglementation eau dans le pays :  
**Précisée (stricte) / non précisée (non-stricte)**  
 Stress hydrique : faible – moyen – **élevé**  
 → **Surexploitation de la nappe phréatique**  
 Nombre d'habitants :  
 KORBA : 48 314 (recensement 2014)  
 Objectif principal de l'expérience :  
 Préservation de la ressource en eau (recharge de la nappe phréatique).



#### DONNÉES CLÉS

##### Technologies choisies :

- Boues activées à faible charge.
- Lagune de finition.

##### Coûts de l'expérience :

- 89 millions d'euros.

##### Résultats obtenus :

- Augmentation des ressources disponibles en eau.
- Mise en place d'une bonne gouvernance entre les partenaires.
- Remontée du niveau piézométrique de la nappe enregistré.

##### Ressources mobilisées :

- Bailleurs de fond : État tunisien, FFEM (0,6 M. d'euros)
- Partenaires : Ministère de l'Agriculture, instituts agronomiques, l'Agence Nationale de Protection de l'Environnement (APAL).



## RÉUTILISATION DES EAUX USÉES TRAITÉES (REUT) EN MÉDITERRANÉE

### CONTEXTE

#### Environnemental – ressources en eau

- En Tunisie, 80% des ressources conventionnelles en eau sont utilisées à des fins agricoles. La région est en stress hydrique et les ressources en eau issues des aquifères (représentant une part non négligeable des potentialités en eau) sont donc surexploitées.
- Située à proximité de la côte orientale du Cap Bon de Tunisie, la nappe de Korba-Mida subit une forte surexploitation due à l'accroissement du nombre de puits au fil des années. En effet, ce nombre est passé de 270 en 1962 à 9239 en 2004. La qualité de l'eau de la nappe se retrouve alors dégradée par l'infiltration des eaux d'irrigation, les pollutions et l'intrusion marine causée par la rupture de l'interface eau douce-eau salée gènère. Les ressources renouvelables de la nappe de la côte orientale sont estimées à 50 millions de m<sup>3</sup>/an et sont exploitées à raison de 55 millions de m<sup>3</sup>, faisant de la nappe de Korba l'une des plus surexploitées en Tunisie.
- Les aquifères côtiers, dont celui de la péninsule du Cap Bon connaissent un climat semi-aride et un taux de pluviométrie moyen (entre 400 et 500 mm par an) avec des irrégularités moyennes. Dans un tel contexte, ces aquifères subissent un stress hydrique suite aux périodes prolongées de sécheresse, la surexploitation des eaux souterraines et l'invasion des nappes côtières par les eaux de la mer. Cette nappe étant cruciale pour l'agriculture, une initiative a été pensée pour améliorer quantitativement et qualitativement les eaux de la nappe, en accord avec la politique tunisienne de valorisation agricole des EUT et de la promotion de la recharge de nappe.



## RÉUTILISATION DES EAUX USÉES TRAITÉES (REUT) EN MÉDITERRANÉE

### OBJECTIFS POURSUIVIS POUR LA RECHARGE ARTIFICIELLE DE LA NAPPE

<p><b>Objectif général de l'expérience</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Préservation de la ressource en eau et lutte contre l'intrusion du biseau salé.</li> </ul>
<p><b>Objectif(s) spécifique(s) de l'expérience :</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Lutter contre l'intrusion du biseau salé dans les nappes phréatiques à cause du forage excessif de celles-ci.</li> <li>- Soulager la nappe phréatique en réutilisant les EUT pour l'alimenter.</li> <li>- Protection de l'environnement (rivage et étang côtier notamment en période estivale).</li> <li>- Permettre aux agriculteurs de récupérer l'eau infiltrée.</li> </ul>

### RÉSULTATS

#### Résultats obtenus à la suite de l'expérience et activités mises en œuvre pour y arriver

#### • LA STEP DE KORBA COMME SOURCE D'EAU POUR LA RECHARGE DE LA NAPPE

**Résultat :** la nappe de Korba est rechargée par les eaux usées traitées de la STEP de Korba, après un traitement tertiaire. Le volume moyen injecté est de 1 500 mètres cubes par jour.

**Activité mise en œuvre pour y arriver :** l'Office National de l'Assainissement (ONAS) récupère les eaux usées traitées en sortie de station d'épuration et les achemine sur site où elles sont fournies au Commissariat Régional au Développement Agricole (CRDA). Le CRDA facture la Direction Régionale des Ressources en Eau (DGRE) 20 millimes (le millième vaut 0,1 centime d'euro) par mètre cube rechargé. Ce site de recharge par la REUT consiste en un dispositif comportant trois bassins d'infiltration de 1 500 mètres carré chacun, dont deux fonctionnent simultanément et un au repos (pour aller plus loin : voir section « technologies choisies » plus bas).



## RÉUTILISATION DES EAUX USÉES TRAITÉES (REUT) EN MÉDITERRANÉE

### • UN CHOIX DE GOUVERNANCE TRADUISANT LE SUCCÈS DE L'EXPÉRIENCE

**Résultat :** projet opérationnel depuis 2008 et valorisant l'activité agricole (les agriculteurs n'ayant pas de ressource alternative à leur disposition tirent avantage de la recharge artificielle de la nappe pour irriguer leurs cultures).

**Activités mises en œuvre pour y arriver :** les responsabilités institutionnelles sont correctement définies. Les agriculteurs sont organisés en groupements d'utilisateurs sans faire directement partie du processus décisionnel touchant au projet. L'accès aux eaux de la nappe leur est gratuit puisque le projet est entièrement financé par l'État tunisien, ce qui est en accord avec la politique tunisienne de valorisation agricole des EUT et de la promotion de la recharge de nappe.

### • RÉSULTAT ENCOURAGEANT CONCERNANT LA LUTTE CONTRE LE BISEAU SALÉ ET LE NIVEAU PIEZOMÉTRIQUE

**Résultat :** la lutte efficace contre l'intrusion du biseau salé : une diminution de la salinité (une salinité moyenne des eaux infiltrées de 3,5 g/l a été observée au cours des quatre premières années de recharge (volume injecté de 1,3 M.m<sup>3</sup>).

Une remontée du niveau piézométrique également enregistrée : les agriculteurs ont observé une remontée des niveaux dans leurs puits. Des remontées piézométriques de l'ordre de 2,4 m et des diminutions considérables des salinités de 6,5 g/l au niveau du site de recharge peuvent se manifester d'ici 2050.

**Activité mise en œuvre pour y arriver :** lorsqu'une nappe peu profonde se situe en bord de mer, sa surexploitation peut induire à l'intrusion marine puisque une réquisition trop importante des eaux souterraines contribue à faire baisser le niveau piézométrique, facilitant l'accès de l'eau marine à l'intérieur de la nappe à proximité de l'eau. Avec cette expérience, il convient de trouver un équilibre dans la recharge de la nappe entre les entrées (ici on insiste sur l'entrée artificielle via l'expérience) et les sorties (exploitations) en veillant à limiter les effets de la salinisation de la nappe par l'arrêt de l'intrusion du biseau salé. Pour ce faire, environ 4000 mètres cube d'EUT provenant de la STEP sont injectés quotidiennement dans la lagune du site de la recharge artificielle pour ensuite être rejetées dans le milieu naturel. La qualité de l'eau des EUT permet de diminuer la salinité et augmenter les eaux de la nappe, par la qualité de l'eau non saline.

### • INOCUITÉ DES EAUX USÉES TRAITÉES POUR L'IRRIGATION

**Résultat :** la qualité de l'eau de cette nappe, selon les normes récemment élaborées par les autorités tunisiennes, permet son utilisation uniquement pour l'irrigation.

**Activité mise en œuvre pour y arriver :** via la technique biologique d'épuration « boues activées » des eaux usées à la STEP de Korba s'opère l'élimination des molécules de phosphore,



## RÉUTILISATION DES EAUX USÉES TRAITÉES (REUT) EN MÉDITERRANÉE

d'azote et de carbone présentes dans les eaux résiduaires (pour aller plus loin : consulter la section « technologies choisies » plus bas). Même sans le traitement tertiaire des lagunes, la qualité de l'eau est conforme à un usage agricole sans restriction. De plus, depuis 2008, trois campagnes de prélèvements ont permis de suivre annuellement l'évolution de la qualité de l'eau de nappe.



## RÉUTILISATION DES EAUX USÉES TRAITÉES (REUT) EN MÉDITERRANÉE

### DÉTAILS DES TECHNOLOGIES CHOISIES POUR LE TRAITEMENT DES EAUX USÉES

#### TRAITEMENT À LA STEP DE KORBA : BOUES ACTIVÉES

Via la **technique biologique d'épuration « boues activées »** des eaux usées s'opère l'élimination des molécules de phosphore, d'azote et de carbone présentes dans les eaux résiduares.

**Fonctionnement :** introduction de bactéries diverses dans ces eaux usées avec un apport artificiel d'oxygène. Cette oxygénation permet le bon fonctionnement de ces bactéries et la dégradation des matières.

→ Substances polluantes absorbées par ces bactéries et transformées en boues. Les boues riches en bactéries sont renvoyées vers le bassin d'aération (on parle de **décantation**).

Ensuite, le réacteur anaérobie permet de **stabiliser les boues** dans un souci de lutter contre les mauvaises odeurs (on parle de **digestion aérobie**).





## RÉUTILISATION DES EAUX USÉES TRAITÉES (REUT) EN MÉDITERRANÉE

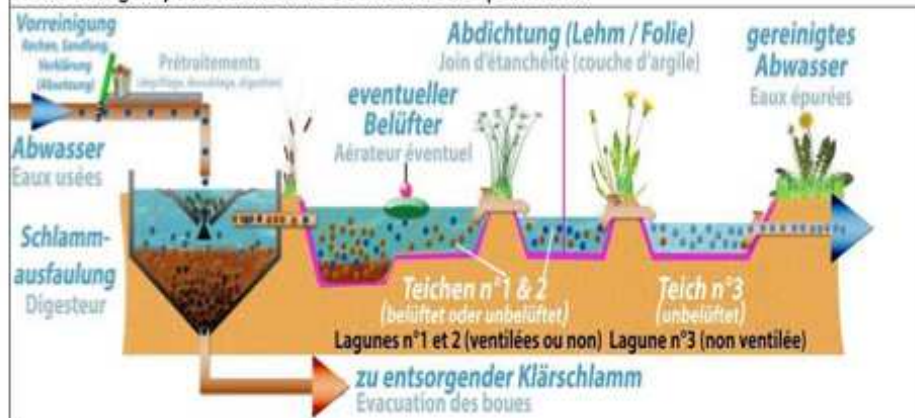
### TRAITEMENT SUPPLÉMENTAIRE : LAGUNE DE FINITION

« Dans une station d'épuration par lagunage, les micro-organismes nécessaires à l'élimination de la pollution sont mis en suspension dans l'eau, en plus faible concentration. Les eaux usées s'écoulent alors dans des bassins successifs (les « lagunes ») où elles séjournent en condition aérée pendant au moins dix jours.

L'oxygène nécessaire à cette **dépollution aérobie** est fourni d'un côté par le contact du plan d'eau avec l'air atmosphérique, et d'autre part par la photosynthèse des algues. La dernière lagune dite « **lagune de finition** » est généralement plantée de végétation »<sup>1</sup>.

Les eaux usées sont de préférence **pré-épurées mécaniquement** (fosse septique ou fosse de décantation) avant leur entrée dans les étangs. À Korba, Les 5000 m<sup>3</sup> d'EU générés chaque jour par les 100 000 habitants de la ville sont envoyées à la STEP où ils subissent un traitement secondaire. La percolation au travers des couches géologiques supplée à un traitement tertiaire. Les eaux usées traitées de la STEP sont acheminées vers le site de recharge où se trouve la lagune et sont ensuite rejetées dans le milieu naturel.

Le dispositif proposé sur le site de la recharge comporte trois bassins d'infiltration de 1500 m<sup>2</sup> chacun, dont deux fonctionnent simultanément et un au repos. Lors de ce stade final du traitement, environ 4000 mètres cube d'EUT par la STEP de Korba sont injectés tous les jours dans la lagune, avec environ 1500 mètres cube par bassin.



<sup>1</sup> Combinaison de description reprise sur <https://www.ipalle.be/epuration-par-lagunage/> et <https://www.siden.lu/Lagunages-550502> (sites consultés en mai 2020).



## RÉUTILISATION DES EAUX USÉES TRAITÉES (REUT) EN MÉDITERRANÉE

### Pour aller plus loin :

- Cary L., et al, « Effet d'une recharge artificielle par des eaux usées traitées sur la qualité des eaux de la nappe côtière de Korba, Cap-Bon, Tunisie », *archives-ouvertes.fr*, janvier 2013.
- Cherif S., et al, « Aquifer Recharge by Treated Wastewaters: Korba case study (Tunisia) », *Sustainable Sanitation Practice*, 2013.



## RÉUTILISATION DES EAUX USÉES TRAITÉES (REUT) EN MÉDITERRANÉE

### EXPÉRIENCE REUT N°5 : projet pilote à AIT IDIR, au MAROC

#### CONTEXTE SECTORIEL : VILLAGE AIT IDIR

Réglementation eau dans le pays :

**Précisée (stricte)** / non précisée (non-stricte)

Stress hydrique : faible – moyen – **élevé**

Nombre d'habitants : 1 000

Objectif principal de l'expérience : améliorer les conditions sanitaires et lutter contre la pollution environnementale.



Source : GIZ

#### DONNÉES CLÉS

##### Technologies choisies :

- Digesteur de biogaz pour le co-traitement des eaux usées.
- Réacteur anaérobie compartimenté.
- Toilettes de déshydratation à séparation d'urine.

##### Coûts de l'expérience :

- Toilettes sèches à séparation d'urine : environ 800 euros.

##### Résultats :

- Sensibilisation de la population à la REUT.
- Fertilisation des sols grâce à la méthanisation des matières résiduelles organiques.
- Arrosage des jardins grâce à la REUT.
- Autres résultats ci-dessous.

##### Ressources mobilisées :

- Manager : GIZ
- Partenaires : ABH SMS, AGIRE, autorités locales.



## RÉUTILISATION DES EAUX USÉES TRAITÉES (REUT) EN MÉDITERRANÉE

### CONTEXTES

#### Environnemental – ressources en eau

- À Ait Idir, le climat est froid-aride → absence de ressources alternatives en cas de sécheresse et d'épuisement des ressources disponibles en eau. Ces dernières se retrouvent compromises par le climat local aride (manque de précipitations).
- Ait Idir dispose d'un nombre d'aquifères non-contrôlés. Ces eaux souterraines servent des fins domestiques, d'arrosage de jardins et ravitaillement du bétail.
- Pas de prises de mesures considérables pour protéger la santé publique avant le projet pilote, autre que celle d'injecter des tablettes de chlore dans les eaux souterraines avant que celles-ci ne soient consommées par les habitants. La région est dès lors touchée par un nombre élevé de maladies transmises via l'eau.
- Deux châteaux d'eau fournissant l'eau provenant de ces eaux souterraines aux habitants, par le biais d'un système de distribution d'eau. La source principale d'eaux de surface est le Dadès wadi. L'eau de ce cours d'eau est de qualité moyenne et sert principalement à irriguer la zone de culture.
- Le degré de pollution des sols est élevé dû à un manque de traitement des eaux usées → aucun contrôle obligatoire des eaux potable et irriguée n'est organisé dû au manque de moyens de la commune. De plus, les activités humaines ont un impact négatif sur la qualité des ressources locales en eau (détergents, etc.) et sur les sols (exemple du fumier infiltrant les sols sans être traité, entraînant ainsi une dégradation de la qualité des sols).

#### Socio-économique :

- À Ait Idir, l'agriculture représente l'activité économique et la source de revenus principales du village. Cependant, avec un climat local aride et des ressources locales disponibles en eau limitées et/ou polluées, il est difficile d'assurer une irrigation sur le long terme pour cette agriculture occupant 30 hectares (environ 28% de la terre).
- Le tourisme est très peu développé dans cette commune ; le seul développement économique aujourd'hui dans la région est l'agriculture. C'est dans ce cadre qu'est né le projet pilote d'Ait Idir, aspirant à réduire la pollution environnementale en optant entre autres pour la réutilisation des eaux usées comme solution durable.



## RÉUTILISATION DES EAUX USÉES TRAITÉES (REUT) EN MÉDITERRANÉE

### OBJECTIFS POURSUIVIS

<p><b>Objectif général de l'expérience</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Améliorer les conditions sanitaires et réduire la pollution environnementale à Ait Idir.</li> </ul>
<p><b>Objectifs spécifiques de l'expérience</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Augmentation des ressources disponibles en eau via la REUT.</li> <li>- Générer de l'énergie via le biogaz.</li> <li>- Tirer avantage des excréments humains pour la fertilisation des sols.</li> </ul>

### RÉSULTATS

**Résultats ATTENDUS à la suite de l'expérience et activités mises en œuvre pour y arriver**

- **ACCEPTABILITÉ DE LA REUT À AIT IDIR**

**Résultat :** meilleure compréhension et acceptabilité de la réutilisation des eaux usées, surtout au niveau de la population au départ réticente quant à la consommation de produits irrigués par une eau usée réutilisée.

**Activités mises en œuvre pour y arriver :** campagnes de sensibilisation, formations régulières et visites sur le terrain organisées par la GIZ et ouvertes au public en lien avec la REUT et le choix de l'assainissement écologique.

- **SANTÉ PUBLIQUE ET ENVIRONNEMENT**

**Résultat :** diminution des risques liés à la santé et à l'environnement, offrant une eau de meilleure qualité. Le traitement de l'eau encouragé par le projet a pour effet de soulager l'environnement, surtout au niveau des eaux souterraines, souvent polluées par les rejets domestiques non traités.



## RÉUTILISATION DES EAUX USÉES TRAITÉES (REUT) EN MÉDITERRANÉE

**Activités mises en œuvre pour y arriver :** l'approche de l'assainissement écologique (**ecological sanitation= ECOSAN**) propose de nombreuses solutions aspirant à réduire les problèmes liés à une mauvaise gestion des eaux usées à Ait Idir. L'assainissement écologique encouragé par le projet à Ait Idir a également pour but la réutilisation de nutriments pouvant faire office de fertilisants pour le sol, limitant ainsi la consommation de fertilisants synthétiques et contribuant au bien-être de l'environnement.

### • TRANSPARENCE, ÉCHANGE D'INFORMATION ET PRISE DE MESURES

**Résultat :** transparence et échange d'informations réguliers entre les institutions marocaines concernant l'assainissement écologique et de mesures potentielles à prendre, comme celle de la réutilisation des eaux usées. D'autres bénéficiaires du projet à Ait Idir, tels que les écoles et associations, sont décidés à maintenir le bon fonctionnement des installations sanitaires. Exemple : collectes d'argent pour le maintien du projet sont organisées à l'école.

**Activité mise en œuvre pour y arriver :** création d'un comité de pilotage permettant la mise en place d'un cadre de concertation favorisant la proposition de nouvelles mesures et des campagnes de sensibilisation soutenues par la GIZ.

### • AMÉLIORATION DES CONDITIONS D'HYGIÈNE

**Résultat :** l'installation des systèmes d'assainissement sur les sites sélectionnés à Ait Idir a permis d'améliorer les conditions d'hygiène, surtout dans les écoles et les établissements publics. Cela a intrinsèquement un effet positif sur l'environnement, étant donné que l'on **recycle** les déchets, notamment via l'installation de toilettes sèches, limitant ainsi les rejets d'eaux usées non traitées.

**Activité mise en œuvre pour y arriver :** investissement dans des infrastructures de séparation des excréta humains et de traitement des eaux usées (domestiques et eaux grises) dans des réacteurs biogaz.

### • AMÉLIORATION DE LA QUALITÉ DE VIE

**Résultat :** amélioration de la qualité de vie grâce à la création d'espaces verts, notamment à l'école.

**Activités mises en œuvre pour y arriver :** eaux usées réutilisées pour l'arrosage des jardins grâce au traitement de l'eau effectué dans le réacteur anaérobie.



## RÉUTILISATION DES EAUX USÉES TRAITÉES (REUT) EN MÉDITERRANÉE

- **BÉNÉFIQUES ÉNERGÉTIQUES ET ÉCONOMIQUES**

**Activité mise en œuvre pour y arriver :** utilisation du biogaz et du digestat issus de la méthanisation des matières résiduelles organiques dans le digesteur de méthane (technologie de traitement des eaux usées décrite ci-dessous) respectivement comme source de chaleur et fertilisant pour les sols.

- **AUGMENTATION DE LA DEMANDE LOCALE POUR LA GESTION INTÉGRÉE DE LA RESSOURCE EN EAU**

**Résultat :** augmentation de la demande d'installations individuelles de toilettes déshydratantes à séparation d'urine, avec des subsides d'État grâce au Programme National d'Assainissement Rural (PNAR). Gains d'expertise liés à l'assainissement durable et signature de contrat temporaires au sein de sociétés d'ingénierie et de construction grâce à l'augmentation de la demande locale pour l'assainissement écologique.

**Activité mise en œuvre pour y arriver :** investissement considérable de la part de la GIZ dans des formations et des campagnes de sensibilisation montrant les effets économiques et environnementaux de la REUT. La GIZ a continué à recevoir des nouvelles demandes de formations de la part notamment de centres de formation marocains.



## RÉUTILISATION DES EAUX USÉES TRAITÉES (REUT) EN MÉDITERRANÉE

### DÉTAILS DES TECHNOLOGIES CHOISIES POUR LA REUT À AIT IDIR

**Digesteur de méthane (methane digester) :** traiter la décomposition des excréments organiques grâce à une construction souterraines pour limiter la pollution des sols et de l'air, entraînant également la production de biogaz lorsque les conditions nécessaires à la digestion de ces matières par le digesteur sont remplies.

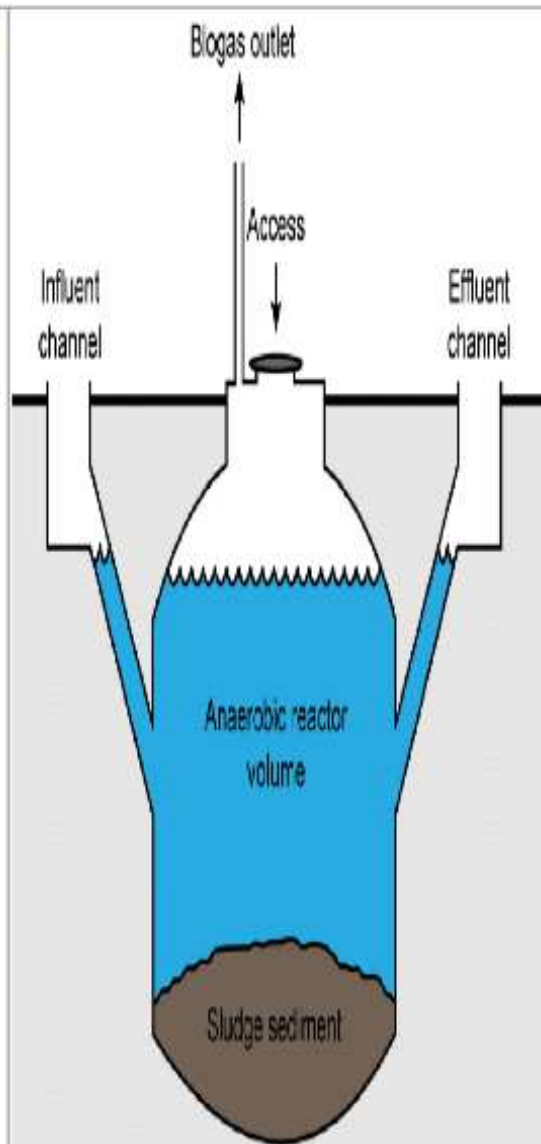
Ces digesteurs contiennent généralement des excréments d'animaux, des fractions organiques issues de familles et des eaux usées domestiques.

**Utilisation AIT IDIR :**

**Hotel Mogador :** un digesteur de méthane de 20 mètres cubes principalement pour le fumier et les eaux usées, avec utilisation du **biogaz** et du **digestat** issus de la méthanisation des matières résiduaire organiques respectivement comme **source de chaleur** et **fertilisant** pour les sols.

**Ménage 1 :** un digesteur de méthane de 50 mètres cubes principalement pour le fumier et les eaux usées, avec utilisation du **biogaz** et du **digestat** issus de la méthanisation des matières résiduaire organiques respectivement comme **source de chaleur** et **fertilisant** pour les sols.

**Ménage 4 :** un digesteur de méthane de 30 mètres cubes principalement pour le fumier et les eaux usées, avec utilisation du **biogaz** et du **digestat** issus de la méthanisation des matières résiduaire organiques respectivement comme **source de chaleur** et **fertilisant** pour les sols.



Source : Google images

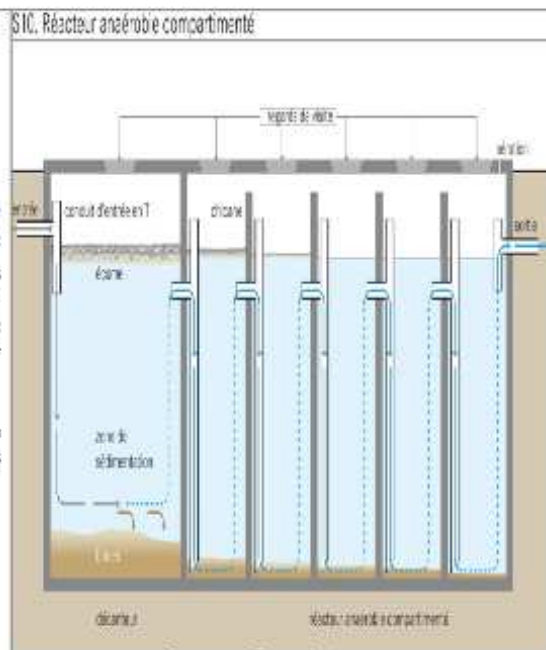




## RÉUTILISATION DES EAUX USÉES TRAITÉES (REUT) EN MÉDITERRANÉE

**Réacteur anaérobie compartimenté (anaerobic baffled reactor) :** placement des eaux usées dans une fosse septique et dont le contact permanent avec la biomasse active (boues) permet le traitement des eaux usées.

**Utilisation AIT IDIR :** réutilisation de l'eau usée traitée pour les jardins.



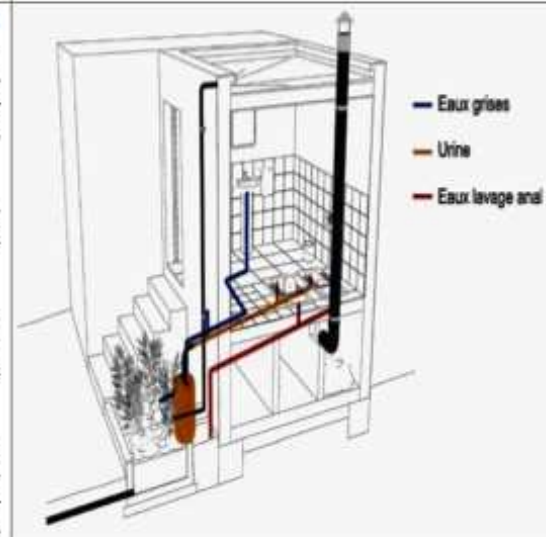
Source : Google images

**Toilettes sèches à séparation d'urine :** (Urine-Diverting Dry Toilet ou UDDT) : système de toilettes séparant l'urine, les selles et les eaux grises (lavage des mains, lessive et bains).

→ Séparation à la source et réutilisation différenciée des effluents :

**Urine :** traitement par stockage prolongé pour une utilisation comme fertilisant d'azote pour les cultures.

**Fèces :** traitement par stockage + déshydratation dans un compost encastré au sol avec aération, pour une utilisation dans l'agriculture comme fertilisant.



Source : Google Images



## RÉUTILISATION DES EAUX USÉES TRAITÉES (REUT) EN MÉDITERRANÉE

<p><b>Eaux usées</b> : le traitement de ces eaux usées se fait dans le digesteur de méthane ou dans le réacteur compartimenté, pour une <b>utilisation</b> dans les jardins.</p>	
--	--

### Pour aller plus loin :

- Christine Werner, « Projet Sustain Water Med : Atelier d'Information pour les medias sur le Programme Régional : Gestion Intégrée Durable des ressources en Eau (SWIM) », *GIZ*, 11 juin 2012, Rabat, Maroc ;
- Ismail Al Baz, Dr., "Integrated wastewater management in the Mediterranean – Good practices in decentralized and centralized reuse-oriented approaches", *GIZ*, 2016.



## RÉUTILISATION DES EAUX USÉES TRAITÉES (REUT) EN MÉDITERRANÉE

### EXPÉRIENCE REUT N°6 : projet pilote à DAYET IFRAH, au MAROC

#### CONTEXTE SECTORIEL : VILLAGE DAYET IFRAH

Réglementation eau dans le pays :

**Précisée (stricte) / non précisée (non-stricte)**

Stress hydrique : faible – moyen – **élevé**

→ **surexploitation des eaux souterraines**

Nombre d'habitants : environ 1 500

Objectif principal de l'expérience : améliorer les conditions de vie des habitants.



Source : Google Earth

#### DONNÉES CLÉS

##### Technologies choisies :

- Toilettes de déshydratation à séparation d'urine.
- Douches avec filtres pour le traitement des eaux grises.
- Digesteur de biogaz pour le co-traitement des eaux usées.
- Capteur d'eaux pluviales.

##### Résultats obtenus :

- Amélioration des conditions sanitaires de la population.
- Population familiarisée avec la REUT et ses avantages.
- REUT pour l'arrosage des jardins.
- Autres résultats ci-dessous.

##### Ressources mobilisées :

- Partenaires : GIZ sous le programme AGIRE de la GIZ.
- Acteurs locaux/ internes : autorités locales de Dayet Ifrah



## RÉUTILISATION DES EAUX USÉES TRAITÉES (REUT) EN MÉDITERRANÉE

### CONTEXTES

#### Environnemental :

- Le Lac Dayet Ifrah est l'un des grands lacs du Moyen Atlas (250 ha pour une profondeur actuelle d'environ 10m). Néanmoins, depuis 1994, le rivage aurait perdu 15 mètres.
- Le village Dayet Ifrah se situe à proximité du lac portant le même nom et le climat y est semi-aride avec des hivers pluvieux et beaucoup d'orages diminuant la sécheresse.
- Les besoins en eau de la population sont couverts par sept bornes fontaines **principales** desservies par un forage de 102m construit en 1998. Le système d'alimentation en eau potable est géré par une association d'usagers d'eau avec un nombre total de bornes fontaines s'élevant à 22, avec seulement quelques dizaines de mètres séparant les habitants de Dayet Ifrah de ces bornes de distribution d'eau.

#### Socio-économique :

- L'agriculture et l'élevage sont les activités économiques et dès lors sources de revenu principales du village, avec l'agriculture pratiquée comme activité principale par environ 95% de la population. Cependant, à cause de pierres couvrant la terre à Dayet Ifrah, seulement 30% des terres sont actuellement exploitées.
- Le tourisme est faiblement développé à Ait Idir dû au manque d'infrastructures.

### OBJECTIFS POURSUIVIS

<p><b>Objectif(s) général(aux) de l'expérience</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Améliorer les conditions sanitaires de du village et réduire les risques liés à la santé et à l'environnement.</li> </ul>
<p><b>Objectif(s) principal(aux) de l'expérience</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- L'accès à un assainissement autonome et adéquat pour la population.</li> <li>- Générer de l'énergie via le biogaz.</li> <li>- Augmentation des ressources disponibles en eau via la REUT (d'abord en essai dans les jardins).</li> </ul>



## RÉUTILISATION DES EAUX USÉES TRAITÉES (REUT) EN MÉDITERRANÉE

### RÉSULTATS

Résultats obtenus à la suite de l'expérience et activités mises en œuvre pour y arriver

#### • LANCEMENT DU PROJET EN 2009

**Résultat :** le projet a pu être lancé en 2009, avec un suivi de son bon fonctionnement.

**Activités mises en œuvre pour y arriver :**

- population sensibilisée à la REUT et familiarisée avec les technologies mises en place via plusieurs campagnes de sensibilisation ;
- suivi du bon fonctionnement via des projets de fins d'études de master et de doctorat ;
- études de base et de faisabilité conçues à l'avance.

#### • ABOUTISSEMENT D'UN NOMBRE DE CONSTRUCTIONS LIÉES AU PROJET

**Résultats :**

- sept salles de bains avec toilettes de déshydratation à séparation d'urine (TDSU), douches et filtres plantés pour le traitement des eaux grises ;
- deux digesteurs à biogaz pour le traitement des eaux usées et du fumier (1 en dôme en béton et 1 digesteur préfabriqué en bâche souple) ;
- un filtre planté pour la dépollution des eaux usées de l'école centrale du village et de la mosquée adjacente ;
- des jardins pédagogiques d'essai sur les bénéfices de la réutilisation des fertilisants biologiques en agriculture.

#### • BÉNÉFIQUES ÉNERGÉTIQUES ET ÉCONOMIQUES

**Résultat :** l'assainissement écologique permet la production d'énergie gratuite (biogaz et digestats) via les technologies choisies.

**Activité mise en œuvre pour y arriver :** utilisation du biogaz et du digestat issus de la méthanisation des matières résiduelles organiques dans le digesteur de méthane (technologie de traitement des eaux usées décrite ci-dessous) respectivement comme source de chaleur et fertilisant pour les sols.



## RÉUTILISATION DES EAUX USÉES TRAITÉES (REUT) EN MÉDITERRANÉE

- **AMÉLIORATION DE LA QUALITÉ DE VIE**

**Résultat :** amélioration de la qualité de vie grâce à la création d'espaces verts, notamment à l'école.

**Activités mises en œuvre pour y arriver :** eaux usées réutilisées pour l'arrosage des jardins grâce au traitement de l'eau effectué dans le réacteur anaérobie.

- **SANTÉ PUBLIQUE ET ENVIRONNEMENT**

**Résultat :** valorisation de l'agriculture via la production d'engrais naturels remplaçant les fertilisants chimiques et coûteux.

**Activité mise en œuvre pour y arriver :** les technologies choisies pour ce projet (digesteurs à biogaz) permettent la valorisation des matières résiduelles organiques par leur méthanisation et dès lors transformation en fertilisants naturels. En effet, l'assainissement écologique encouragé par le projet à DAYET IFRAH a également pour but la réutilisation de nutriments pouvant faire office de fertilisants pour le sol, limitant ainsi la consommation de fertilisants synthétiques et contribuant au bien-être de l'environnement.



## RÉUTILISATION DES EAUX USÉES TRAITÉES (REUT) EN MÉDITERRANÉE

### DÉTAILS DE LA TECHNOLOGIE CHOISIE POUR LA REUT

#### TOILETTES SÈCHES À SÉPARATION D'URINE – DOUCHES AVEC FILTRES PLANTÉS – DIGESTEUR À BIOGAZ - RÉSERVOIR DE CAPTAGE DES EAUX PLUVIALES

##### Toilettes sèches à séparation d'urine

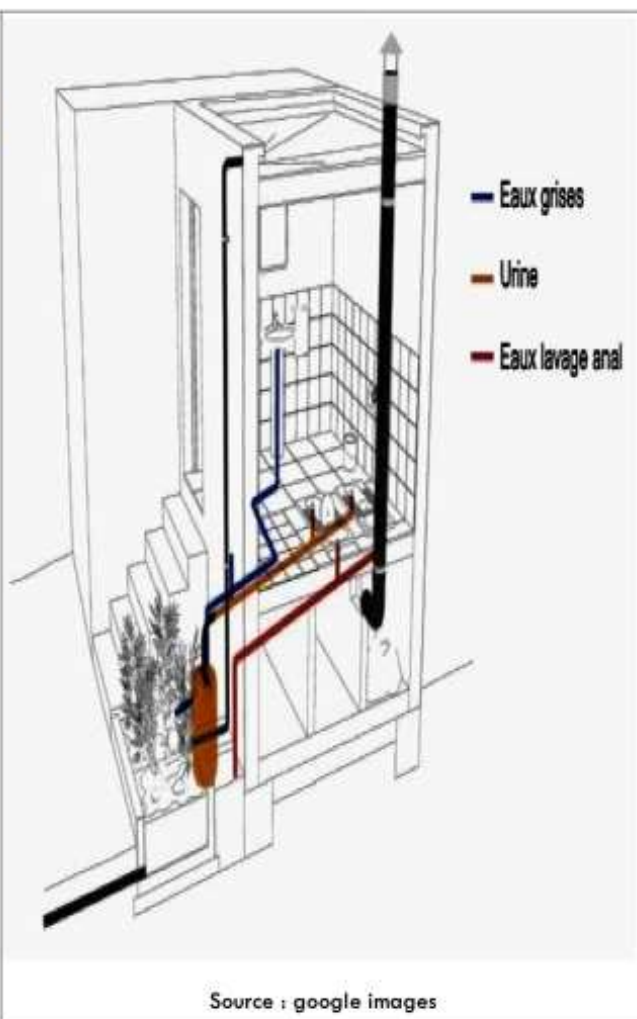
(Urine-Diverting Dry Toilet ou UDDT) : système de toilettes séparant l'urine, les selles et les eaux grises (lavage des mains, lessive et bains).

→ Séparation à la source et réutilisation différenciée des effluents :

**Urine** : traitement par stockage prolongé pour une utilisation comme fertilisant d'azote pour les cultures.

**Fèces** : traitement par stockage + déshydratation dans un compost encastré au sol avec aération, pour une utilisation dans l'agriculture comme fertilisant.

**Eaux usées** : le traitement de ces eaux usées se fait dans le digesteur de méthane ou dans le réacteur compartimenté, pour une utilisation dans les jardins.



## RÉUTILISATION DES EAUX USÉES TRAITÉES (REUT) EN MÉDITERRANÉE

### Douches avec filtres plantés : permettre le traitement des eaux grises.



1 - Travaux d'excavation



2 - Construction des chambres et coffrage



3 - Coulage de la dalle intermédiaire



4 - Construction de la superstructure



7 - Construction du filtre planté



6 - Etat final de la salle de bains et du filtre planté



7 - Intérieur finalisé de la salle de bains

Source : agire, GIZ





## RÉUTILISATION DES EAUX USÉES TRAITÉES (REUT) EN MÉDITERRANÉE

**Digester de méthane (methane digester) :** traiter la décomposition des excréments organiques grâce à une construction souterraines pour limiter la pollution des sols et de l'air, entraînant également la production de biogaz lorsque les conditions nécessaires à la digestion de ces matières par le digesteur sont remplies.

Ces digesteurs contiennent généralement des excréments d'animaux, des fractions organiques issues de familles et des eaux usées domestiques.

**Valorisation à DAYET IFRAH :**

- Éléments nutritifs pour le sol (valorisation agricole)
- Méthane (valorisation énergétique).

**Exemple : la ferme de la famille EL HOUARI :**

Une famille de 17 personnes, dont la ferme est raccordée au réseau d'électricité avec une borne fontaine située à une cinquantaine de mètres de la ferme. Le fermier possède une surface agricole de 12 ha qu'il fertilisait aux engrais chimiques et environ huit bovins en été.

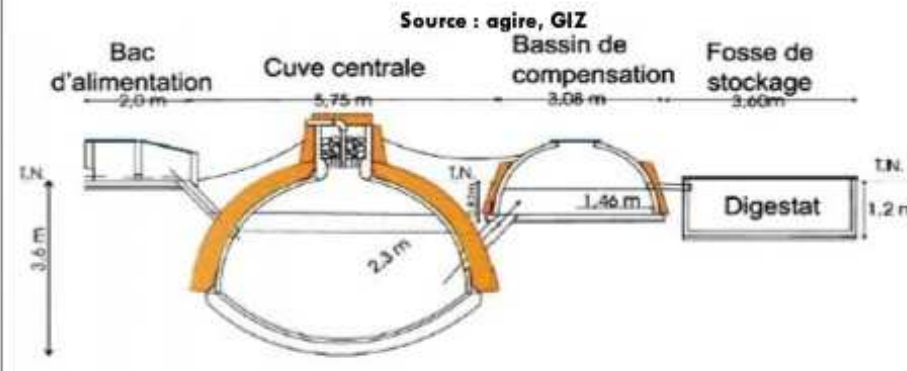
Un digesteur de **biogaz de 30 mètres** a été construit pour servir les besoins de la ferme en biogaz et engrais naturels.

→ Bien que les résultats ne peuvent être confirmés à cent pour cent, il semblerait que, après visite sur le terrain, cette expérience soit encourageante dans la mesure où :

- une diminution du taux de bactéries de 99% a été observée, tout comme le taux de dégradation de la matière organique biodégradable atteint 84% ;
- la valeur agronomique du digestat est comparable à un engrais chimique ;
- une production de biogaz est rendue possible environ cinq heures par jour dans les conditions optimales.

**Pour aller plus loin dans les résultats de l'expérience :**

- BENHASSANE LHOUCINE, « traitement anaérobie des déchets organiques d'une ferme- expérience du projet pilote d'assainissement écologique Dayet Ifrah : rapport de suivi – digesteur agricole Famille Elhouari », *Programme d'Appui à la Gestion Intégrée des Ressources en Eau*, septembre 2011.

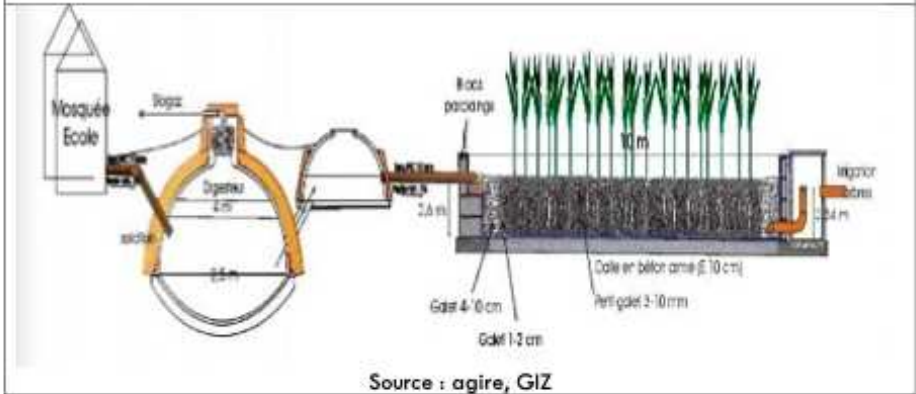


## RÉUTILISATION DES EAUX USÉES TRAITÉES (REUT) EN MÉDITERRANÉE



**Épuration par le filtre planté :** traitement des eaux usées de la mosquée et de l'école centrales du village.

Réutilisation DAYET IFRAH :  
- irrigation du jardin de l'école

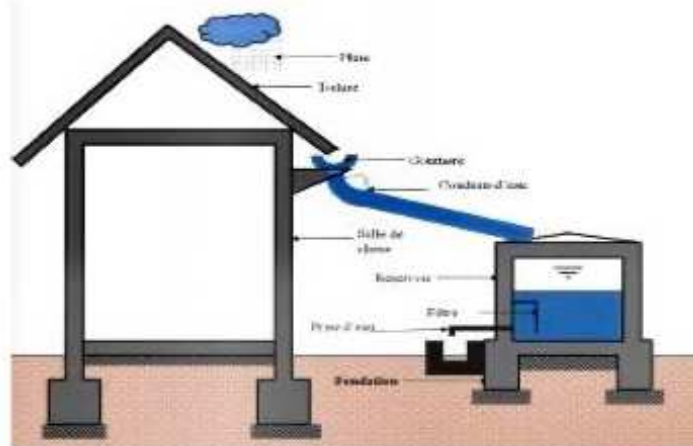


## RÉUTILISATION DES EAUX USÉES TRAITÉES (REUT) EN MÉDITERRANÉE



Source : agire, GIZ

**Réservoir de captage des eaux pluviales** : arrosage des espaces verts de l'école + alimentation des chasses d'eau manuelles de l'école.



Source : Google images

**N.B.** : source principale de laquelle ont été reprises les images de cette expérience :

Mohammed Elghali Khiyati, « Projet pilote d'assainissement écologique rural Dayet Ifrah », agire – Programme d'Appui à la Gestion Intégrée des ressources en Eau, Royaume du Maroc, en partenariat avec la GIZ, du 24 au 28.06.2013 à Rabat, Maroc



## RÉUTILISATION DES EAUX USÉES TRAITÉES (REUT) EN MÉDITERRANÉE

### EXPÉRIENCE REUT N°7 : projet pilote à MÉDENINE, en TUNISIE

#### CONTEXTE SECTORIEL : ZONE RURALE OUELJET EL KHODER

Réglementation eau dans le pays :

**Précisée (stricte)** / non précisée (non-stricte)

Stress hydraulique : faible – moyen – **élevé**

→ **surexploitation des eaux souterraines**

Nombre d'habitants : environ 63 738

Objectif principal de l'expérience : encourager la réutilisation des eaux usées avec des solutions peu coûteuses et simples.



#### DONNÉES CLÉS

##### Technologies choisies :

- Filtration lente sur sable
- Laboratoire privé de contrôle des eaux traitées
- Early Warning System.

##### Coûts de l'expérience :

- Coût total de l'investissement : environ 130 000 euros (filtration, équipement de laboratoire, plateforme, analyseur de qualité d'eau).

##### Résultats obtenus :

- Taux de l'eau réutilisée : 30-35% comparé à 20% avant le projet.
- Des gains économiques pour les agriculteurs : un coût moindre pour les eaux usées traitées que l'eau conventionnelle.
- Autres résultats ci-dessous.

##### Ressources mobilisées :

- Partenaires : GIZ
- Acteurs locaux/ internes : Office National de l'Assainissement.



## RÉUTILISATION DES EAUX USÉES TRAITÉES (REUT) EN MÉDITERRANÉE

### CONTEXTES

#### Environnemental :

- La région de Médenine, où se situe le village OUELJET EL KHODER, connaît un climat semi-aride avec un taux de précipitations annuel bas et irrégulier : le taux moyen est de 157 mm par an mais il varie d'année en année et de saison en saison. Souvent, la région reçoit la majorité des précipitations en une période très courte, par exemple 42% du taux annuel de précipitations durant le mois d'octobre.
- Un réseau de wadis<sup>1</sup> avec plusieurs effluents traverse la région, avec le Smar Wadi comme cours d'eau principal. La région souffre d'une dégradation des eaux souterraines due à la surexploitation et au rejet d'une partie des eaux usées traitées dans le Smar Wadi, ce qui contribue à augmenter la salinité des eaux pompées, avec un taux aux alentours du Smar wadi dépassant parfois les 5g/l.
- Le rejet d'eaux usées non traitées dans le Wadi contribue à recharger les aquifères, bien qu'ils augmentent les risques pour les agricultures d'avoir affaire à une eau contaminée, endommageant leur activité agricole et plus particulièrement les produits se consommant crus.

#### Socio-économique :

- À Oueljet El Khoder, l'agriculture représente l'activité économique et la source de revenus principales pour 30% des fermiers. Cependant, avec un climat local aride et des ressources locales disponibles en eau limitées et/ou polluées, il est difficile d'assurer une irrigation sur le long terme pour cette agriculture occupant 30 hectares.
- La surface irrigable de Oueljet El Khoder est divisée en quatre secteurs de famille dont le débit de l'eau pour chaque secteur est contrôlé par une vanne de zone (zoning valve) :
  - La famille Ettiss
  - La famille El Khoder
  - La famille El Gumenda
  - La famille Ettemtem

La consommation moyenne annuelle d'eau d'irrigation par famille varierait entre 35 000 et 200 000 mètres cubes. La technique d'irrigation habituelle utilisée est le système d'irrigation gravitaire (gravity-fed irrigation), consistant en une méthode peu coûteuse et efficace fournissant de l'eau aux petites zones d'irrigation<sup>2</sup>. Des problèmes de

<sup>1</sup> Cours d'eau dont le régime hydrologique est irrégulier, c'est-à-dire des cours d'eau pouvant connaître soit des périodes asséchées ou être à fort débit du fait de fortes précipitations.

<sup>2</sup> Pour en savoir davantage sur le système d'irrigation gravitaire : Pat Kendzierski, gravity fed irrigation :



## RÉUTILISATION DES EAUX USÉES TRAITÉES (REUT) EN MÉDITERRANÉE

contrôle et de maintien empêchent la transparence dans la distribution de l'eau, créant des inégalités dans l'accès aux ressources en eau dans les bornes fontaines. À titre d'exemple, seulement 20 % des fermiers possèdent un accès régulier aux eaux usées réutilisées. Les fermiers se montrent réticents quant à la réutilisation des eaux usées à cause des risques de contamination, des odeurs et des limites posées par la réglementation nationale, cette dernière pouvant être un frein à un projet de REUT dû aux coûts que la loi impose à l'utilisateur d'assumer et qui concernent la qualité de l'eau réutilisée. Ce projet pilote a dès lors pour objectif de gonfler le potentiel de réutilisation des eaux usées afin de développer cette ressource en eau non conventionnelle.

### OBJECTIFS POURSUIVIS

<p>Objectif(s) général(aux) de l'expérience</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Encourager la réutilisation des eaux usées avec des solutions peu coûteuses et simples.</li> </ul>
<p>Objectif(s) principal(aux) de l'expérience</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Exploiter davantage la possibilité de réutiliser les eaux usées dans la région de Médenine.</li> <li>- Limiter les risques de santé et environnementaux liés à la REUT via un traitement avancé des eaux usées.</li> <li>- Améliorant la coordination entre les usagers de la zone irriguée pour plus de transparence.</li> </ul>

<https://depts.washington.edu/proplint/Chapters/Gravity%20fed%20Irrigation%20System.htm>



## RÉUTILISATION DES EAUX USÉES TRAITÉES (REUT) EN MÉDITERRANÉE

### RÉSULTATS

**Résultats obtenus à la suite de l'expérience et activités mises en œuvre pour y arriver**

#### • SANTÉ PUBLIQUE ET ENVIRONNEMENT

**Résultat :** amélioration des quantité et qualité des eaux usées traitées réutilisées.

**Activité mise en œuvre pour y arriver :** la mise en place du projet et l'installation du système de filtration lente sur sable a permis d'offrir un traitement supplémentaire aux eaux usées traitées de la région. De plus, le laboratoire de contrôle prévu par le projet permet des analyses régulières de la qualité de l'eau usées traitée (consulter la section « technologies choisies » ci-dessous). Il s'agit d'une amélioration considérable puisqu'avant le projet, les institutions tunisiennes liées à la REUT étaient dépourvues de moyens suffisants pour contrôler la qualité de l'eau.

#### • VALORISATION DE L'AGRICULTURE PAR LA REUT

**Résultat :** une agriculture et des produits irrigués de bonne qualité : les fermiers ont exprimé leur satisfaction vis-à-vis des oliviers irrigués avec des EUT.

**Activité mise en place pour y arriver :** le choix de la filtration lente sur sable (plus d'informations dans la section « technologies choisies » plus bas) a permis de diminuer drastiquement les micro-organismes présents dans les eaux usées avant leur traitement, allant jusqu'à 99,5% d'efficacité de disparition pour certaines particules en suspension. La technique de la filtration sur sable a également montré des résultats encourageants concernant la disparition de certains métaux lourds tels que l'aluminium et le zinc.

#### • SENSIBILISATION ET EXPERTISE CHEZ LES ACTEURS DE L'EAU

**Résultat :** gain d'expertise sur la REUT observée chez les acteurs de l'eau.

**Activité mise en œuvre pour y arriver :** formations techniques sur les technologies REUT pour les acteurs de l'eau proposées dans le cadre du projet pilote :

- Au niveau national, des représentants des différents ministères et institutions liés à la REUT ont participé en 2013 à une formation touchant à la gestion de l'eau.



## RÉUTILISATION DES EAUX USÉES TRAITÉES (REUT) EN MÉDITERRANÉE

- Au niveau local, les acteurs locaux de l'eau à Médenine ont bénéficié d'une formation technique touchant aux analyses bactériologiques et au nouveau système de traitement de l'eau (filtration lente sur sable + possibilités de surveillance de la qualité de l'eau via le laboratoire et le early-warning system décrits ci-dessous).

### • ACCEPTABILITÉ DE LA REUT AUPRÈS DE LA POPULATION ET DES AGRICULTEURS

**Résultat :** meilleure compréhension et acceptabilité de la réutilisation des eaux usées, surtout au niveau de la population au départ réticente quant à la consommation de produits irrigués par une eau usée réutilisée.

**Activités mises en œuvre pour y arriver :** depuis 2004, le Commissariat Régional au Développement Agricole (CRDA) organise trois à cinq jours par an des campagnes de sensibilisation touchant à l'hygiène et la protection dans la réutilisation des eaux usées en agriculture. Les agriculteurs ont également été sensibilisés à la REUT et à ses avantages, et familiarisés avec les technologies mises en place via des programmes et des campagnes de sensibilisation.

### • TRANSPARENCE, ÉCHANGE D'INFORMATION ET PRISE DE MESURES

**Résultat :** transparence et échange d'informations réguliers entre les institutions d'eau tunisiennes concernant les responsabilités de chacun et les mesures potentielles à prendre pour rendre possible l'amélioration et la reproduction du projet ailleurs.

**Activité mise en œuvre pour y arriver :** mise en place d'un comité de pilotage composé des ministres tunisiens et institutions impliqués dans la réutilisation des eaux usées. Ce comité soutenu par la GIZ propose de nouvelles mesures et des campagnes de sensibilisation.

### • BÉNÉFICES ECONOMIQUES

**Résultat n°1 :** des prix d'eau réduits pour les utilisateurs, leur permettant dès lors de faire des économies sur les dépenses en eau.

**Activité mise en œuvre pour y arriver :** le coût des eaux usées réutilisées est moins élevé que les ressources conventionnelles en eau (environ 0,02 dinar tunisien par mètre cube comparé à 0,08 dinar tunisien par mètre cube pour l'eau conventionnelle).

**Résultat n°2 :** des produits de meilleure qualité.

**Activité mise en œuvre pour y arriver :** l'eau réutilisée contient des nutriments bénéfiques pour les cultures et permet dès lors une économie de fertilisants.





## RÉUTILISATION DES EAUX USÉES TRAITÉES (REUT) EN MÉDITERRANÉE

- LANCEMENT DU PROJET

**Résultat :** projet lancé en 2000 et conçu pour un traitement de 8 870 mètres cubes par jour. Actuellement, le projet permet la production de 4 000 mètres cubes d'EUT par jour après un traitement secondaire de ces eaux. En 2011 le taux de réutilisation des eaux usées s'élevait à 16% (238 000 mètres cubes sur un total de 1 466 000 mètres cubes d'eaux usées. En 2016, sur les 30 hectares du périmètre exploité, la superficie totale était irriguée avec des EUT.



## RÉUTILISATION DES EAUX USÉES TRAITÉES (REUT) EN MÉDITERRANÉE

### DÉTAILS DE LA TECHNOLOGIE CHOISIE POUR LA REUT

#### FILTRATION LENTE SUR SABLE – LABORATOIRE DE SURVEILLANCE – EARLY WARNING SYSTEM

**Filtration lente sur sable (slow sand filtration)** : lors de ce système d'épuration biologique de l'eau, les eaux usées passent à travers un matériel de filtration à une puissance variant entre 0,1 et 0,2 mètres par heure et où le sable s'avère être le matériel de filtration le plus efficace.

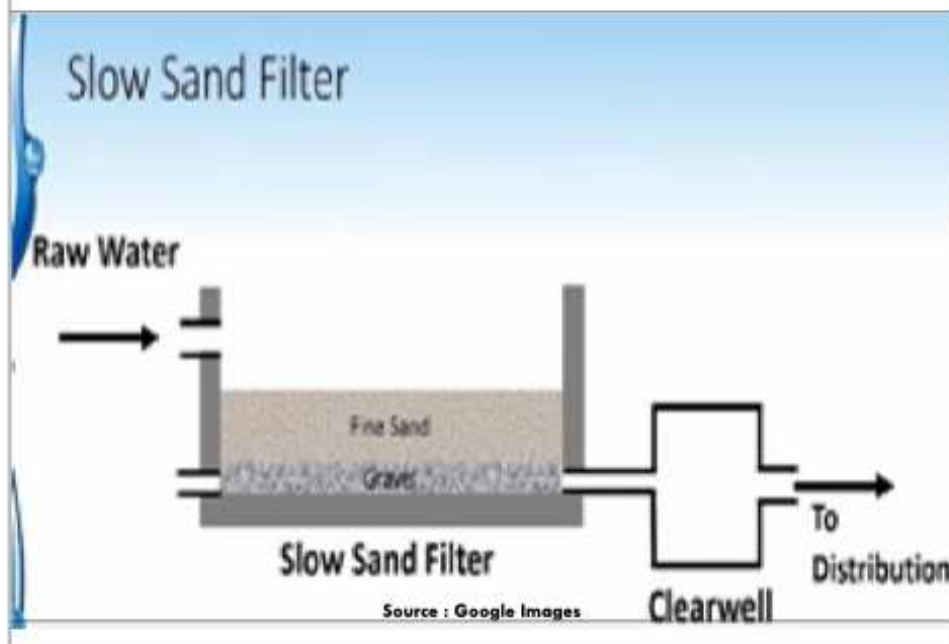
Ce processus de nettoyage graduel permet de réduire considérablement le nombre de micro-organismes et de particules solides en suspension, améliorant dès lors de la qualité de l'eau.

**Pour aller plus loin dans le fonctionnement de cette technologie :**

- Al BAZ et al, "Integrated wastewater in the Mediterranean", Pilot case Tunisia, p.48.

Selon l'Organisation Mondiale de la Santé, il s'agit « de la méthode la moins chère, la plus simple et efficace des méthodes de traitement de l'eau ».

**OUELJET EL KHODER** : après ce traitement tertiaire, les eaux usées traitées sont soit conservées pour leur réutilisation dans l'agriculture soit rejetées dans le Smar wadi.



## RÉUTILISATION DES EAUX USÉES TRAITÉES (REUT) EN MÉDITERRANÉE

**Laboratoire privé de surveillance et de contrôle de l'eau traitée** : cet équipement permet de contrôler régulièrement la qualité de l'eau traitée.

**OUELJET EL KHODER** : les résultats de différentes analyses du sol, des eaux souterraines et des cultures se sont montrés positifs et encourageants. À titre d'exemple, les échantillons d'oliviers irrigués par des EUT étaient d'une bonne qualité d'eau, comparable aux oliviers irrigués par des eaux conventionnelles.

**Early Warning System** : technologie contenant les statuts qualitatif et quantitatif de l'eau et permet de prévenir les acteurs d'eau concernés lorsqu'ils atteignent les limites d'eau disponible, ou qu'ils utilisent une eau dont la qualité est en deçà du seuil sain nécessaire et imposé par la loi.

### Pour aller plus loin :

- Ismail Al Baz, Dr., "Integrated wastewater management in the Mediterranean – Good practices in decentralized and centralized reuse-oriented approaches", GIZ, 2016



## RÉUTILISATION DES EAUX USÉES TRAITÉES (REUT) EN MÉDITERRANÉE

### EXPÉRIENCE REUT N°8 : Saint-Mathieu-de-Trévières, France

#### CONTEXTE SECTORIEL : Saint-Mathieu-de-Trévières

Réglementation eau dans le pays :

Précisée (stricte) / non précisée (non-stricte)

Stress hydrique : faible – moyen – élevé

Nombre d'habitants :

Saint-Mathieu-de-Trévières: 4 790 (2017).

Objectif principal de l'expérience :

objectif « rejet 0 » des eaux usées dans le milieu naturel.

#### DONNÉES CLÉS

**Technologie choisie :**

- boues activées.

**Coûts de l'extension de STEP et projet en 1993 :**

- 4,6 MF (environ 690 000 euros).

**Résultats obtenus :**

- diminution des rejets d'effluents dans le Lez ;
- succès technique du projet.

**Ressources mobilisées :**

Acteurs impliqués : la commune de Saint-Mathieu-de-Trévières, association VERSeau, le Centre Régional de la Protection Forestier, la Compagnie Nationale d'Aménagement de la Région du Bas Rhône et du Languedoc (BRL), et des chercheurs du Laboratoire Hydraulique et Mathématicien (LHM) de l'Université de Montpellier 2.

Bailleurs de fond : Le Conseil Départemental de l'Hérault, l'Agence de l'Eau, le FNDAE et la commune de Saint-Mathieu-de-Trévières.



Source : Google Images



## RÉUTILISATION DES EAUX USÉES TRAITÉES (REUT) EN MÉDITERRANÉE

### CONTEXTES

#### Environnemental – ressources en eau

- La commune de Saint-Mathieu-de-Trévières est traversée par la source du Lez et le cours d'eau « Terrieu ». Ce dernier, recevant les effluents de mauvaise qualité de la station d'épuration de la commune, risque d'être pollué et de polluer à son tour. Un périmètre de sécurité éloigné<sup>1</sup> est déclenché chaque fois qu'une activité est susceptible de polluer considérablement le cours d'eau.
- Dès lors, la réglementation et la situation ont obligé les élus à traiter ce problème et à voir comme solution l'objectif « rejet 0 » en remplaçant le milieu récepteur des effluents de la STEP par un autre, dans un but de faire face à l'évacuation des effluents tout en protégeant le milieu aquatique.

### OBJECTIFS POURSUIVIS

<p><b>Objectif général de l'expérience</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Objectif « rejet 0 » des eaux usées dans le milieu naturel.</li> </ul>
<p><b>Objectif(s) spécifique(s) de l'expérience :</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Éviter la pollution de la source du Lez.</li> <li>- Protéger les nappes souterraines et gérer les eaux usées de la commune via la STEP.</li> </ul>

<sup>1</sup> L'article L1321-2 du code de la Santé Publique a prévu différents types de périmètres de sécurité (immédiate, rapprochée et éloignée) autour des captages d'eau alimentant les collectivités humaines.



## RÉUTILISATION DES EAUX USÉES TRAITÉES (REUT) EN MÉDITERRANÉE

### RÉSULTATS

#### Résultats obtenus à la suite de l'expérience et activités mises en œuvre pour y arriver

- **UNE ACTION POUR REBOOSTER LE PROJET AVEC LE MÊME OBJECTIF « REJET ZÉRO »**

**Résultat :** une nouvelle STEP à Saint-Mathieu-de-Trévières a été inaugurée au début de l'an 2020 pour répondre aux nouveaux besoins de la commune qui s'aggrandit (de 1505 habitants en 1982 à 4460 habitants en 2007 et 4 790 en 2017). Cette nouvelle STEP est venue remplacer l'ancienne STEP de Saint-Mathieu-Trévières réaménagée en 1993 et devenue obsolète.

**Activité mise en œuvre pour y arriver :** la nouvelle station d'épuration de Saint-Mathieu-de-Trévières à boues activées en aération prolongée a une capacité de 9300 équivalent/habitat au lieu de 6000 (ancienne STEP). L'objectif est de réaliser une **Zone de Rejet Végétalisée (ZRV)** pour infiltrer 100% du débit afin d'obtenir le rejet nul sur le Terrieu → Infiltration dans le sol des eaux usées au lieu de les rejeter dans la pinède qu'il est prévu de rendre à son propriétaire privé après sa remise en état. « En effet, le cours du Terrieu, tout proche, du fait de son débit irrégulier ne permet pas d'accepter un rejet direct des eaux traitées dans le milieu naturel. La ZRV, en forme de chenal végétalisé, fonctionnera comme une zone d'infiltration ou d'évaporation de l'eau traitée ; propice à l'accueil de la biodiversité, elle contribuera, dans une certaine mesure, à la réduction de l'impact des rejets sur le milieu naturel tout en créant une zone humide fonctionnelle »<sup>2</sup>.

<sup>2</sup> <https://grandpicsaintleup.fr/actualite/une-nouvelle-station-depuration-pour-saint-mathieu-de-treviers/>



## RÉUTILISATION DES EAUX USÉES TRAITÉES (REUT) EN MÉDITERRANÉE

### • UNE GARANTIE DE MISE EN ROUTE DE L'EXPÉRIENCE ET DE SON MAINTIEN

**Résultat** : un ensemble d'acteurs de différents domaines ont permis la mise en place du projet et sa pérennité.

**Activité mise en œuvre pour y arriver** : la mise en place d'une **bonne gouvernance** entre les différents acteurs publics et privés a permis la mise en place et le maintien du projet de réutilisation, avec un rôle spécifique pour chaque acteur : tableau des acteurs impliqués et leur rôle dans le projet de REUT de Saint-Mathieu-de-Trévières :

Acteur	Rôle
Commune de Saint Mathieu-de-Trévières	Eviter tout rejet polluant dans le Terrieu. Maître d'ouvrage de la station d'épuration et du système d'irrigation.
Association VERSeau	Mettre en relation les différents acteurs afin de créer un projet innovant
Société BRL	Elaborer l'ensemble du système d'irrigation de la pinède
LHM	Concevoir les questions techniques de l'assainissement, de dimensionnement hydraulique de la STEP.
ENSAM (SupAgro)	Réaliser un suivi sur la qualité des sols de la pinède
CRPF	Gérer les forêts privées de la France en mettant en place des plans de gestion. Elle gère les parcelles concernées par le projet de REUT.
Conseil Départemental de l'Hérault	Accompagner et financer la commune dans le projet de REUT
Agence de l'eau	Financer le projet de REUT
SAUR	Gérer la station d'épuration de la commune mais au début du projet avant c'est CISE et SOMES
Propriétaire Privé	Mettre à disposition sa parcelle de Sha à travers une convention avec VERSeau.
Ingénieur du CNRS	Calculer la consommation d'eau de la pinède

Source : Maria MAGANA

### • SUCCÈS TECHNIQUE DU PROJET

**Résultat** : l'intérêt commun pour la REUT entre les différents acteurs impliqués dans le projet a permis une étude sérieuse du projet au préalable, un gain d'expertise via l'interconnaissance entre eux, et dès lors un **succès technique** du projet.

**Activité mise en œuvre pour y arriver** :



Saisissez du

## RÉUTILISATION DES EAUX USÉES TRAITÉES (REUT) EN MÉDITERRANÉE

- **concertation et mobilisation** régulières entre tous les acteurs concernés par le projet. En effet, les interlocuteurs étaient très intéressés par la question des eaux usées, avec pour la plupart une formation technique et d'ingénieur acquise dans le domaine de l'eau avant le démarrage du projet (exemple : études au Polytech de Montpellier et cours sur la REUT donnés par des chercheurs du laboratoire pour l'ancien ingénieur de BRL) → « l'adhésion de nombreux associés et la participation active des acteurs peut expliquer le succès d'une innovation »<sup>3</sup>.

- **UN PROJET SIMPLE ET DE QUALITÉ**

**Résultat** : un projet simple, précis et efficace.

**Activité mise en œuvre pour y arriver** : l'ancien ingénieur de LHM<sup>4</sup> qualifie ce projet de « rustique » et définit le terme :

« « Rustique » ça veut dire qu'effectivement ça demande peu d'entretien, peu d'énergie, voir pas d'énergie du tout. Parce que (...), c'est que ce qui coûte cher c'est le **fonctionnement et l'entretien en matière d'assainissement** donc... moins vous avez du coup en termes d'entretien et fonctionnement, plus votre système est rustique, moins il coûte cher. »

Dans le cas du projet à Saint-Mathieu-de-Trévières, le facteur « **rustique** » a été influencé par :

- l'étude précise de faisabilité réalisée au préalable par les acteurs concernés ;
- la politique : la pression politique de Montpellier sur Saint-Mathieu-de-Trévières pour éviter la pollution du Lez par les eaux usées de la station d'épuration a contribué à précipiter le démarrage du projet pour atteindre l'objectif «rejet 0) dans le cours d'eau Terrieu ;
- par le coût du projet. Ce dernier était relativement bas au début du projet, ce qui a renforcé sa qualification de projet « rustique ». Le budget a dû néanmoins être augmenté au vu des contraintes de terrain. Un processus de simplification a dès lors été entrepris afin que le projet reste économiquement rentable pour la commune de Saint-Mathieu-de-Trévières ;
- par sa conception intelligente et son autonomie (avis émis par l'interlocuteur de l'association VERseau partenaire du projet). Le projet a été conçu de manière à être facilement mis en place et économiquement acceptable. En effet, l'avant-projet de REUT étudié mentionne que « l'intérêt du système d'irrigation choisi est d'être simple, fiable et économique à l'exploitation » → **négociation socio-technique** effectuée entre les différents acteurs dans un but de réussir le projet. Le financement de l'extension de la station d'épuration comprenant le projet était reparti en 5 acteurs : Conseil Département

<sup>3</sup> Maria MAGANA, source

<sup>4</sup> LHM Conseil : prestataire spécialisé en études de marché.





## RÉUTILISATION DES EAUX USÉES TRAITÉES (REUT) EN MÉDITERRANÉE

la de l'Hérault, l'Agence de l'eau RMC, FNDAEs, VERSeau dans le cadre du plan Etat-Région et la commune de Saint-Mathieu-de-Trévières.

- **UNE STATION D'ÉPURATION FONCTIONNELLE JUSQU'À SON REMPLACEMENT PAR LA NOUVELLE STEP INAUGURÉE AU DÉBUT DE L'AN 2020**

**Résultat :** le projet REUT « zéro rejet » dans le milieu naturel a pu être intégré à la STEP de Saint-Mathieu-de-Trévières en 1993 et fonctionnait toujours bien sans problème de saturation en 2018. En 2016, l'agence de l'eau RMC la classait parmi les stations d'épuration conformes à la réglementation d'assainissement sur la qualité de l'eau. Pour garantir la pérennité de l'objectif « rejet zéro », une nouvelle step a été inaugurée en 2020 remplaçant l'ancienne STEP devenue avec le temps obsolète.

**Activité mise en œuvre pour y arriver :** des travaux d'extension ont permis à la première STEP d'atteindre la capacité de 6000 équivalent/habitant en 1993. Ensuite, des travaux ont eu lieu pour remplacer cette STEP par une nouvelle step inaugurée en 2020.

- **OBJECTIF « ZÉRO REJET »**

**Résultat :** projet réalisé sur une pinède avec les effluents de la STEP déviés vers cette pinède au lieu d'être rejetés dans le Terrieu (voir schéma descriptif ci-dessous), avec comme avantage d'avoir une irrigation forestière au lieu d'une irrigation agricole celui de pouvoir irriguer le terrain toute l'année en fonction des rejets de la station d'épuration qui fonctionne quotidiennement.

**Activité mise en œuvre pour y arriver :**

- disponibilité du terrain par le propriétaire privé (convention signée entre l'association VERseau et le propriétaire privé : renouvellement de la convention prévu chaque fois après le bilan des résultats) ;
- proximité de la pinède de la station d'épuration ;
- étude ponctuelle sur la consommation d'eau des arbres réalisée par un ingénieur du CNRS et qui définit ensuite la taille de parcelle nécessaire, dans un but de réussir le rejet zéro. « L'enjeu social de la commune de Saint-Mathieu-de-Trévières influence les dimensions techniques du dispositif. En effet, selon le débit de la STEP, une taille spécifique de la parcelle est nécessaire afin de réussir le bon fonctionnement du système »<sup>5</sup>. Cette taille est d'environ 7ha.
- La STEP de type boues activées possède une capacité de 6000 équivalent/habitant et son débit est de 510 m<sup>3</sup>/j. Les effluents de la STEP sont déversés dans cette pinède. En

<sup>5</sup> Outil financier au service des communes rurales.

<sup>6</sup> Maria M. p. 33



## RÉUTILISATION DES EAUX USÉES TRAITÉES (REUT) EN MÉDITERRANÉE

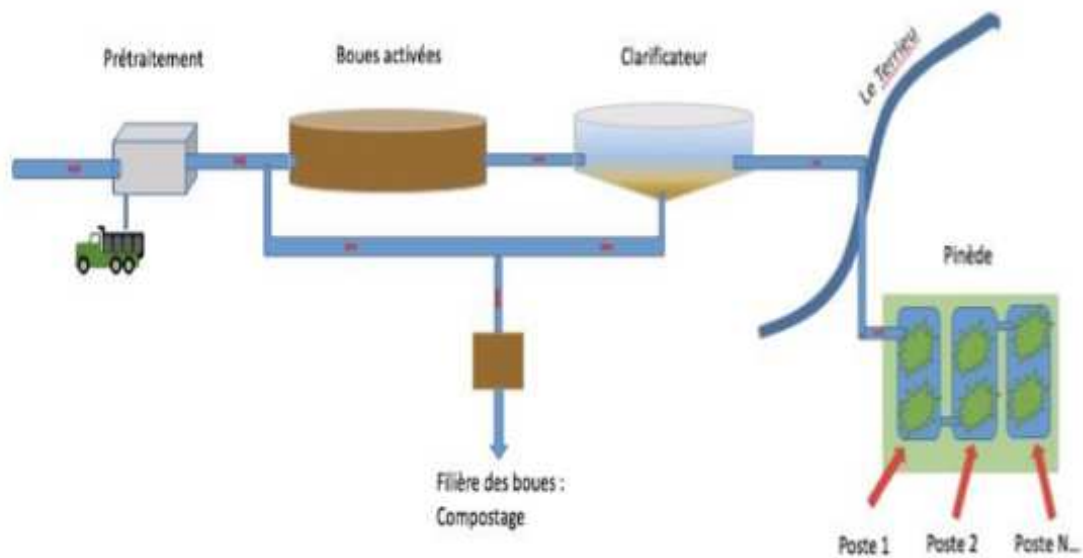
2018, la STEP était toujours en fonctionnement, cependant une nouvelle station d'épuration de 9300 équivalent/habitant est venue la remplacer en 2020.

### LE PROJET REUT À SAINT-MATHIEU-DE-TRÉVIERS

Schéma de la STEP à Saint-Mathieu-de-Tréviers en 1989 avec l'aperçu du système d'irrigation localisée des eaux usées choisi pour éviter le rejet des eaux usées dans le Terrieu :

Avec les dispositifs classiques d'une irrigation localisée :

- une station de pompage et filtration ;
- une canalisation primaire ;
- les herses ;
- les canalisations secondaires ;
- et enfin des rampes et des ajutages de type « Bas-Rhône » (BRL et VERSeau, 1988).



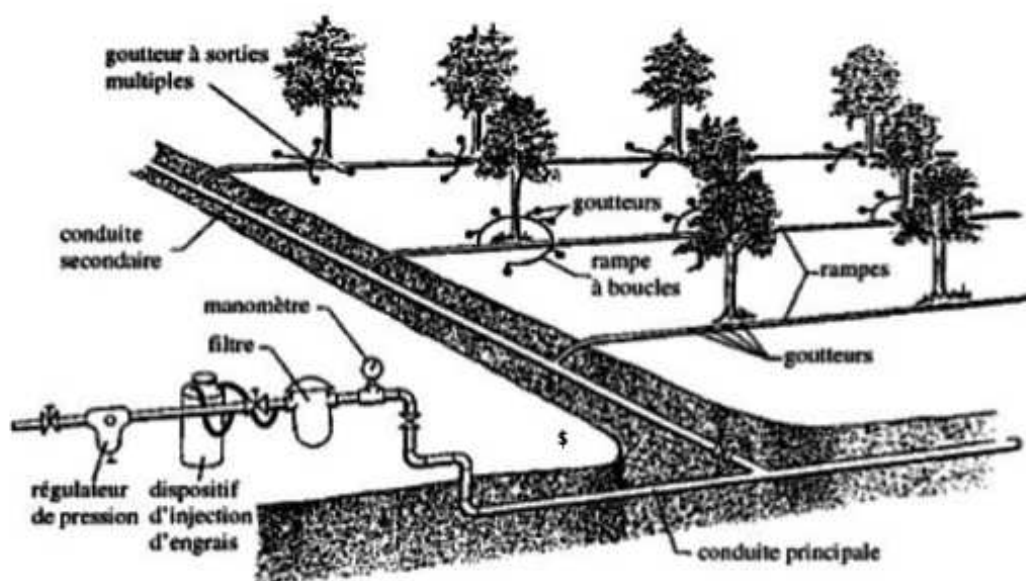
Source : Maria MAGANA



## RÉUTILISATION DES EAUX USÉES TRAITÉES (REUT) EN MÉDITERRANÉE

### Schéma d'une irrigation localisée par goutte à goutte :

Cette méthode consiste à irriguer en apportant l'eau au plus près des plantes. Le projet de REUT de Saint-Mathieu-de-Trévières a utilisé ce procédé pour irriguer la pinède de 7ha.



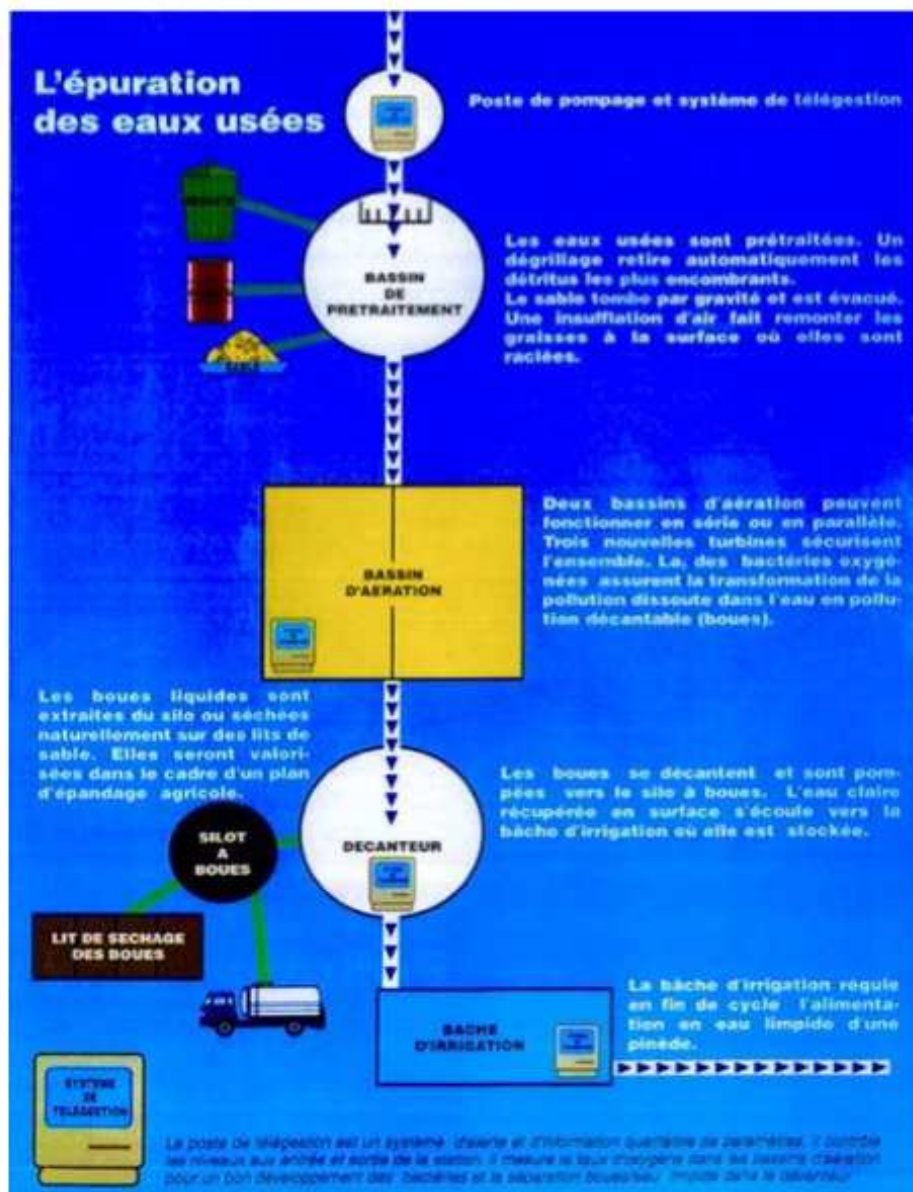
Source : Soutter, 2007

Pour aller plus loin concernant le système d'irrigation localisée à Saint-Mathieu-de-Trévières : Magana M. (2017-2018), *REUT d'hier, REUT d'aujourd'hui : la trajectoire des eaux usées locales*, master Sciences de l'EAU, IRSTEA, France.



## RÉUTILISATION DES EAUX USÉES TRAITÉES (REUT) EN MÉDITERRANÉE

Schéma du fonctionnement du projet de REUT de Saint-Mathieu-de-Tréviers avant la construction de la nouvelle STEP inaugurée au début de l'an 2020 :



Source : Maria MAGANA



## RÉUTILISATION DES EAUX USÉES TRAITÉES (REUT) EN MÉDITERRANÉE

### DÉTAILS DES TECHNOLOGIES CHOISIES POUR LE PROJET REUT

#### TRAITEMENT À LA STEP DE SAINT-MATHIEU-DE-TRÉVIERS (1993) : BOUES ACTIVÉES

Via la **technique biologique d'épuration « boues activées »** des eaux usées s'opère l'élimination des molécules de phosphore, d'azote et de carbone présentes dans les eaux résiduaires

**Fonctionnement** : introduction de bactéries diverses dans ces eaux usées avec un apport artificiel d'oxygène. Cette oxygénation permet le bon fonctionnement de ces bactéries et la dégradation des matières.

→ Substances polluantes absorbées par ces bactéries et transformées en boues. Les boues riches en bactéries sont renvoyées vers le bassin d'aération (on parle de **décantation**).

Ensuite, le réacteur anaérobie permet de **stabiliser les boues** dans un souci de lutter contre les mauvaises odeurs (on parle de **digestion anaérobie ou aération prolongée**). Ces boues générées lors du processus de traitement des eaux usées sont valorisées via un procédé de **séchage** prévu à la STEP leur permettant d'être éventuellement réutilisées comme combustible additionnel éco-compatible.

La STEP de type boues activées possède **une capacité de 6000 équivalent/habitant** et son débit est de 510 m<sup>3</sup>/j. Les effluents de la STEP sont déversés dans la pinède d'environ 7ha. En 2018, la STEP était toujours **en fonctionnement**, cependant une nouvelle station d'épuration de 9300 équivalent/habitant est venue la remplacer au début de l'an 2020.



## RÉUTILISATION DES EAUX USÉES TRAITÉES (REUT) EN MÉDITERRANÉE

### TRAITEMENT À LA NOUVELLE STEP DE SAINT-MATHIEU-DE-TRÉVIERS (2020) : BOUES ACTIVÉES EN AÉRATION PROLONGÉE AVEC UNE CAPACITÉ SUPÉRIEURE

Via la **technique biologique d'épuration « boues activées »** des eaux usées s'opère l'élimination des molécules de phosphore, d'azote et de carbone présentes dans les eaux résiduaires

**Fonctionnement** : introduction de bactéries diverses dans ces eaux usées avec un apport artificiel d'oxygène. Cette oxygénation permet le bon fonctionnement de ces bactéries et la dégradation des matières.

→ Substances polluantes absorbées par ces bactéries et transformées en boues. Les boues riches en bactéries sont renvoyées vers le bassin d'**aération** (on parle de **décantation**).

Ensuite, le réacteur anaérobie permet de **stabiliser les boues** dans un souci de lutter contre les mauvaises odeurs (on parle de **digestion aérobie ou d'aération prolongée**). Ces boues générées lors du processus de traitement des eaux usées sont valorisées via un procédé de **séchage** prévu à la STEP leur permettant d'être éventuellement réutilisées comme combustible additionnel éco-compatible.

La **nouvelle** station d'épuration de Saint-Mathieu-de-Tréviars à boues activées en aération prolongée a une **capacité de 9300 équivalent/habitat** au lieu de 6000 (ancienne STEP). L'objectif est de réaliser une Zone de Rejet Végétalisée (ZRV) pour infiltrer 100% du débit afin d'obtenir le rejet nul sur le Terrieu.

#### | Fiche technique

Montant des travaux : 2 901 900 € HT

Financement :

- ▲ Communauté de communes : 1 648 682 €
- ▲ Agence de l'eau : 613 200 €
- ▲ Département de l'Hérault : 435 112 €

Maîtrise d'ouvrage : Communauté de communes du Grand Pic Saint-Loup

Maîtrise d'œuvre : SAFEGE – Suez Consulting

Travaux : Groupement OTV MSE – Cévennes BTP – AB Travaux

Source : <https://grandpicsaintloup.fr/actualite/une-nouvelle-station-depuration-pour-saint-mathieu-de-treviers/>

Pour aller plus loin concernant le projet REUT à Saint-Mathieu-de-Tréviars et son évolution :

- Magana M. (2017-2018), *REUT d'hier, REUT d'aujourd'hui : la trajectoire des eaux usées locales*, master Sciences de l'EAU, IRSTEA, France.



## RÉUTILISATION DES EAUX USÉES TRAITÉES (REUT) EN MÉDITERRANÉE

### EXPÉRIENCE REUT N°9 : expérience REUT de valorisation agricole à Ouarzazate, au Maroc

#### CONTEXTE SECTORIEL : Ouarzazate

Réglementation eau dans le pays :

**Précisée (stricte)** / non précisée (non-stricte)

Stress hydrique : faible – moyen – élevé

Nombre d'habitants :

439 072 en 1994 et environ 700 000 en 2019

Objectif principal de l'expérience :

valoriser la REUT au Maroc via ce projet.

#### DONNÉES CLÉS

##### Technologies choisies :

- Lagunage à haut rendement

##### Résultats obtenus :

- Une valorisation des eaux usées traitées : obtention d'une qualité des EUT jugée acceptable par l'OMS.
- La mise en place d'un Comité Technique Local pour la Surveillance du Projet.

##### Ressources mobilisées :

Projet lancé par le Ministère de l'Agriculture et le Programme des Nations Unies pour le Développement (PNUD), mais aucune donnée financière n'a été trouvée.

Partenaires : FAO, OMS, l'Administration du Génie Rural, l'Office Régional de Mise en Valeur Agricole de Ouarzazate, l'Institut Agronomique et Vétérinaire Hassan II et l'Institut National d'Hygiène comme contributeurs à la réalisation du projet.



Source : Google Images



## RÉUTILISATION DES EAUX USÉES TRAITÉES (REUT) EN MÉDITERRANÉE

### CONTEXTES

#### Environnemental – ressources en eau

- Depuis les années quatre-vingt-dix, le Maroc est particulièrement conscient du lien intrinsèque existant entre l'augmentation de sa population et la consommation individuelle en eau potable par chacun des habitants, entraînant une croissance considérable des rejets des eaux usées, allant de 129 à 470 millions de mètres cube entre 1970 et 1994, soit une progression annuelle de 5,3%.
- À cette réalité s'ajoute un climat marocain caractérisé par des sécheresses récurrentes familières notamment pour une ville telle que Ouarzazate. En effet, à l'instar de plusieurs provinces marocaines, Ouarzazate se caractérise par un climat saharien désertique - avec un taux de précipitations annuelles en deçà de 150 mm.  
→ L'aridité climatique accompagnée d'une réquisition importante des ressources en eau n'ont pas tardé à engendrer une pression considérable sur les bassins hydrauliques.
- Il existe parmi les opérateurs marocains en matière de gestion et de distribution de l'eau neuf Offices régionaux de mise en valeur agricole dont l'un se trouve à Ouarzazate. Au sein de leurs missions on retrouve l'offre d'un soutien adapté aux agriculteurs en matière de développement agricole et l'exercice de la mission de police de l'eau.





## RÉUTILISATION DES EAUX USÉES TRAITÉES (REUT) EN MÉDITERRANÉE

### CONTEXTES

#### Environnemental – ressources en eau

- Depuis les années quatre-vingt-dix, le Maroc est particulièrement conscient du lien intrinsèque existant entre l'augmentation de sa population et la consommation individuelle en eau potable par chacun des habitants, entraînant une croissance considérable des rejets des eaux usées, allant de 129 à 470 millions de mètres cube entre 1970 et 1994, soit une progression annuelle de 5,3%.
- À cette réalité s'ajoute un climat marocain caractérisé par des sécheresses récurrentes familières notamment pour une ville telle que Ouarzazate. En effet, à l'instar de plusieurs provinces marocaines, Ouarzazate se caractérise par un climat saharien désertique - avec un taux de précipitations annuelles en deçà de 150 mm.  
→ L'aridité climatique accompagnée d'une réquisition importante des ressources en eau n'ont pas tardé à engendrer une pression considérable sur les bassins hydrauliques.
- Il existe parmi les opérateurs marocains en matière de gestion et de distribution de l'eau neuf Offices régionaux de mise en valeur agricole dont l'un se trouve à Ouarzazate. Au sein de leurs missions on retrouve l'offre d'un soutien adapté aux agriculteurs en matière de développement agricole et l'exercice de la mission de police de l'eau.



## RÉUTILISATION DES EAUX USÉES TRAITÉES (REUT) EN MÉDITERRANÉE

### OBJECTIFS POURSUIVIS

<p><b>Objectif général de l'expérience</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Évaluer les effets de la REUT via différentes actions.</li> </ul>
<p><b>Objectif(s) spécifique(s) de l'expérience :</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Démontrer la faisabilité technique de valoriser des eaux usées traitées en agriculture au Maroc.</li> <li>• Déterminer le retour sur investissement de l'épuration par lagunage dans les conditions locales.</li> <li>• Encourager l'élaboration d'un cadre normatif, organisationnel et institutionnel de la réutilisation contrôlée en agriculture dans un but d'aboutir à une réutilisation sûre et durable.</li> </ul>

### RÉSULTATS

**Résultats obtenus à la suite de l'expérience et activités mises en œuvre pour y arriver**

- **UN PROJET PRÉSENTANT DES RÉSULTATS PRÉCIS**

**Résultat :** l'aboutissement et la réalisation du projet ont été assurés par sa répartition en deux phases distinctes (phase I et phase II).

Résultats de la phase I :

- les eaux usées épurées sont moins salines que les eaux usées brutes et contiennent un taux considérable de fertilisants : voilà deux facteurs justifiant des rendements plus élevés ;

Il convient néanmoins de noter que les résultats ont démontré que l'effet fertilisant des eaux usées ne dépend pas uniquement de la richesse de ces eaux en éléments minéraux, mais d'autres facteurs tels que le type de sol, la qualité de l'eau d'irrigation, le système d'irrigation et le cycle de la culture.



## RÉUTILISATION DES EAUX USÉES TRAITÉES (REUT) EN MÉDITERRANÉE

- l'irrigation avec les eaux usées a permis de réduire l'accumulation des sels provenant de l'eau de puits ;
- augmentation des rendements par le choix du système d'irrigation au goutte à goutte ;
- alors que l'eau usée brute contient un taux d'azote excédant les besoins des cultures, cet apport par les eaux usées épurées est suffisant pour couvrir les besoins de la plupart des cultures ;

Tableau 1 : Montants économisés lors d'un apport de 1000 mm d'eau usée épurée (EUE).

Eléments	Apports (1 000 mm d'EUE) Kg/ha	Montant en DH/ha
N	220	1300
P	125	550
K	290	1590
Total		3440

Source : Projet de Renforcement des Capacités sur l'Utilisation sans danger des Eaux Usées en Agriculture

- très faible contamination du sol par les eaux usées, comparable à la situation observée sur un échantillon de parcelles irriguées avec des eaux usées brutes.

Principal résultat de la phase II :

- la mise en place d'un Comité Technique Local pour la Surveillance du Projet (CTLSP), crée sous la tutelle des autorités locales avec la participation des directions techniques provinciales. Rôle majeur de ce comité : agir comme une institution locale surveillant et gérant le projet en incitant les membres à se rencontrer régulièrement pour décider de délivrer ou non l'effluent aux agriculteurs. L'institution doit également pouvoir réunir de manière urgente ses membres en cas de défaillance du système d'épuration.

Activités mise en œuvre pour y arriver :

- Phase I entre 1990 et 1993 : un ensemble d'expérimentations ont été réalisées au niveau d'une installation d'épuration (bassins de stabilisation et lagunage à haut rendement) en site clos associé à des essais agronomiques (luzerne, courgette et maïs) utilisant l'eau usée comme source d'irrigation. Une grande attention et des efforts ont été portés sur :
  - o la détermination des qualités physico-chimique, bactériologique et parasitologique des eaux usées épurées ;
  - o la comparaison de l'effet des eaux épurées avec celui des eaux témoins (eau de puits) sur les rendements des cultures, sur leur qualité hygiénique, sur le matériel d'irrigation ainsi que sur le sol et les eaux souterraines.
- Phase II entre 1994 et 1996 : encouragée par les recommandations de la 8e session du Conseil Supérieur de l'Eau et du Climat (1994) à développer les aspects institutionnel et



## RÉUTILISATION DES EAUX USÉES TRAITÉES (REUT) EN MÉDITERRANÉE

organisationnel ainsi que l'aspect épidémiologique associé à la réutilisation de l'effluent pour l'irrigation dans un but d'aboutir à une réutilisation sûre et durable.

→ À cette fin, des installations d'épuration du projet ont été menées sur un périmètre irrigué de 10 ha : l'eau usée brute utilisée jusqu'à lors par les exploitants de ce périmètre a été remplacée par les eaux épurées de la station expérimentale. Pendant cette phase, des investigations agronomiques, environnementales et épidémiologiques ont été menées.

### • EFFICACITÉ DE L'ÉPURATION DES EAUX USÉES

**Résultat** : l'OMS a classé les eaux usées épurées dans la catégorie A (qualité en vigueur avec les normes requises), les rendant dès lors utilisables pour une irrigation non restrictive.

**Activité mise en œuvre pour y arriver** : les systèmes extensifs d'épuration choisis pour ce projet (lagunage à haut rendement) permettent d'aboutir à une eau garantissant le bien-être des produits irrigués. En effet, le temps de séjour dans les bassins de stabilisation permettant d'obtenir une eau de catégorie A selon les directives de l'OMS (moins de 1000 coliformes fécaux par 100 ml et absence des œufs d'helminthes) est de 25 jours.

**Pour aller plus loin** : recommandations et précautions émises à partir de ce projet concernant l'impact sur le matériel d'irrigation, la production végétale, l'impact sur le sol et les eaux souterraines, l'impact sur la santé humaine et animale et le coût économique :

ÉPURATION ET RÉUTILISATION DES EAUX USÉES À DES FINS AGRICOLES PROJET OUARZAZATE (MOR 86/018), *Revue HTE N° 138*, Sept. – Déc. 2007, p.52-53.



## RÉUTILISATION DES EAUX USÉES TRAITÉES (REUT) EN MÉDITERRANÉE

### DÉTAILS DES TECHNOLOGIES CHOISIES POUR LE TRAITEMENT DES EAUX USÉES

#### CONSTRUCTION D'UNE STATION D'ÉPURATION DURANT LA PHASE I DU PROJET

À l'intérieur d'un champ expérimental clôturé a été construite une station d'épuration fonctionnant en parallèle avec une filière de **bassins de stabilisation** (BDS) et une filière de technologies des **bassins à haut rendement** (TBHR).

##### Description du lagunage reprenant le rôle de chacun des bassins :

« Un lagunage naturel est composé, le plus souvent, de plusieurs bassins étanches ou "lagunes à microphytes", fonctionnant en série.

##### Nombre de lagunes :

L'installation de trois lagunes est fréquente et permet d'assurer un bon niveau de fiabilité de fonctionnement pour l'élimination de la matière organique. Les performances les plus élevées, en ce qui concerne la désinfection, ne sont atteintes qu'avec une compartimentation plus grande (jusqu'à six lagunes en série).

##### Le rôle respectif des différents bassins est le suivant :

le premier permet, avant tout, l'abattement de la charge polluante carbonée ;  
le second permet l'abattement de l'azote et du phosphore ;  
le troisième affine le traitement et fiabilise le système, en cas de dysfonctionnement d'un bassin amont ou lors d'une opération d'entretien »<sup>2</sup>.

##### Différence entre le lagunage à haut rendement et le lagunage classique :

- une plus faible profondeur des bassins (quelques dizaines de centimètres) ;
- un brassage intermittent ou continu ;
- un temps de séjour bref (quelques jours) ;
- une absence d'accumulation des boues.

Pour aller plus loin dans les procédés extensifs d'épuration :

[https://ec.europa.eu/environment/water/water-urbanwaste/info/pdf/waterguide\\_fr.pdf](https://ec.europa.eu/environment/water/water-urbanwaste/info/pdf/waterguide_fr.pdf)

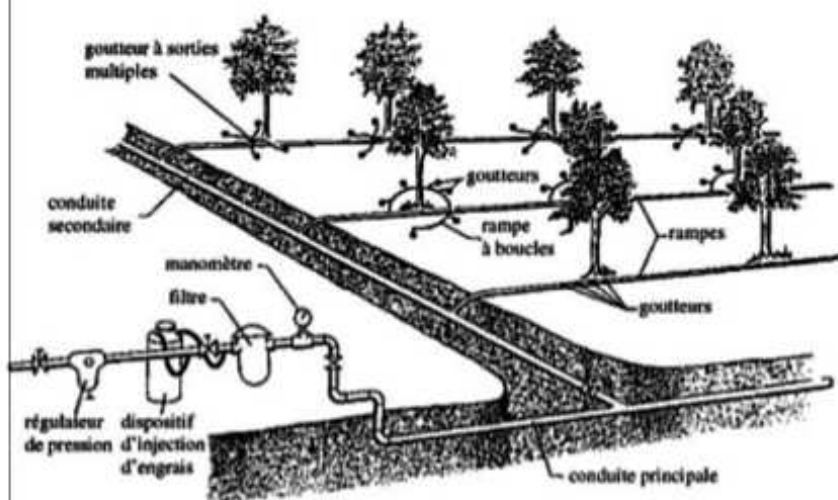
<sup>2</sup> Informations détaillées reprises sur [https://ec.europa.eu/environment/water/water-urbanwaste/info/pdf/waterguide\\_fr.pdf](https://ec.europa.eu/environment/water/water-urbanwaste/info/pdf/waterguide_fr.pdf)



## RÉUTILISATION DES EAUX USÉES TRAITÉES (REUT) EN MÉDITERRANÉE

### LES ÉQUIPEMENTS D'IRRIGATION

Il convient également de noter que durant la phase I du projet, entre 1990 et 1993 trois systèmes d'irrigation ont été testés sur le périmètre irrigué de 10 ha de l'expérimentation : gravitaire, localisé et par aspersion. D'après les résultats, **l'irrigation par aspersion ou goutte-à-goutte** peut être appliquée à condition d'installer un système à double filtration (**filtre à sable** suivi d'un **filtre à tamis** pour éviter le colmatage des metteurs par les algues).



Source : Soultter, 2007



## RÉUTILISATION DES EAUX USÉES TRAITÉES (REUT) EN MÉDITERRANÉE

### EXPÉRIENCE REUT N°10 : la ceinture verte autour d'Ouarzazate, au Maroc

#### CONTEXTE SECTORIEL : Ouarzazate

Réglementation eau dans le pays :

**précisée (stricte)** / non précisée (non-stricte)

Stress hydrique : faible – moyen – élevé

Nombre d'habitants :

439 072 en 1994 et environ 700 000 en 2019

Objectif principal de l'expérience :

projet de conservation de la biodiversité et de développement communautaire local.

#### DONNÉES CLÉS

**Technologie choisie pour la REUT :**

- STEP par lagunage naturel.

**Coût du projet :**

- 50,7 millions DH (+/- 525731,94 euros) dont la phase II du projet a coûté 16,75 M DH (+/- 1543741,16 euros).

**Résultats obtenus :**

- Ceinture verte : 402ha de superficie réalisée en 2018.
- Les EUT de la STEP voisine pour irriguer la ceinture verte.

**Partenaires du projet :**

- **33%** : Haut-Commissariat aux Eaux et Forêts et à la Lutte Contre la Désertification (HCEFLCD) ;
- **20%** : Province de Ouarzazate (DGCL) ;
- **20%** : Conseil Régional SMD ;
- **10%** : Conseil Municipal d'Ouarzazate ;
- **10%** : Conseil Provincial d'Ouarzazate ;
- **6%** : Promotion Nationale ;
- Fondation Mohamed VI pour la Protection de l'Environnement.

**Bailleurs de fonds principaux pour la phase II du projet (explication ci-dessous):**

- HCEFLCD : 5 M DH (460818,26 euros)
- Korea Forest Service : 4,75 M DH (437777,34 euros)



Source : Google Images



## RÉUTILISATION DES EAUX USÉES TRAITÉES (REUT) EN MÉDITERRANÉE

### CONTEXTES

#### Environnemental – ressources en eau

- À l'instar de plusieurs provinces marocaines, Ouarzazate se caractérise par un climat saharien désertique -avec un taux de précipitations annuelles en deçà de 150 mm. Dans cette ville, les écarts de température sont fréquents et l'évaporation est forte (environ 2800 mm/an), tout comme les périodes de sécheresse sont récurrentes avec des conséquences parfois très lourdes. À titre d'exemple, la sécheresse de 1974 a entraîné une perte d'environ 780 pieds de palmiers dattiers, une diminution des revenus de la population et dès lors une migration massive vers le Nord du pays.
- En ce qui concerne les ressources en eau renouvelables au Maroc, selon les prévisions nationales et internationales, le processus de raréfaction des ressources en eau est éminent au Maroc avec un net déficit des écoulements des cours d'eau observé durant les trois dernières décennies : le volume des eaux collectées est amené à baisser de 9,7% d'ici 2050.  
→ L'aridité climatique accompagnée d'une réquisition importante des ressources en eau engendrent une pression considérable sur les bassins hydrauliques.
- Selon les prévisions nationales et internationales, le processus de raréfaction des ressources en eau est éminent au Maroc avec un net déficit des écoulements des cours d'eau observé durant les trois dernières décennies : le volume des eaux collectées est amené à baisser de 9,7% d'ici 2050.
- Dès lors, ville d'Ouarzazate est face à un triple défi : une ressource en eau de plus en plus rare, une augmentation rapide des besoins et une modification de la qualité de ses eaux liée à des problèmes de salinisation du sol.

#### Socio-économique

- En quelques mots, par son poids démographique, ses centres d'activités ainsi que par son pôle touristique et administratif considérables, Ouarzazate est l'une des villes les plus convoitées au Maroc.  
→ Consciente de ces réalités environnementales, de sa position économique et des risques naturels auxquels la ville est confrontée (climatiques, géologiques et biologiques), « des mesures sont prises pour réduire l'impact et l'ampleur de ces risques, dont la gestion doit s'appuyer sur des plans de prévention et d'un schéma directeur de risques »).

<https://halshs.archives-ouvertes.fr/halshs-01721600/document>





## RÉUTILISATION DES EAUX USÉES TRAITÉES (REUT) EN MÉDITERRANÉE

### OBJECTIFS POURSUIVIS DU PROJET

<p><b>Objectif général de l'expérience</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Projet de conservation de la biodiversité et de développement communautaire local.</li> </ul>
<p><b>Objectif(s) spécifique(s) de l'expérience :</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Protéger la ville contre les vents forts du chergui (vent chaud venant du Sahara).</li> <li>• Protéger la ville contre la désertification et la pollution.</li> <li>• Créer un espace récréatif autour de Ouarzazate.</li> <li>• Réutiliser des eaux usées traitées pour l'irrigation de la ceinture verte.</li> <li>• Sensibiliser la population à la protection de l'environnement.</li> <li>• Réduire l'érosion des sols.</li> </ul>

### RÉSULTATS

**Résultats obtenus à la suite de l'expérience et activités mises en œuvre pour y arriver**

- **UNE GARANTIE DE MISE EN ROUTE DE L'EXPÉRIENCE ET DE SON MAINTIEN**

**Résultat :** un ensemble d'acteurs de différents domaines ont permis la mise en place du projet et sa pérennité.

**Activité mise en œuvre pour y arriver :** la mise en place **d'une bonne gouvernance** entre les différents acteurs publics et privés a permis la mise en place et le maintien du projet de réutilisation, avec un rôle spécifique pour chaque acteur : tableaux des acteurs impliqués et leur rôle dans le projet de REUT de la ceinture verte d'Ouarzazate par phase.

**D'abord :**



## RÉUTILISATION DES EAUX USÉES TRAITÉES (REUT) EN MÉDITERRANÉE

**Mémoire d'Entente signé en 2011, entre le PNUE,  
le Service Forestier de la Corée du Sud (KFS) et le  
Secrétariat de la CNULCD**



**Projet de Conservation de la biodiversité et  
développement communautaire local par la création  
d'une zone verte autour de la ville de Ouarzazate**

Source: Mohammed DAOUDI

Ensuite :

### MONTAGE ET PARTENARIAT



**Conseil et appui technique**



**Bailleur de fonds**



**Domiciliation, gestion de fonds et appui  
technique**



**Fourniture de plants, plantation, encadrement  
technique et coordination du projet avec  
l'ensemble des partenaires**

### FORMALISATION DU CADRE DE PARTENARIAT

- **Convention entre le PNUE et l'Association Targa-Aide**
- **Convention entre le HCEFLCD et l'Association Targa-Aide**

Source: Mohammed DAOUDI

- **UNE SURFACE DE 402 HA IRRIGUÉE AVEC DES EAUX USÉES TRAITÉES EN 2018**

**Résultat :** une ceinture verte avec un système d'irrigation goutte-à-goutte : valorisation de la réutilisation des eaux usées traitées pour combler le déficit en eau d'irrigation sur la superficie réalisée pour le projet et s'étalant sur environ **402 ha en 2018**.

**Activités mises en œuvre pour y arriver :** l'aboutissement et la réalisation du projet ont été assurés par sa répartition en deux phases distinctes :



## RÉUTILISATION DES EAUX USÉES TRAITÉES (REUT) EN MÉDITERRANÉE

- phase I: installation des équipements nécessaires pour mener à bien le projet (entre autres un système d'irrigation, des panneaux photovoltaïques, trois unités de pompage, une station météorologique et une plantation de 178ha : consulter la section « étapes de la réalisation du projet » plus bas;
- phase II (2015-2018) : plantation d'espaces verts sur 233ha et utilisation des eaux usées traitées à la STEP et le pompage solaire pour l'irrigation de cet espace).

### • UNE STATION D'ÉPURATION FONCTIONNELLE

**Résultat :** 4656 de mètres cube traités par jour à la STEP sont acheminées vers un bassin de stockage, dont 2788 mètres cube pour l'irrigation de la ceinture verte (402ha en 2018). Les 1868 mètres cube restants d'eaux usées traitées à la STEP sont utilisées à des fins d'irrigation agricole (périmètre d'ANATIM).

**Activité mise en œuvre pour y arriver :** la station d'épuration par lagunage naturel a été construite entre 2003 et 2005 de manière à pouvoir traiter les eaux usées d'Ouarzazate (consulter la section « technologies choisies » plus bas).

### • UN MODÈLE DE GESTION RATIONNELLE TRADUISANT LE SUCCÈS DE L'EXPÉRIENCE

**Résultat :** la mise en place d'un système de télégestion permet la surveillance et le maintien du projet et dès lors la bonne santé de la ceinture verte.

**Activités mises en œuvre pour y parvenir :**



Sur le terrain, le maintien et la surveillance du projet se fait via l'implantation du système de télégestion et d'une station météorologique au niveau du périmètre ANATIM.



## RÉUTILISATION DES EAUX USÉES TRAITÉES (REUT) EN MÉDITERRANÉE

### TECHNOLOGIE DE LA STEP D'OUARZAZATE

#### TRAITEMENT DES EAUX USÉES PAR LAGUNAGE À LA STEP DE OUARZAZATE

**Données clés sur la STEP :**

type : lagunage naturel avec quatre bassins anaérobies et huit bassins facultatifs ;

capacité : 134 000 éq.habitants ;

superficie : 40 ha ;

coût : 38M de Dirhams (3502218,75 euros).

« Dans une station d'épuration par lagunage, les micro-organismes nécessaires à l'élimination de la pollution sont mis en suspension dans l'eau, en plus faible concentration. Les eaux usées s'écoulent alors dans des bassins successifs (les « lagunes ») où elles séjournent en condition aérée pendant au moins dix jours.

L'oxygène nécessaire à cette **dépollution aérobie** est fourni d'un côté par le contact du plan d'eau avec l'air atmosphérique, et d'autre part par la photosynthèse des algues. La dernière lagune dite « **lagune de finition** » est généralement plantée de végétation »<sup>2</sup>.

**Description du lagunage reprenant le rôle de chacun des bassins :**

« Un lagunage naturel est composé, le plus souvent, de plusieurs bassins étanches ou "lagunes à microphytes", fonctionnant en série.

**Nombre de lagunes :**

L'installation de trois lagunes est fréquente et permet d'assurer un bon niveau de fiabilité de fonctionnement pour l'élimination de la matière organique. Les performances les plus élevées, en ce qui concerne la désinfection, ne sont atteintes qu'avec une compartimentation plus grande (jusqu'à six lagunes en série).

**Le rôle respectif des différents bassins est le suivant :**

le premier permet, avant tout, l'abattement de la charge polluante carbonée ;

le second permet l'abattement de l'azote et du phosphore;

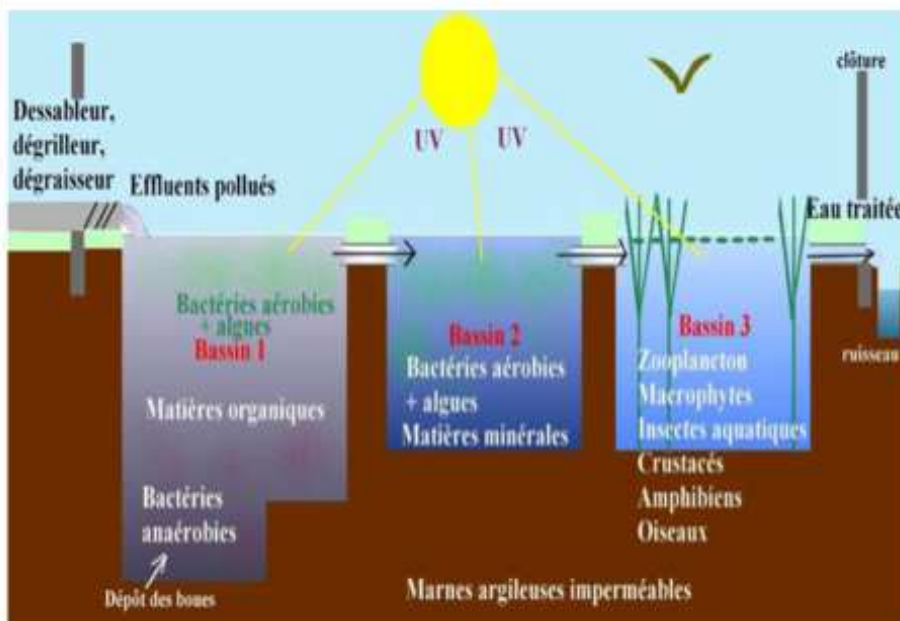
<sup>2</sup>Combinaison de description reprise sur <https://www.jpalle.be/epuration-par-lagunage/> et <https://www.slden.lu/Lagunages.550502> (sites consultés en mai 2020).



## RÉUTILISATION DES EAUX USÉES TRAITÉES (REUT) EN MÉDITERRANÉE

le troisième affine le traitement et fiabilise le système, en cas de dysfonctionnement d'un bassin amont ou lors d'une opération d'entretien »<sup>3</sup>.

L'**élément principal** du lagunage est le **soleil** puisqu'il permet la photosynthèse des algues et des plantes. Celles-ci nourrissent les bactéries anaérobies qui à leur tour dégradent les polluants.



Source : Google images

<sup>3</sup> Informations détaillées reprises chez [https://ec.europa.eu/environment/water/water-urbanwaste/info/pdf/waterguide\\_fr.pdf](https://ec.europa.eu/environment/water/water-urbanwaste/info/pdf/waterguide_fr.pdf)



## RÉUTILISATION DES EAUX USÉES TRAITÉES (REUT) EN MÉDITERRANÉE

### ÉTAPES DE LA RÉALISATION DU PROJET

#### 1<sup>er</sup> phase du projet :

1. **Installation du système d'irrigation** (réseaux hydrauliques d'irrigation goutte à goutte, bassin d'accumulation d'eau, locale d'équipement de pompage).



Source : Google images

2. **Installation des panneaux photovoltaïques.**
3. **Installation de 3 unités de pompage.**
4. **Installation d'une station météorologique au niveau du périmètre ANATIM** (Système de télémessure).



## RÉUTILISATION DES EAUX USÉES TRAITÉES (REUT) EN MÉDITERRANÉE



Source : pseau.org

### 5. Conception d'un système de commande/ télégestion au niveau du périmètre ANATIM.



Source : pseau.org

### 6. Plantation de 187 ha.

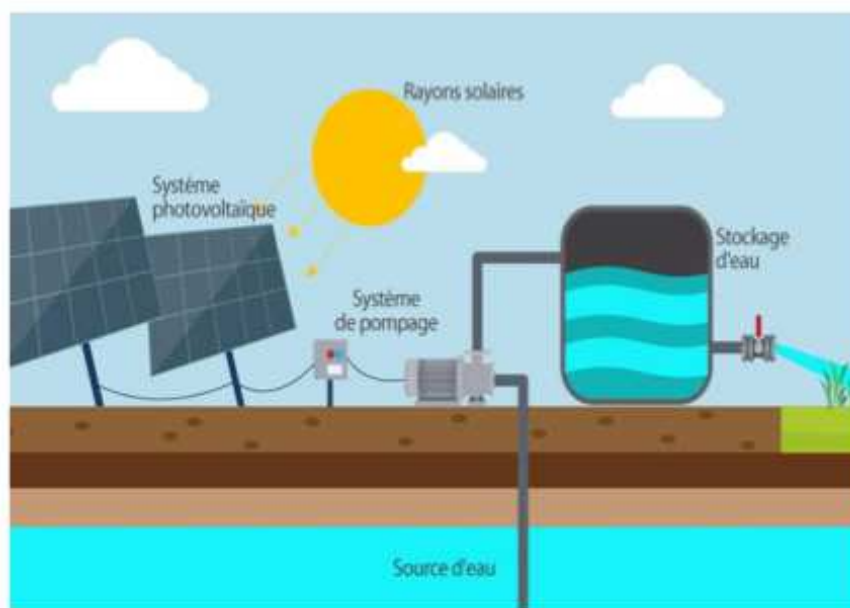
2e phase du projet :

#### 1. Plantation d'espaces verts sur 233ha.



## RÉUTILISATION DES EAUX USÉES TRAITÉES (REUT) EN MÉDITERRANÉE

2. Utilisation des **eaux usées traitées (disponibles dans un bassin de stockage à partir de la STEP d'Ouarzazate)** et le **pompage solaire** pour l'irrigation de cet espace).  
Importance de l'énergie solaire au Maroc : le gisement solaire de la ville d'Ouarzazate est l'un des plus remarquables à l'échelle mondiale avec un ensoleillement direct de **2635kWh/ an**. Illustration :





## RÉUTILISATION DES EAUX USÉES TRAITÉES (REUT) EN MÉDITERRANÉE

Les eaux usées sont de préférence **pré-épurées mécaniquement** (fosse septique ou fosse de décantation) avant leur entrée dans les étangs. Dans le cas du projet de la ceinture verte à Ouarzazate, les eaux usées sont prétraitées à l'aide des filtres à disques :



Source : pseau.org

**Pour aller plus loin** : partenaire principal du projet :

- Haut-Commissariat aux Eaux et Forêts et à la Lutte Contre la Désertification (HCEFLCD) : <http://www.eauxetforets.gov.ma/SitePages/Index.aspx>



## RÉUTILISATION DES EAUX USÉES TRAITÉES (REUT) EN MÉDITERRANÉE

### EXPÉRIENCE REUT N°11 : l'investissement de la région de Murcie dans la valorisation de la REUT en agriculture

#### CONTEXTE SECTORIEL : région de Murcie

Réglementation eau dans le pays :

**Précisée (stricte)** / non précisée (non-stricte)

Stress hydrique : faible – moyen – **élevé**

Nombre d'habitants :

1,488 million (2019)

Objectif principal de l'expérience :

Encourager la REUT pour l'irrigation.

#### DONNÉES CLÉS

Technologies choisies pour certaines STEP dans la région de Murcie :

- Boues activées
- Lagunage
- Ultrafiltration
- Osmose inverse

Coût total de l'investissement dans la REUT dans la région de Murcie relevé en 2017 :

- 635 M d'euros.

Résultats obtenus :

- Succès technique des installations REUT : 110 millions de mètres cube d'eaux usées traitées sont réutilisés chaque année, représentant 20% du taux national de REUT en Espagne.
- 40% de la région de Murcie irriguée avec des eaux usées traitées.

Ressources mobilisées (une partie) :

Acteurs impliqués : Communauté des irrigants du Arco Sur.

Bailleur de fond : la Commission européenne pour le cofinancement au titre du Fonds de cohésion à Molina De Segura s'élevant à 15 867 200 €, soit 80 % du coût total de la STEP (19 834 000 €.)



## RÉUTILISATION DES EAUX USÉES TRAITÉES (REUT) EN MÉDITERRANÉE

### CONTEXTE

#### Environnemental – ressources en eau

- L'Espagne est le pays le plus aride de l'Union européenne, avec des périodes régulières de sécheresse et d'aridité : 67% du territoire est touché par la désertification et le taux de précipitation annuel ne suffit pas à remplir totalement les bassins hydrographiques n'atteignant pas 60% de la capacité totale de leur réserve hydraulique. À côté de cette réalité environnementale, l'Espagne est l'un des pays possédant le plus grand nombre de barrages au monde, avec 1300 ouvrages, et c'est également un grand consommateur en eau (2700 mètres cube par habitant et par an en 2009).
- Un des problèmes liés à la gestion de l'eau en Espagne réside dans la concentration de la population dans les régions méridionales et côtières (littoral méditerranéen). Le stress hydrique, lié à la rareté de la ressource en eau et accentué par les changements climatiques, engendrent des conflits d'usage entre les régions. Selon certains experts, les précipitations pourraient passer de 34% à 22% entre 1994 et 2060.
- La surexploitation des eaux souterraines se fait considérablement ressentir dans les pays avec des conséquences ne passant pas inaperçues : ces prélèvements excessifs accentuent le phénomène de salinisation des eaux souterraines, impactant la qualité même de la ressource en eau servant à l'activité agricole, la rendant de ce fait parfois inadaptées aux normes de qualité requises par la directive-cadre sur l'eau (DCE).



## RÉUTILISATION DES EAUX USÉES TRAITÉES (REUT) EN MÉDITERRANÉE

### OBJECTIFS POURSUIVIS

<p><b>Objectif général de l'expérience</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Valoriser la REUT pour l'irrigation en agriculture.</li> </ul>
<p><b>Objectifs spécifiques de l'expérience :</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Soulager la pression sur les eaux souterraines.</li> <li>- Éviter les rejets dans le milieu naturel en valorisant la REUT et en investissant dans des usines de traitement tertiaire des eaux usées.</li> <li>- S'adapter aux changements climatiques et aux besoins en eau du pays.</li> </ul>

### RÉSULTATS

**Résultats obtenus à la suite de l'expérience et activités mises en œuvre pour y arriver**

- **UNE EXPÉRIENCE REUT OPÉRATIONNELLE DANS LA RÉGION DE MURCIE**

**Résultats :** RÉSULTAT : en 2017, le volume d'eau recyclée dans la région de Murcie représentait environ **20% du volume** d'eau usée traitée réutilisée sur le territoire → un ensemble de projets REUT opérationnels, avec une garantie de mise en route, de maintien et une eau réutilisée de qualité pour l'agriculture dans différentes villes de la région de Murcie grâce à différentes activités.

**Activités mises en œuvre pour y arriver :**

- **investissements dans la REUT et maintien de ces investissements** : tous les citoyens financent les coûts d'exploitation (40 M€/an) avec une taxe spéciale payée sur la facture d'eau ;
- **gouvernance autour des projets REUT** : le système (installations, fiscalité, etc.) est géré par une seule entité administrative, non dépendante de chaque municipalité. Mais une forte implication des municipalités, des irrigants et des résidents a été nécessaire ;
- Le traitement accordé aux eaux usées est tertiaire, de sorte que l'eau régénérée est pré-potable ;



## RÉUTILISATION DES EAUX USÉES TRAITÉES (REUT) EN MÉDITERRANÉE

- **valorisation de l'environnement et de l'agriculture via la REUT** : l'eau recyclée est attribuée aux utilisations de l'irrigation et du milieu naturel (en traitant les eaux usées traitées avant de les rejeter dans les cours d'eau dont les flux de rivières et zones humides).
- **UN INVESTISSEMENT DANS LA REUT AYANT PORTÉ SES FRUITS DANS L'IRRIGATION**

**Résultats** : en 2019, le taux de réutilisation des eaux usées de l'Espagne était un des plus élevés du monde, avec environ 16% de ses eaux usées recyclées. Dans la région de Murcie, 40% de la production est irriguée avec des eaux usées traitées (capacité de traitement tertiaire pour la plupart des usines) : 110 millions de mètres cube d'eaux usées traitées sont réutilisés chaque année, représentant 20% du taux national de REUT en Espagne.

**Activité mise en œuvre pour y arriver** : la province de Murcie possède environ 100 installations REUT (une installation = une STEP + traitement tertiaire + réseau + usage(s)) pour un investissement de 635 M d'euros (chiffre de 2017), avec la moitié d'entre elles représentant des petites installations conçues pour atteindre toute la population régionale. Parmi ces installations, Molina de Segura dispose actuellement de deux stations d'épuration (1<sup>e</sup> par lagunage et 2<sup>e</sup> de type normal), tout comme il existe une station de régénération de la UTER (usine de traitement des eaux résiduaires) du Mar Menor, également dans la région de Murcie (plus de détails dans la section « technologies choisies pour la REUT » plus bas).



ARBRES FRUITIERS ET LÉGUMES IRRIGUÉS AVEC DES EUT DANS LA RÉGION DE MURCIE  
Source : ECOFILAE

**Pour aller plus loin dans la prise de connaissance des STEP's en Espagne :**

**INVENTAIRE DES STATIONS D'ÉPURATION DES EAUX USÉES DANS LES  
AGGLOMÉRATIONS CÔTIÈRES MÉDITERRANÉENNES  
DE PLUS DE 2000 HABITANTS (2010), Plan d'Action pour la Méditerranée**

Réunion des Points focaux du MED POL Rhodes (Grèce), 25-27 mai 2011



## RÉUTILISATION DES EAUX USÉES TRAITÉES (REUT) EN MÉDITERRANÉE

### EXEMPLES DE TECHNOLOGIES CHOISIES POUR LA REUT DANS LA RÉGION DE MURCIE

#### TRAITEMENT À LA 1<sup>e</sup> STEP MOLINA DE SEGURA : LAGUNAGE

« Dans une station d'épuration par lagunage, les micro-organismes nécessaires à l'élimination de la pollution sont mis en suspension dans l'eau, en plus faible concentration. Les eaux usées s'écoulent alors dans des bassins successifs (les « **lagunes** ») où elles séjournent en condition aérée pendant au moins dix jours.

L'oxygène nécessaire à cette **dépollution aérobie** est fourni d'un côté par le contact du plan d'eau avec l'air atmosphérique, et d'autre part par la photosynthèse des algues. La dernière lagune dite « **lagune de finition** » est généralement plantée de végétation »).

#### Description du lagunage reprenant le rôle de chacun des bassins :

« Un lagunage naturel est composé, le plus souvent, de plusieurs bassins étanches ou "lagunes à microphytes", fonctionnant en série.

#### Nombre de lagunes :

L'installation de trois lagunes est fréquente et permet d'assurer un bon niveau de fiabilité de fonctionnement pour l'élimination de la matière organique. Les performances les plus élevées, en ce qui concerne la désinfection, ne sont atteintes qu'avec une compartimentation plus grande (jusqu'à six lagunes en série).

#### Le rôle respectif des différents bassins est le suivant :

le premier permet, avant tout, l'abattement de la charge polluante carbonée ;  
 le second permet l'abattement de l'azote et du phosphore ;  
 le troisième affine le traitement et fiabilise le système, en cas de dysfonctionnement d'un bassin amont ou lors d'une opération d'entretien »).

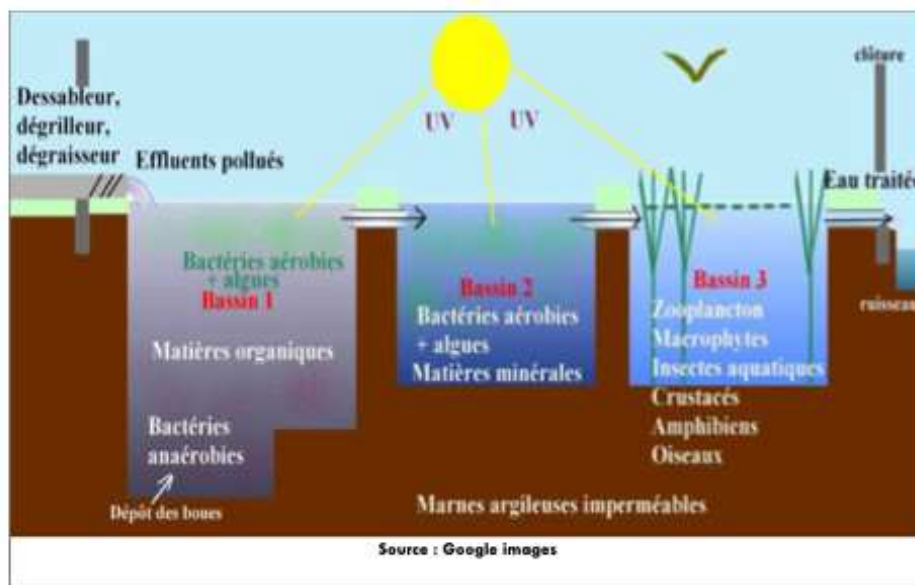
L'**élément principal** du lagunage est le **soleil** puisqu'il permet la photosynthèse des algues et des plantes. Celles-ci nourrissent les bactéries anaérobies qui à leur tour dégradent les polluants.

<sup>1</sup> Combinaison de description reprise sur <https://www.jpalle.be/epuration-par-lagunage/> et <https://www.siden.lu/Lagunages-550502> (sites consultés en mai 2020).

<sup>2</sup> Informations détaillées reprises chez [https://ec.europa.eu/environment/water/water-urbanwaste/info/pdf/waterguide\\_fr.pdf](https://ec.europa.eu/environment/water/water-urbanwaste/info/pdf/waterguide_fr.pdf).



## RÉUTILISATION DES EAUX USÉES TRAITÉES (REUT) EN MÉDITERRANÉE



### TRAITEMENT À LA 2<sup>e</sup> STEP MOLINA DE SEGURA : BOUES ACTIVÉES

Via la **technique biologique d'épuration « boues activées »** des eaux usées s'opère l'élimination des molécules de phosphore, d'azote et de carbone présentes dans les eaux résiduaires

**Fonctionnement** : introduction de bactéries diverses dans ces eaux usées avec un apport artificiel d'oxygène. Cette oxygénation permet le bon fonctionnement de ces bactéries et la dégradation des matières.

→ Substances polluantes absorbées par ces bactéries et transformées en boues. Les boues riches en bactéries sont renvoyées vers le bassin d'aération (on parle de **décantation**).

Ensuite, le réacteur anaérobie permet de **stabiliser les boues** dans un souci de lutter contre les mauvaises odeurs (on parle de **digestion aérobie ou aération prolongée**). Ces boues générées lors du processus de traitement des eaux usées sont valorisées via un procédé de **séchage** prévu à la STEP leur permettant d'être éventuellement réutilisées comme combustible additionnel éco-compatible.

Il convient de noter que ces deux stations de Molina De Segura ont souffert du fait que les industries les plus polluantes déversent leurs eaux usées à Molina alors que ces STEP sont prévues pour traiter seulement les effluents urbains. Afin de traiter le problème, la Commission européenne a réagi :



## RÉUTILISATION DES EAUX USÉES TRAITÉES (REUT) EN MÉDITERRANÉE

« Réponse donnée par M. Barnier au nom de la Commission le 5 juillet 2001 :

La décision de la Commission du 7 mars 2001 relative à l'assainissement et l'épuration dans le bassin hydrographique de Segura concerne notamment la construction d'une nouvelle station d'épuration des eaux urbaines sur le territoire de la commune de Molina de Segura pour un coût total de 19 834 000 €. Le cofinancement au titre du Fonds de cohésion s'élève à 15 867 200 €, soit 80 %.

Cette nouvelle station apportera une solution aux problèmes évoqués par l'Honorable Parlementaire, notamment les déversements dans le fleuve Segura sans aucune épuration des eaux usées et l'amélioration des niveaux d'épurations actuels dans ladite commune. Elle devrait comprendre un traitement par des agents biologiques et tertiaires. Les recettes générées par les tarifs d'utilisation de la station d'épuration seront proportionnelles à la pollution causée par les utilisateurs, notamment les entreprises concernées de la région ».

À ce stade, n'ayant pas obtenu de des informations pertinentes concernant la construction de la nouvelle STEP, la suite de cette décision est à suivre.

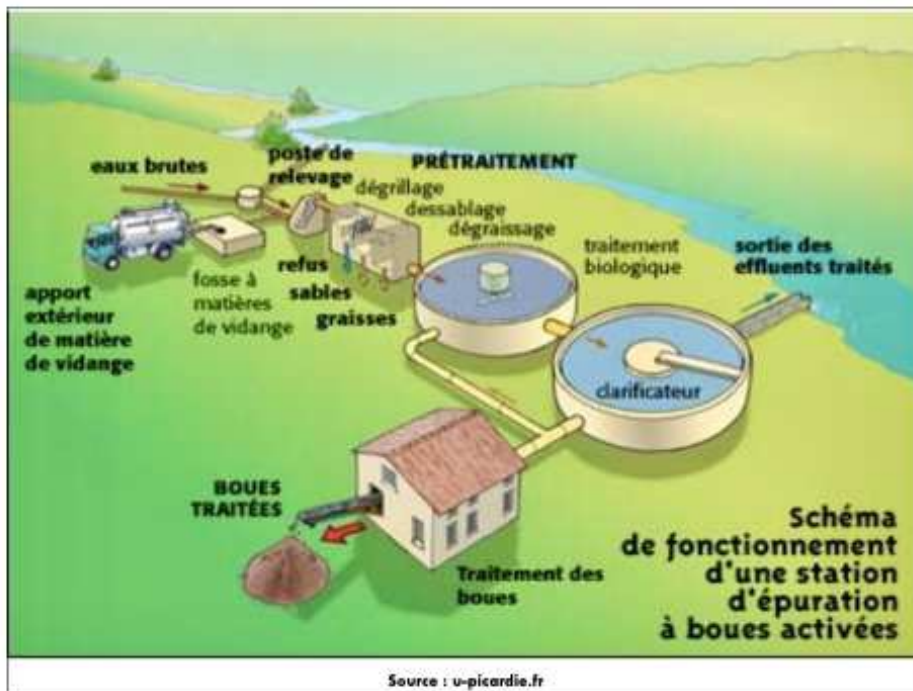


3 <https://www.europarl.europa.eu/sides/getAllAnswers.do?reference=E.2001-1309&language=FR> (site consulté en juin 2020)





RÉUTILISATION DES EAUX USÉES TRAITÉES (REUT) EN MÉDITERRANÉE



## RÉUTILISATION DES EAUX USÉES TRAITÉES (REUT) EN MÉDITERRANÉE

### TRAITEMENT À LA STATION DE RÉGÉNÉRATION DE LA UTER<sup>4</sup> DU MAR MENOR<sup>5</sup>

## Station de régénération de la UTER du Mar Menor (Murcie, Espagne)

Le système améliore la qualité de l'eau provenant de la station d'épuration principale et permet de récupérer 2,5 hectomètres cubes d'eau d'irrigation dans la région du Mar Menor, dans la province de Murcie.

Adjudé	Juillet 2005
Client	Communauté des irrigants du Arco Sur
Emplacement	Cabo de Palos, (Murcie)
Traitement	Ultrafiltration y osmose inverse
Débit théorique	7 000 m <sup>3</sup> /jour
Investissement	3,1 ME (équipements)
Type de contrat	EPC + O&M
Situation actuelle	En exploitation



Source : fedagua

Les procédés par membrane (à l'instar de l'ultrafiltration et de l'osmose inverse) font partie de solutions prometteuses conduisant à une qualité d'eau en symbiose avec les normes exigeantes liées à la REUT.

<sup>4</sup>UTER : usine de traitement des eaux résiduaires.

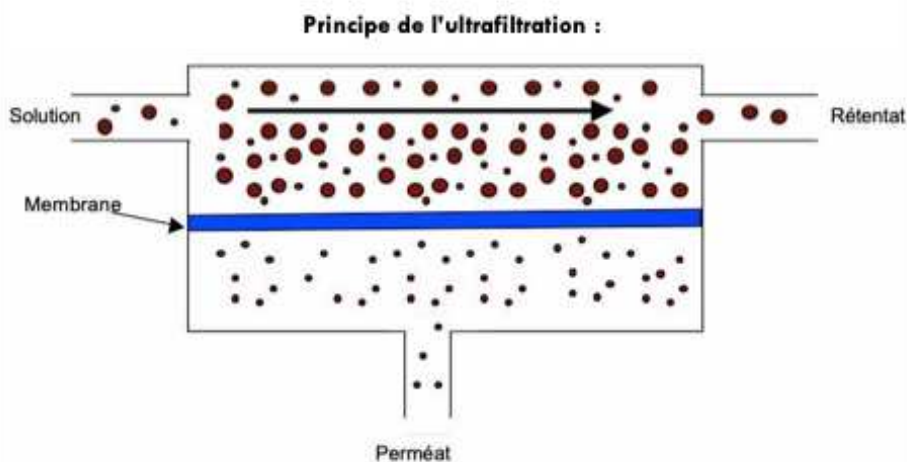
<sup>5</sup>



## RÉUTILISATION DES EAUX USÉES TRAITÉES (REUT) EN MÉDITERRANÉE

- **ULTRAFILTRATION** utilisée dans cette station :

Durant ce procédé membranaire, on fait recours à des membranes microporeuses dont le diamètre des pores est compris entre 1 et 100 nm. Ces membranes laissent passer les petites molécules légères (eau, sels) et retiennent les molécules à haut poids moléculaire (polymères, protéines, les colloïdes).



Source : Jean- Marc Berland et Catherine Juery, « Les procédés membranaires pour le traitement de l'eau », Office International de l'Eau SMIDE, décembre 2002, p. 10



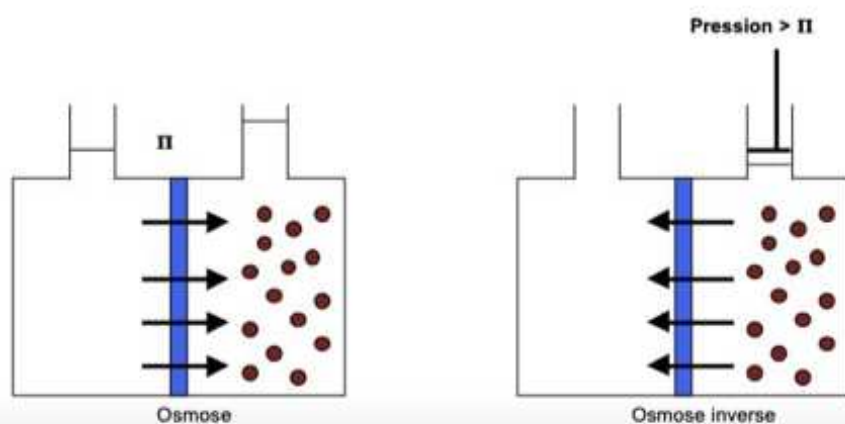
## RÉUTILISATION DES EAUX USÉES TRAITÉES (REUT) EN MÉDITERRANÉE

- **OSMOSE INVERSE** utilisée dans cette station :

Durant ce procédé membranaire a lieu une purification de l'eau via un système de filtrage très fin ne laissant passer que les molécules de l'eau : on fait recours à des membranes denses arrêtant tous les sels.

Cette technique est utilisée notamment pour la production d'eau ultra pure.

### Principe de l'osmose inverse :



Source : Jean- Marc Berland et Catherine Juery, « Les procédés membranaires pour le traitement de l'eau », Office International de l'Eau SNIDE, décembre 2002, p. 8

### Pour aller plus loin dans les procédés membranaires :

- Jean- Marc Berland et Catherine Juery, « Les procédés membranaires pour le traitement de l'eau », Office International de l'Eau SNIDE, décembre 2002.



## RÉUTILISATION DES EAUX USÉES TRAITÉES (REUT) EN MÉDITERRANÉE

### EXPÉRIENCE REUT N°12 : cas de réutilisation agricole des eaux usées de la sucrerie Bourdon près de CLERMONT-FERRAND

**N.B.** : l'intérêt pour cette expérience réside notamment dans sa mise en place par un groupement d'agriculteurs, étant les usagers du projet.

#### CONTEXTE SECTORIEL : Clermont Ferrand

Réglementation eau dans le pays :

Précisée (stricte) / non précisée (non-stricte)

Stress hydrique : faible – moyen – élevé

Nombre d'habitants :

141 398 (recensement de 2015)

Objectif principal de l'expérience :

Développer l'irrigation pour sécuriser les cultures.

#### DONNÉES CLÉS

##### Technologie choisie :

- Boues activées ;
- Lagunage de finition.

##### Coûts total du projet :

- STEP : 30 M d'euros ;
- Périmètre irrigué : 5,3 M d'euros (1800 euros/ha).

##### Résultats obtenus :

- Mise en place et **maintien** du projet grâce à une bonne gouvernance et motivation entre les partenaires.
- 700 ha de maïs irrigués avec des EUT (eaux usées traitées).

##### Ressources mobilisées :

Acteurs impliqués : l'ASA de Limagne + un comité de pilotage.

Bailleurs de fond :

**STEP** : Communauté de Clermont-Ferrand + subventions ;

**Périmètre irrigué** : 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 €/m<sup>3</sup>.



Source : Google Earth



Et  
C

## RÉUTILISATION DES EAUX USÉES TRAITÉES (REUT) EN MÉDITERRANÉE

### CONTEXTES

#### Environnemental – ressources en eau

- Sur 50 ans, la plaine de la Limagne Noire a connu une pluviométrie moyenne de 579 mm/an avec en été seuls quelques orages pour arroser. De plus, les cours d'eau y sont rares et directement reliés à la nappe avec un faible débit d'étiage (pas de ressource souterraine suffisamment productive). Il y a également le poids du coût important pour solliciter un pompage de surface dans l'Allier à plus de vingt km des champs (trop coûteux car trop éloigné). Avant la réalisation du projet REUT en 1996, quatre agriculteurs pompaient dans un cours d'eau "Le Bedat" pour irriguer une centaine d'hectares à partir de canalisations aériennes, ne permettant qu'à quelques parcelles à proximité du cours d'eau d'être irriguées. S'en suivirent quelques années de sécheresse compromettant des contrats de maïs semence et affectant considérablement les rendements des autres productions dont la betterave sucrière.
- Dès lors, bien que d'un point de vue général, la France semble avoir toujours eu assez de ressources en eau pour subvenir à ses besoins, cette plaine et ses habitants ont vécu dans un contexte de manque local d'eau pour l'irrigation : c'est dans ce contexte et hors cadre réglementaire que les agriculteurs ont lancé le projet REUT suivant en 1989.

### OBJECTIFS POURSUIVIS

<p><b>Objectif général de l'expérience</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Développer l'irrigation pour sécuriser les contrats (maïs et betteraves) et les rendements des autres cultures.</li> </ul>
<p><b>Objectifs spécifiques de l'expérience :</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Une eau moins chère que celle issue du milieu naturel pour l'ensemble des acteurs.</li> <li>- Concevoir un traitement tertiaire à ces effluents pour les rendre aptes à l'irrigation.</li> <li>- Dépolluer les effluents industriels provenant de la sucrerie située à proximité de la STEP.</li> </ul>



## RÉUTILISATION DES EAUX USÉES TRAITÉES (REUT) EN MÉDITERRANÉE

### RÉSULTATS

**Résultats obtenus à la suite de l'expérience et activités mises en œuvre pour y arriver**

#### • UNE GARANTIE DE MISE EN ROUTE DE L'EXPÉRIENCE ET DE SON MAINTIEN

**Résultat :** montage institutionnel du projet REUT parfaitement opérationnel en dépit de la multiplicité des intervenants.

**Activité mise en œuvre pour y arriver :** c'est la volonté particulière d'un groupement d'intérêt assez motivé et dès lors la mise en place **d'une bonne gouvernance** entre les différents acteurs publics et privés qui ont permis le maintien du projet de réutilisation, avec un rôle spécifique pour chaque acteur :

- Le porteur du projet et propriétaire des infrastructures (pompage et réseaux) est un Groupement agricole, l'ASA<sup>1</sup> de Limagne qui est également le lien entre la sucrerie, la STEP et les agriculteurs ; L'ASA compte 50 adhérents pour une surface irriguée de 700 ha.
- Un comité de pilotage a été mis en place pour assurer la coordination entre épuration et irrigation et est composé de la DDASS, la DDAF, la DRIRE, l'OBRESA, la sucrerie Bourdon, l'ASA de Limagne et Clermont Communauté.

Localisation géographique du site de REUT de l'ASA de Limagne Noire et des acteurs principaux du projet :



Source : ONEMA (Office national de l'eau et des milieux aquatiques)

<sup>1</sup> l'Association Syndicale Autorisée (ASA) de la Limagne Noire près de Clermont Ferrand (Puy de Dôme). Une ASA est une forme juridique de réseau collectif d'irrigation autogéré.



## RÉUTILISATION DES EAUX USÉES TRAITÉES (REUT) EN MÉDITERRANÉE

### • SUCCÈS TECHNIQUE DU PROJET

**Résultat** : bonne maîtrise technique de l'épuration tertiaire au long des années d'expérience.

**Activités mise en œuvre pour y arriver** :

- La participation active des acteurs peut expliquer le **succès d'une innovation et dans ce cas ce projet reste le reflet d'une bonne analyse technique des opportunités existantes** :
  - 1) Avant le lancement du projet en 1995, une partie des **agriculteurs** concernés par l'irrigation de leurs terres et coopérateurs dans la sucrerie à côté de la STEP de Clermont Ferrand avaient déjà un lien avec l'utilisation d'eau non conventionnelle : des **bassins de décantation** étaient prévus pour traiter les effluents industriels de la sucrerie avec un plan d'épandage fixant les conditions d'utilisation de ces eaux après transit dans ces bassins ;
  - 2) La société d'aménagement conceptrice du projet, la SOMIVAL a permis de pousser le traitement de ces eaux usées plus loin en concevant leur traitement tertiaire grâce à l'utilisation de ces bassins en guise de **lagune de maturation**.  
→ Afin de valider la faisabilité sanitaire du projet, une phase pilote a été prévue avant le lancement du projet (plus de détails dans « succès sanitaire du projet »).
  - 3) En aval de la station d'épuration par boues activées de Clermont Ferrand mise en service en 1999, un traitement tertiaire des eaux usées préalablement traités a été rendu possible par la mise en place d'une **lagune de finition** qui vient compléter le traitement de la station d'épuration → AVANTAGE : les lagunes de finition pré existaient dans un terrain adjacent à la STEP, et ont ensuite été mises à disposition de l'ASA par les sucreries Bourdon (consulter la section « technologies choisies » pour la **description exacte de la technique**).

### • SUCCÈS SANITAIRE DU PROJET :

**Résultat** : le projet REUT encouragé en 1989 a pu démarrer en 1995-1996 après une étude sérieuse du projet au préalable (résultats positifs d'un suivi épidémiologique effectué sur trois ans).

**Activité mise en œuvre pour y arriver** :

- Phase pilote prévue pour valider la faisabilité sanitaire du projet ; suivi des 15 000 personnes (surtout agriculteurs et saisonniers) vivant aux abords du site par l'OBRESA (Observatoire régional de la santé) entre 1996 et 1999. Les observations d'un réseau de médecins et de pharmaciens ont également été prises en compte.





## RÉUTILISATION DES EAUX USÉES TRAITÉES (REUT) EN MÉDITERRANÉE

### • RÉSULTATS ÉCONOMIQUES ENCOURAGEANTS

**Résultat :** ce projet a permis une réduction de 1,66 € par mètre cube d'EUT tout en offrant aux agriculteurs une eau apte à l'irrigation moins chère que les ressources en eau conventionnelles.

**Activité mise en œuvre pour y arriver :** le maintien du projet a été assuré par une répartition des investissements de manière à aboutir à des retours sur ces investissements :

- l'ASA fonctionnant à l'équilibre budgétaire, elle répartit ses charges sur les agriculteurs → les agriculteurs payent une redevance eau entre 0,2 et 0,3€ par mètre cube d'eau réutilisée, permettant ainsi de compenser les charges annuelles de fonctionnement du réseau et les prêts de l'ASA sur les investissements ;
- la sucrerie prend en charge une partie des coûts d'entretien et d'énergie (18%), au prorata des volumes épandus dans l'ensemble des volumes transitant dans le réseau (volumes épandus de la sucrerie et prélèvements à la STEP). Les études annuelles d'élaboration du plan d'épandage sur les parcelles agricoles (10 000 €/an) sont également pris en charge par la sucrerie.

### • UN PROJET « RÉFÉRENCE » DE REUT EN FRANCE

**Résultats :**

- le projet a abouti avec 700 ha de maïs et de betteraves sucrières irrigués avec des eaux usées traitées → De 2000 à 2012, les volumes irrigués à partir des eaux traitées par l'ASA ont été en moyenne de 1,1 millions de mètres cube par an sur une période de mai à septembre sur ces 700 ha irrigués. Ils ont atteint 2,4 millions de mètres cube en 2003 ;
- la REUT a été bien acceptée puisque encouragée par les agriculteurs eux-mêmes ;
- le périmètre irrigué a permis de maintenir 60 emplois agricoles.

**Activités mise en œuvre pour y arriver :**

- un traitement tertiaire des EUT en sortie de station d'épuration de Clermont-Ferrand est réalisé grâce à un mode de partage des lagunes entre les agriculteurs et la sucrerie (bien que ce partage ne permet pas toujours de répondre aux besoins surtout en cas de périodes sèches) ;
- un système d'irrigation par aspersion a été installé pour irriguer le périmètre avec les eaux usées traitées ;
- environ 0,8 millions de mètres cubes des EUT sont réservés à la valorisation agricole chaque année → le débit prélevé pour l'irrigation est inférieur à 10% des rejets de la STEP en été destinés à maintenir les débits environnementaux notamment de l'Allier et de son affluent l'Artière.



## RÉUTILISATION DES EAUX USÉES TRAITÉES (REUT) EN MÉDITERRANÉE

### DÉTAILS DES TECHNOLOGIES CHOISIES POUR LE PROJET REUT

#### TRAITEMENT À LA STEP DE CLERMONT-FERRAND : BOUES ACTIVÉES

**Données clés sur la STEP :**

type : boues activées aération prolongée + traitement N et P ;

capacité : 425 000 éq.habitants ;

exploitant : Veolia ;

coût : 30 millions d'euros ;

année de mise en service : 1999

Via la **technique biologique d'épuration « boues activées »** des eaux usées s'opère l'élimination des molécules de phosphore, d'azote et de carbone présentes dans les eaux résiduaire

**Fonctionnement** : introduction de bactéries diverses dans ces eaux usées avec un apport artificiel d'oxygène. Cette oxygénation permet le bon fonctionnement de ces bactéries et la dégradation des matières.

→ Substances polluantes absorbées par ces bactéries et transformées en boues. Les boues riches en bactéries sont renvoyées vers le bassin d'**aération** (on parle de **décantation**).

Ensuite, le réacteur anaérobie permet de **stabiliser les boues** dans un souci de lutter contre les mauvaises odeurs (on parle de **digestion aérobie ou aération prolongée**). Ces boues générées lors du processus de traitement des eaux usées sont valorisées via un procédé de **séchage** prévu à la STEP leur permettant d'être éventuellement réutilisées comme combustible additionnel éco-compatible.



## RÉUTILISATION DES EAUX USÉES TRAITÉES (REUT) EN MÉDITERRANÉE



Source : Google Images

### 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	Groupement 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"> <li>• subvention de 65,4% (Financement européen LIFE, Etat – Minagri-, Département 63, Agence de l'eau)</li> <li>• 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)</li> </ul>

Source : ECOFILAE



## RÉUTILISATION DES EAUX USÉES TRAITÉES (REUT) EN MÉDITERRANÉE

### TRAITEMENT TERTIAIRE VIA LA LAGUNE DE FINITION

En France, en aval de la station de Clermont Ferrand, un lagunage de finition vient en séquence après une station boues activées. Après leur traitement à la station d'épuration municipale de Clermont-Ferrand, les eaux usées traitées subissent un lagunage final avant leur pompage vers les zones d'irrigation (système d'irrigation par aspersion) → AVANTAGE : les lagunes de finition pré existaient dans un terrain adjacent à la STEP, et ont été mises à disposition de l'ASA par les sucreries Bourdon.

#### Récapitulatif des étapes pour aboutir à ce traitement tertiaire :

- 1) **Premier lien "historique" entre les agriculteurs et l'utilisation d'eau non conventionnelle** : avant la mise en place du projet-même, il existait des bassins de décantation pour dépolluer les effluents industriels de la sucrerie et qui fonctionnaient durant la phase de production de sucre de l'usine.
- 2) **Conception du traitement tertiaire pour rendre les EUT 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 → 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.



## RÉUTILISATION DES EAUX USÉES TRAITÉES (REUT) EN MÉDITERRANÉE



↳ Sébastien Loubier (INRAE) et Rémi Declercq (Ecofilae), « Analyses coûts-bénéfices sur la mise en œuvre de projets de réutilisation des eaux usées traitées (REUSE) - Application à trois cas d'études français », *Office national de l'eau et des milieux aquatiques (ONEMA)*, juin 2014, p.16



## RÉUTILISATION DES EAUX USÉES TRAITÉES (REUT) EN MÉDITERRANÉE

### EXPÉRIENCE REUT N°13 : l'irrigation du périmètre agricole de Henaya à partir de la STEP d'Aïn El-Houtz en Algérie

#### CONTEXTE SECTORIEL : Wilaya de TLEMCEN

Réglementation eau dans le pays :

Précisée (stricte) / non précisée (non-stricte)

Stress hydrique : faible – moyen – élevé

Nombre d'habitants :

949 132

Objectif principal de l'expérience :

Valorisation et sécurisation agricole via la REUT.

#### DONNÉES CLÉS

##### Technologie choisie :

- Boues activées à faible charge.

##### Résultats obtenus :

- 912 ha de cultures maraîchères irriguées avec des EUT (eaux usées traitées) ;
- Environ 30 millions de mètres cube d'EUT destinés quotidiennement à l'irrigation agricole.

##### Ressources mobilisées :

Acteurs impliqués et bailleurs de fond :

- Office National de l'Irrigation et du Drainage (ONID) ;
- Ministère des Ressources en eau, Ministère de l'Agriculture et du Développement rural pour la mise en service du périmètre ;
- Les fellahs (petits propriétaires agricoles).



Source : Google Images



## RÉUTILISATION DES EAUX USÉES TRAITÉES (REUT) EN MÉDITERRANÉE

### CONTEXTE

#### Environnemental – ressources en eau

- Environ 90% du territoire algérien est à prédominance aride, avec un indice de rareté des ressources de 490 mètres cube par habitant et par an, classant l'Algérie parmi les pays les plus pauvres en ressources hydriques d'après le seuil hydrique critique fixé par la Banque Mondiale à 1000 mètres cube par habitant/an.
- En Algérie, les ressources en eau sont limitées, vulnérables et inégalement réparties sur le territoire. En ce qui concerne les eaux souterraines, leur exploitation s'élevait d'après des chiffres datant de 2012 à environ 8,5 milliards de mètres cube par an, dont 2 milliards pour les régions du Nord et 6,5 milliards pour les régions sahariennes où les potentialités exploitables sont non-renouvelables, un chiffre révélant une surexploitation des eaux souterraines puisque des études de prospection ont évalué les ressources exploitables à 2,5 milliards de mètres cube par an pour préserver l'environnement<sup>1</sup>.
- Le volume d'eaux usées rejeté dans le milieu naturel serait passé de 750 millions de mètres cubes en 2009 à plus d'un milliard en 2020.

### OBJECTIFS POURSUIVIS

<p><b>Objectif général de l'expérience</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Valoriser et sécuriser l'activité agricole de la région en irriguant avec des eaux usées traitées.</li> </ul>
<p><b>Objectifs spécifiques de l'expérience :</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Une eau moins chère que celle issue du milieu naturel.</li> <li>- Assurer une suffisance en eau pour l'irrigation surtout en périodes de sécheresse.</li> </ul>

<sup>1</sup> Pour aller plus loin dans l'étude la gouvernance des eaux souterraines en Algérie : « Regional Consultation on the Groundwater Resources Governance in the Arab States region », Amman Jordan, October 2012.



## RÉUTILISATION DES EAUX USÉES TRAITÉES (REUT) EN MÉDITERRANÉE

### RÉSULTATS

#### Résultats obtenus à la suite de l'expérience et activités mises en œuvre pour y arriver

##### • UNE TRADITION DE CULTURES VALORISÉE ET CONSERVÉE VIA LA REUT

**Résultat :** périmètre de **912ha** à Henaya (Tlemcen) exploité depuis 2012 et irrigué avec des EUT → des cultures à haute rentabilité grâce à la disponibilité de l'eau → agrumes, arboricultures, légumes secs + cultures maraîchères → un investissement dans la REUT pour l'irrigation offrant d'une part la sécurité alimentaire pour une centaine d'habitants, et d'autres part alimentant le marché local et régional en matière de légumes et de fruits, profitant ainsi à d'autres personnes → Un projet au profit des agriculteurs dont une partie interrogée s'est prononcée satisfaite de la qualité de l'eau réutilisée.

##### Activités mise en œuvre pour y arriver :

- Devant le déficit hydrique accru connu par le pays, l'Office National de l'Irrigation et du Drainage (ONID) s'est lancé dans la réalisation et l'aménagement de deux périmètres dont celui de Hennaya dès 2009. Sous l'égide du ministère des ressources en eau et en collaboration avec l'Union européenne, l'ONID a pu organiser en 2018 un **séminaire sur la REUT** pour continuer à encourager l'irrigation en sensibilisant les agriculteurs.
- Le périmètre de HENAYA s'étendant sur une superficie de 912ha divisée en 28 exploitations agricoles collectives et individuelles est alimenté par les EUT de la STEP de Aïn El-Houtz (dans la wilaya de Tlemcen). Environ **30 000 mètres cube** d'eaux usées traitées à la STEP sont quotidiennement destinés à irriguer les plaines d'Henaya et Aïn Youssef dont la superficie totale est estimée à s'étendre entre 900 et 1000 ha.  
  
→ Après leur traitement à la STEP de Aïn El-Houtz, les EUT sont déversées dans un réservoir de 9 300 mètres cube avant d'être envoyées vers le périmètre d'Henaya via des canalisations de 14 000 mètres de long.
- La STEP a été conçue de manière à pouvoir lutter contre les **maladies à transmission hydrique (MTH)** et préserver l'environnement, tout en valorisant l'agriculture et la sécurité alimentaire en ayant à disposition des eaux moins coûteuses que les eaux conventionnelles surtout en périodes de sécheresse → Cette STEP est reliée aux **réseaux des eaux usées du groupement urbain de Tlemcen** (Chetouane, Tlemcen et





## RÉUTILISATION DES EAUX USÉES TRAITÉES (REUT) EN MÉDITERRANÉE

Mansourah) et **aux stations de relevage et de lagunage** équipées de bassins d'oxygénation et de sédimentation.

→ La STEP a ainsi été certifiée à la **norme internationale ISO 14001** → La certification ISO 14001 est une reconnaissance d'une bonne gestion dans le cadre de la maîtrise environnementale.

### DÉTAILS DES TECHNOLOGIES CHOISIES POUR LE PROJET REUT

#### TRAITEMENT À LA STEP DE AÏN EL-HOUTZ : BOUES ACTIVÉES À FAIBLE CHARGE

**Données clés sur la STEP de Aïn El-Houtz située dans la commune de Chetouane, dans la wilaya de Tlemcen :**

type : boues activées à faible charge ;

exploitant : réalisée en 33 mois par la société Hydro Traitement ;

capacité : traitement de 11 millions de mètres cube par an, STEP dimensionnée pour épurer les eaux usées d'origine domestiques et pluviales du Nord Est de Tlemcen ;

exploitant : réalisée en 33 mois par la société Hydro Traitement ;



## RÉUTILISATION DES EAUX USÉES TRAITÉES (REUT) EN MÉDITERRANÉE

Paramètres	Unité	Valeurs
type de réseau	Unitaire	/
Nature des eaux brutes	Domestiques	/
Population	EQ-HAB	150000
Débit journalier	m <sup>3</sup> /jour	30000
Débit de pointe horaire admis au traitement	m <sup>3</sup> /h	3800
DBO <sub>5</sub> journalière	kg/J	9300
Matière en suspension	kg/J	13950
L'équivalence calculé sur la DBO <sub>5</sub>	EQ-HAB	172000
Azote a nitrifié	kg	1980

Source : BOUMEDIENE MOHAMMED EI AMIN

Via la **technique biologique d'épuration « boues activées »** des eaux usées s'opère l'élimination des molécules de phosphore, d'azote et de carbone présentes dans les eaux résiduaire

**Fonctionnement** : introduction de bactéries diverses dans ces eaux usées avec un apport artificiel d'oxygène. Cette oxygénation permet le bon fonctionnement de ces bactéries et la dégradation des matières.

→ Substances polluantes absorbées par ces bactéries et transformées en boues. Les boues riches en bactéries sont renvoyées vers le bassin d'**aération** (on parle de **décantation**).

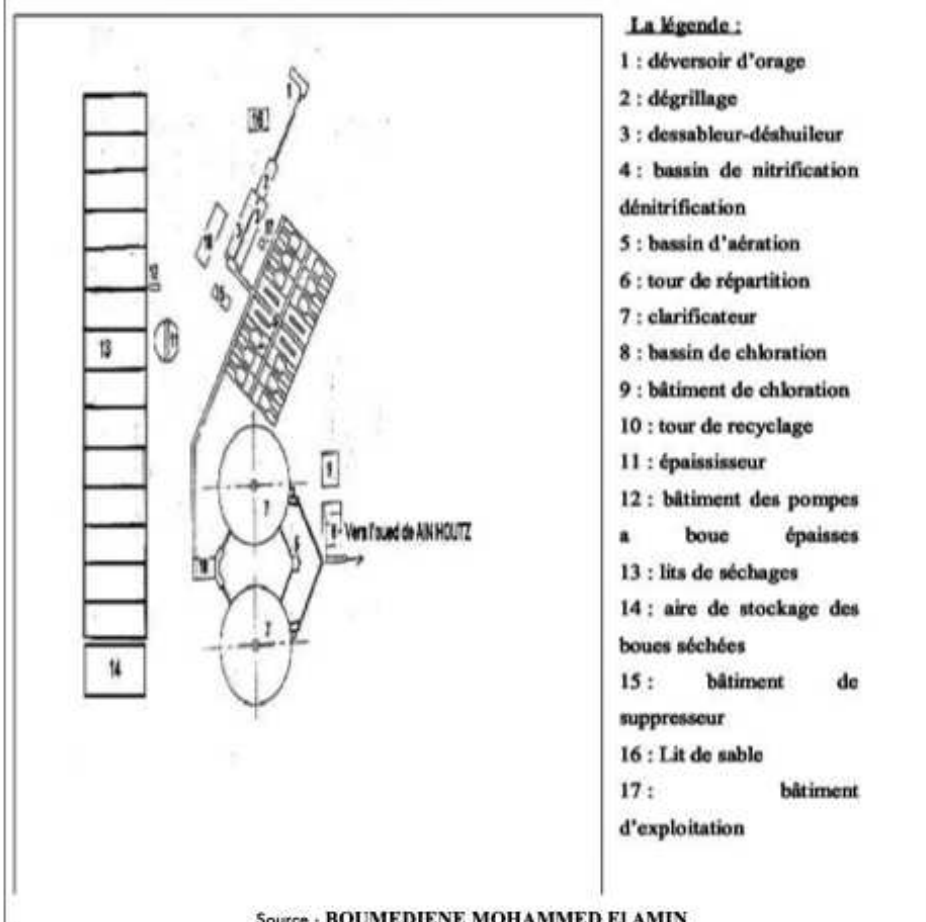
Ensuite, le réacteur anaérobie permet de **stabiliser les boues** dans un souci de lutter contre les mauvaises odeurs (on parle de **digestion aérobie ou aération prolongée**). Ces boues générées lors du processus de traitement des eaux usées sont valorisées via un procédé de **séchage** prévu à la STEP leur permettant d'être éventuellement réutilisées comme combustible additionnel éco-compatible.

D'après une étude réalisée sur le fonctionnement de la STEP d'Ain El-Houtz, l'épuration des eaux usées est efficace et très satisfaisante. L'eau traitée au niveau de la STEP ne représenterait aucun danger pour l'environnement.



## RÉUTILISATION DES EAUX USÉES TRAITÉES (REUT) EN MÉDITERRANÉE

### PRÉSENTATION ET PERFORMANCES DE LA STEP DE AÏN EL-HOUTZ



**Pour aller plus loin dans la présentation et les performances de fonctionnement de la station d'épuration d'Aïn El-Houtz :**

- EL AMIN, B., (2013), *bilan de suivi des performances de fonctionnement d'une station d'épuration à boues actives : cas de la step Aïn El-Houtz*, Université Abou Bekr Belkaid, Algérie



## RÉUTILISATION DES EAUX USÉES TRAITÉES (REUT) EN MÉDITERRANÉE

### EXPÉRIENCE REUT N° 14 : aperçu de la situation de la REUT sur l'île de Malte

**N.B.** : dû à un manque d'informations détaillées obtenues sur des expériences REUT à Malte, cette fiche tente d'offrir un aperçu général de l'état de la REUT sur l'île maltaise avec les données récoltées à ce stade. En effet, il semble avoir une expérience de REUT importante à Malte que nous ne voulions pas passer sous silence.

#### CONTEXTE SECTORIEL : l'île maltaise

Réglementation eau dans le pays :

Précisée (stricte) / non précisée (non-stricte)

Stress hydrique : faible – moyen – élevé

Nombre d'habitants :

De +/- 300 000 habitants dans les années soixante-dix à 493 559 en 2019.

Objectif principal de l'expérience :

Affronter le stress hydrique via la REUT.

#### DONNÉES CLÉS

##### Technologies choisies pour la REUT à Malte :

- Boues activées ;
- ultrafiltration ;
- osmose inverse ;
- ultraviolets.

##### Résultats obtenus :

- Plus de 90% des eaux usées traitées à Malte ;
- plus de 10 000 mètres cube d'eaux usées traitées par jour dont plus de 5 000 réutilisés ;
- la production moyenne d'eaux usées par jour et par habitant est estimée à 100 litres ;
- irrigation intensive non restrictive rendue possible grâce à l'investissement maltais dans la REUT.

##### Ressources mobilisées :

Acteurs impliqués et bailleurs de fond : État maltais, fonds de l'Union européenne.



## RÉUTILISATION DES EAUX USÉES TRAITÉES (REUT) EN MÉDITERRANÉE

### CONTEXTE

#### Environnemental – ressources en eau

- Faisant partie des 10 pays les plus affectés par un stress hydrique dans le monde, Malte considère le secteur de l'eau comme l'une de ses principales priorités depuis une quarantaine d'années. En effet, la seule source d'eau naturelle est souterraine et difficilement accessible : le captage d'eau nécessite parfois une descente à 100 m en dessous de la terre. L'eau des nappes phréatiques est alors pompée dangereusement avec des conséquences d'infiltration maritime dû à la surexploitation drastique ces dernières décennies. L'île connaît de longues périodes de sécheresse avec entre 2013 et 2018, une période de sécheresse historique. Dans certaines régions maltaises, il pleut moins de soixante jours par an. De ce fait, l'agriculture a besoin d'une irrigation intensive pour poursuivre efficacement son cours.
- Le niveau de l'eau baissant dramatiquement depuis quelques années et la salinité augmentant dans l'eau à cause de la surexploitation des nappes phréatiques, les Maltais ont rapidement tiré la sonnette d'alarme, pensant sérieusement à des alternatives d'économie d'eau, particulièrement avec la croissance démographique et le tourisme intensif (plus de deux millions de touristes par an).

### OBJECTIFS POURSUIVIS

<b>Objectif général de l'expérience</b>	- Faire face au manque d'eau sur l'île maltaise en investissant dans la REUT comme solution prometteuse.
<b>Objectifs spécifiques de l'expérience :</b>	- Répondre aux besoins en eau grandissants de la population - Assurer une suffisance en eau pour l'irrigation surtout en périodes de sécheresse.

### RÉSULTATS



EU  
CE

## RÉUTILISATION DES EAUX USÉES TRAITÉES (REUT) EN MÉDITERRANÉE

Résultats obtenus à la suite de  
l'expérience et activités mises en œuvre  
pour y arriver

### • UN CHIFFRE CONSIDÉRABLE EN TRAITEMENT DES EAUX USÉES

**Résultats :** environ **11 000** mètres cube d'eaux usées sont traités par jour à Malte → d'après des données communiquées, sur la quantité d'eaux usées traitées, 5,500 mètres cubes seraient réutilisés et 6,700 mètres cubes seraient rejetés dans le milieu marin via des émissaires sous-marin. Il existe plusieurs stations d'épuration des eaux usées à Malte, dont :

- 1) l'usine Saint-Antnin. Depuis 1983, elle réutilise les eaux usées traitées à des fins d'irrigation ;
- 2) L'usine sur l'île de Gozo qui traite les eaux usées des égouts des habitants de l'île depuis une dizaine d'années.

### Activités mise en œuvre pour y arriver :

- 1) une illustration de l'efficacité d'action maltaise est l'usine de Saint Antnin. Cette usine se base sur une technique de boues activées (activated sludge process) suivie d'une rapide filtration sable. L'eau est désinfectée avec du chlore gazeux (gaseous chlorine) et ensuite injectée dans des réservoirs d'irrigation sans chlore. Cette eau traitée est réutilisée pour une irrigation de légumes ne nécessitant pas une qualité d'eau supérieure.
- 2) Sur l'île de Gozo, les eaux usées sont traitées dans **d'immenses bacs ronds** ou de forme oblongue en plein air, des bactéries sont à l'œuvre pour **digérer le purin**. Alors qu'auparavant, le liquide qui en résultait était déversé dans la mer, un nouveau bâtiment construit en contrebas de l'usine pousse le traitement de ces eaux usées plus loin.  
→ Les eaux usées circulent à travers une série de **membranes** et subissent un **traitement chimique**. L'eau obtenue est claire et limpide. Bien que Ryan Falzon, le gestionnaire du site, la considère propre à la consommation, les autorités limitent son utilisation aux agriculteurs pour éviter qu'ils continuent à pomper l'eau des nappes phréatiques.

Un **réseau de distribution** a été mis en place afin d'amener les eaux usées traitées sur les champs. Un système de **carte pre-payé** est prévu pour réguler la distribution de l'eau, offrant un accès plus sécurisé à l'eau, surtout en périodes de sécheresse.

### • 35% DE LA DEMANDE EN EAU COMBLÉ PAR LE PROGRAMME « NEW WATER »



## RÉUTILISATION DES EAUX USÉES TRAITÉES (REUT) EN MÉDITERRANÉE

**Résultat** : trois nouvelles usines conçues pour répondre à 35% de la demande totale en eau pour l'agriculture d'ici 2021, avec une production annuelle totale de 7 millions de mètres cube d'eaux usées traitées.

**Activités mise en œuvre pour y arriver** : afin de combler l'écart entre l'offre et la demande, Malte s'est lancé dans un programme considérable de réutilisation des eaux usées en 2017, le « New Water ».

→ Ce programme consiste à **traiter hautement** des eaux usées à des fins de réutilisation dans l'agriculture, l'industrie, les espaces publics et autres. En effet, **trois usines** ont été conçues afin d'améliorer la qualité des eaux usées traitées au préalable dans les usines de traitement d'eaux usées de l'île, afin que ces eaux usées répondent aux **critères de qualité requis** pour l'**irrigation, l'arrosage des espaces verts** et le **milieu industriel** : afin d'améliorer cette eau, un traitement est prévu en TROIS étapes et comprend l'**ultrafiltration, l'osmose inverse, l'oxydation avancée** et un **traitement ultra-violet**. Du citron est également ajouté afin d'améliorer la **teneur en minéraux** de l'eau traitée.

→ Afin d'inciter les agriculteurs à la réutilisation des eaux usées et à un changement de perception, **des explications sont proposées concernant les niveaux de qualité obtenus par le nouveau processus de traitement**, faisant de ces eaux usées une ressource et **non un déchet**. De plus, le programme « New Water » propose un mécanisme de **tarifs progressifs** aux agriculteurs afin d'encourager à la REUT.

### • EFFICACITÉ DE L'ÉPURATION DES EAUX USÉES

**Résultat** : l'OMS a classé les eaux usées épurées à Malte dans la catégorie A (qualité en vigueur avec les normes requises), les rendant dès lors utilisables pour une irrigation **non restrictive**.

**Activités mise en œuvre pour y arriver** : les systèmes extensifs d'épuration choisis à Malte prévoient un **traitement tertiaire** des eaux usées et permettent d'aboutir à une eau traitée de qualité pouvant être utilisée également pour des produits consommés crus grâce aux **techniques modernes** choisies pour l'épuration dont :

- l'ultrafiltration (procédé membranaire d'épuration des eaux usées) ;
- l'osmose inverse ;
- oxydation avancée et traitement par ultraviolets (consulter section « technologies choisies » pour aller plus loin).

1 Moins de 1 000 coliformes fécaux par 100 ml et absence des œufs d'helminthes selon les directives de l'OMS.



## RÉUTILISATION DES EAUX USÉES TRAITÉES (REUT) EN MÉDITERRANÉE

Il faut également noter que Malte a prévu une **surveillance régulière** (deux fois par semaines des eaux usées après leur traitement).

**Pour aller plus loin** : recommandations et précautions émises concernant la qualité de l'eau usées traitée et les tarifs à Malte et ailleurs :

**Rebelo A. et al, Report on Urban Water Reuse: integrated Water Approach and Urban Water Reuse Project, European Union Network for the Implementation and Enforcement of Environmental Law, juillet 2018**





## RÉUTILISATION DES EAUX USÉES TRAITÉES (REUT) EN MÉDITERRANÉE

### DÉTAILS DES TECHNOLOGIES CHOISIES POUR LA REUT À MALTE

#### TRAITEMENT À L'USINE DE SAINT ANTIN : BOUES ACTIVÉES

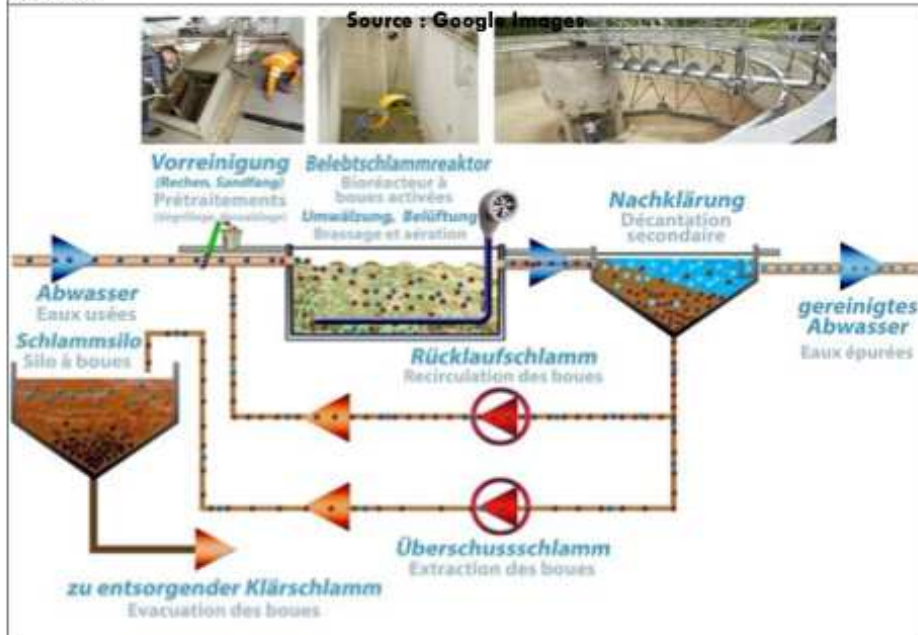
Via cette **technique biologique d'épuration** des eaux usées s'opère l'élimination des molécules de phosphore, d'azote et de carbone présentes dans les eaux résiduaires

**Fonctionnement** : introduction de bactéries diverses dans ces eaux usées avec un apport artificiel d'oxygène. Cette oxygénation permet le bon fonctionnement de ces bactéries et la dégradation des matières.

→ Substances polluantes absorbées par ces bactéries et transformées en boues. Les boues riches en bactéries sont renvoyées vers le bassin d'aération (on parle de **décantation**).

Ensuite, le réacteur anaérobie permet de **stabiliser les boues** dans un souci de lutter contre les mauvaises odeurs (on parle de **digestion anaérobie**).

Les boues générées lors de l'épuration des eaux usées sont utilisées pour en faire du biogaz, servant de modèle fonctionnel **d'économie circulaire** → la STEP réduit sa consommation en électricité en utilisant comme source alternative d'énergie les biogaz des boues et l'énergie de la combustion des boues après l'épuration des eaux usées comme.



## RÉUTILISATION DES EAUX USÉES TRAITÉES (REUT) EN MÉDITERRANÉE

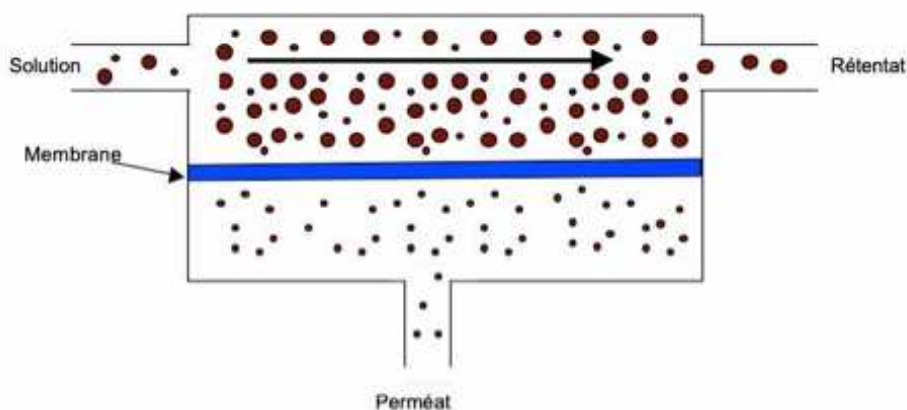
### AUTRES TECHNOLOGIES DE TRAITEMENT DES EAUX USÉES EMPLOYÉES À MALTE

**Les procédés par membrane** (à l'instar de l'ultrafiltration et de l'osmose inverse) font partie de solutions prometteuses conduisant à une qualité d'eau en symbiose avec les normes exigeantes liées à la REUT.

- **ULTRAFILTRATION** utilisée à Malte :

Durant ce procédé membranaire, on fait recours à des membranes microporeuses dont le diamètre des pores est compris entre 1 et 100 nm. Ces membranes laissent passer les petites molécules légères (eau, sels) et retiennent les molécules à haut poids moléculaire (polymères, protéines, les colloïdes).

#### Principe de l'ultrafiltration :



Source : Jean- Marc Berland et Catherine Juery, « Les procédés membranaires pour le traitement de l'eau », Office International de l'Eau SNIDE, décembre 2002, p. 10



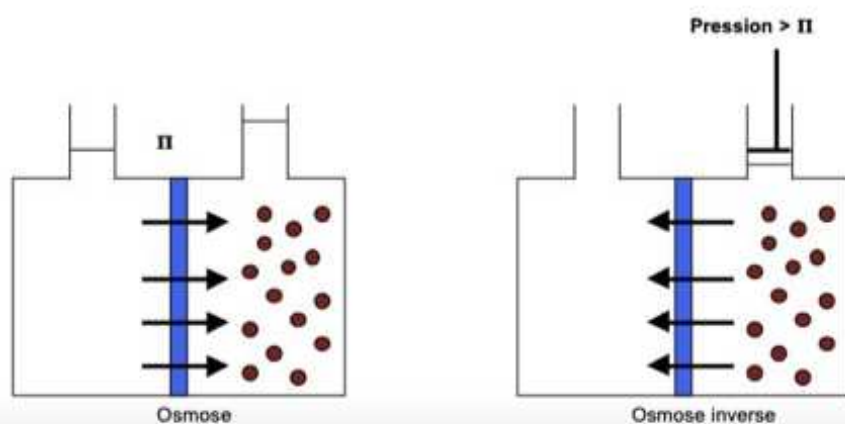
## RÉUTILISATION DES EAUX USÉES TRAITÉES (REUT) EN MÉDITERRANÉE

- **OSMOSE INVERSE** utilisée à Malte :

Durant ce procédé membranaire a lieu une purification de l'eau via un système de filtrage très fin ne laissant passer que les molécules de l'eau : on fait recours à des membranes denses arrêtant tous les sels.

Cette technique est utilisée notamment pour la production d'eau ultra pure.

### Principe de l'osmose inverse :



Source : Jean- Marc Berland et Catherine Juery, « Les procédés membranaires pour le traitement de l'eau », Office International de l'Eau SNIDE, décembre 2002, p. 8

### Pour aller plus loin dans les procédés membranaires :

- Jean- Marc Berland et Catherine Juery, « Les procédés membranaires pour le traitement de l'eau », Office International de l'Eau SNIDE, décembre 2002.

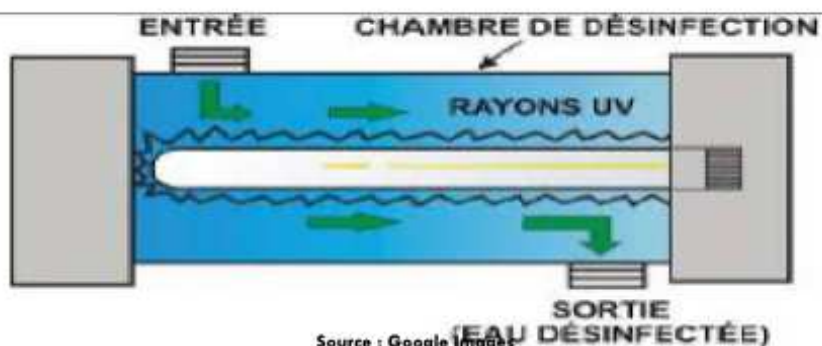


## RÉUTILISATION DES EAUX USÉES TRAITÉES (REUT) EN MÉDITERRANÉE

### AUTRE TRAITEMENT TERTIAIRE : DÉSINFECTION PAR RAYONS ULTRAVIOLETS

Lors de ce stade final du traitement, les micro-organismes sont attaqués sans possibilité de dupliquer leur ADN → Eau dans des réacteurs fermés avec lampes à rayon UV de très forte intensité irradient le fluide → Eau très claire à la sortie répondant aux normes de qualité requises par la loi.

À Milan, cette technologie permet une réutilisation pour l'irrigation en agriculture pour un débit par temps sec de 14 400 m<sup>3</sup> /h. Les ressources en eau se trouvent ainsi préservées.



Source : Google Images



## RÉUTILISATION DES EAUX USÉES TRAITÉES (REUT) EN MÉDITERRANÉE

### EXPÉRIENCE REUT N°15 : le rôle de la station d'épuration de ANNABA dans la protection de l'environnement en Algérie

#### CONTEXTE SECTORIEL : Annaba - Algérie

Réglementation eau dans le pays :

Précisée (stricte) / non précisée (non-stricte)

Stress hydrique : faible – moyen – élevé

Nombre d'habitants :

De 247 701 habitants en 1998 à

257 359 en 2008

Objectif principal de l'expérience :

Protéger le bassin versant de la région en limitant le rejet d'eaux usées non traitées.

#### DONNÉES CLÉS

##### Technologie choisie :

- Boues activées à faible charge.

##### Résultats obtenus :

- 84 000 mètres cube d'eaux usées traitées par jour.
- Diminution considérable des rejets d'eaux brutes dans le milieu naturel.
- Des projets ambitieux valorisant la REUT pour l'irrigation agricole.

##### Ressources mobilisées :

Acteur principal impliqué :

- Office National de l'Assainissement (ONA).



Source : Google Earth



## RÉUTILISATION DES EAUX USÉES TRAITÉES (REUT) EN MÉDITERRANÉE

### CONTEXTE

#### Environnemental – ressources en eau

- Environ 90% du territoire algérien est à prédominance aride, avec un indice de rareté des ressources de 490 mètres cube par habitant et par an, classant l'Algérie parmi les pays les plus pauvres en ressources hydriques d'après le seuil hydrique critique fixé par la Banque Mondiale à 1000 mètres cube par habitant/an.
- En Algérie, les ressources en eau sont limitées, vulnérables et inégalement réparties sur le territoire. En ce qui concerne les eaux souterraines, leur exploitation s'élevait d'après des chiffres datant de 2012 à environ 8,5 milliards de mètres cube par an, dont 2 milliards pour les régions du Nord et 6,5 milliards pour les régions sahariennes où les potentialités exploitables sont non-renouvelables, un chiffre révélant une surexploitation des eaux souterraines puisque des études de prospection ont évalué les ressources exploitables à 2,5 milliards de mètres cube par an pour préserver l'environnement<sup>1</sup>.
- Le volume d'eaux usées rejeté dans le milieu naturel serait passé de 750 millions de mètres cubes en 2009 à plus d'un milliard en 2020.

### OBJECTIFS POURSUIVIS

<b>Objectif général de l'expérience</b>	- La protection de l'environnement et la préservation des ressources hydriques limitées.
<b>Objectifs spécifiques de l'expérience :</b>	- Diminuer considérablement les rejets d'eaux brutes dans le milieu naturel. - Soulager la pression sur les ressources conventionnelles en eau en encourageant la REUT.

<sup>1</sup> Pour aller plus loin dans l'étude la gouvernance des eaux souterraines en Algérie : « Regional Consultation on the Groundwater Resources Governance in the Arab States region », Amman Jordan, October 2012.



## RÉUTILISATION DES EAUX USÉES TRAITÉES (REUT) EN MÉDITERRANÉE

### RÉSULTATS

Résultats obtenus à la suite de  
l'expérience et activités mises en œuvre  
pour y arriver

#### • LA PROTECTION DE L'ENVIRONNEMENT

##### Résultats :

- 1) Environ **84 000 mètres** cube d'eaux usées traitées par jour à la STEP de Annaba → Troisième plus grande STEP d'Algérie → Les eaux usées sont traitées avant d'être rejetées dans le milieu naturel (oued Seybouse), permettant une diminution considérable des rejets d'eaux usées brutes polluant l'environnement, calmant dès lors la colère des agriculteurs auparavant forcés d'irriguer leurs terres avec les eaux du oued Seybouse polluées par les rejets de centaines de communes et d'entreprises industrielles.
- 2) Les boues issues du traitement des eaux usées sont valorisées pour l'agriculture comme fertilisants naturels → diminution des fertilisants chimiques et plus coûteux.

##### Activités mise en œuvre pour y arriver :

- 1) Opérationnelle depuis 2012, la station d'épuration par boues activées de Annaba a été construite sur une superficie de 15 ha avec l'objectif premier de préserver le bassin versant de la région en recyclant les eaux usées des localités avoisinantes.  
→ Le traitement tertiaire prévu à la STEP permet d'améliorer considérablement la qualité des eaux usées avant qu'elles soient rejetées dans le milieu naturel. De plus la STEP possède une **salle de surveillance** constituée d'un **laboratoire** où sont effectuées régulièrement des **analyses** des eaux usées épurées afin de définir l'usage le plus adéquat qu'il est possible d'effectuer avec les EUT en fonction des résultats obtenus. Actuellement, les eaux usées traitées sont principalement rejetées « nettoyées » dans le milieu naturel, mais un travail est en cours afin de valoriser leur réutilisation pour l'irrigation.
- 2) Après leur usage, les boues subissent un traitement leur permettant d'être à 100% réutilisables à des fins agricoles et sont stockés dans un espace conçu pour les boues déshydratées.



## RÉUTILISATION DES EAUX USÉES TRAITÉES (REUT) EN MÉDITERRANÉE

### • LE SOUTIEN À LA PRÉSERVATION DES RESSOURCES HYDRIQUES VIA LA REUT

**Résultat :** un travail sur la réutilisation agricole des eaux usées traitées est en cours à la station d'Annaba → irrigation prévue pour un périmètre de **9 400 hectares**.

**Activité mise en œuvre pour y arriver :**

- **Le traitement tertiaire** par boues activées prévu à la STEP de Annaba peut permettre aux eaux usées traitées d'être aptes à l'irrigation de l'agriculture (consulter « technologies choisies » plus bas pour plus de détails concernant le processus de traitement via boues activées).
- Les analyses régulières effectuées des eaux usées traitées garantissent une sécurité de la qualité de ces eaux et permettent de définir l'usage le plus adéquat qu'il peut en être fait en fonction des résultats obtenus.

### • UNE STEP ACTRICE DE L'INNOVATION ET DE LA SENSIBILISATION

**Résultat :** en juin 2020, la STEP d'Annaba est toujours performante, même si actuellement sa performance est notamment limitée à la protection de l'environnement plus qu'elle ne l'est pour l'irrigation, car c'est assez récent et toujours en stade de recherche et de mise en place.

**Activité mise en œuvre pour y arriver :** depuis 2012, la STEP d'Annaba a deux préoccupations principales : l'exploitation et l'entretien du potentiel de traitement des eaux usées. À cette fin :

- La recherche et le développement sont encouragés → La STEP accueille des étudiants des universités avoisinantes pour y effectuer des analyses liées à une thèse de mémoire et de doctorat dans le domaine du traitement des eaux usées.
- La STEP prévoit régulièrement l'organisation de campagnes de sensibilisation à la REUT et à l'importance du traitement des eaux usées (exemples : agir lors de la journée mondiale de l'eau et de la journée mondiale de l'environnement pour mettre en avant le travail de la STEP).





## RÉUTILISATION DES EAUX USÉES TRAITÉES (REUT) EN MÉDITERRANÉE

### DÉTAILS DES TECHNOLOGIES CHOISIES POUR LE PROJET REUT

#### TRAITEMENT À LA STEP DE ANNABA: BOUES ACTIVÉES À FAIBLE CHARGE

##### Caractéristiques de la STEP d'Annaba :

La nouvelle station d'épuration des eaux usées est située sur la Commune d'El-Bouni, à 8 km à l'est de la ville d'Annaba.

Elle est dimensionnée pour épurer les eaux provenant

- en 1<sup>ère</sup> phase, des localités d'Annaba, d'El-Bouni, de Boukhadra, de Sidi-Salem, de Boucedra et du couloir de Kherraza à Oued-Ennil
- en 2<sup>ème</sup> phase, des localités d'El-Hadjar et de Sidi-Amar

Sa capacité de traitement est de :

- 580.000 EQH (équivalents habitants) à l'horizon 2025, 674.000 EQH à l'horizon 2035
- environ 84.000m<sup>3</sup> par jour pour le volume entrant moyen
- 2, 45 m<sup>3</sup>/s pour le débit de pointe admissible.



Source : Les Cahiers d'Échanges Méd. N°8

Via la technique biologique d'épuration « **boues activées** » des eaux usées s'opère l'élimination des molécules de phosphore, d'azote et de carbone présentes dans les eaux résiduaires.

**Fonctionnement** : introduction de bactéries diverses dans ces eaux usées avec un apport artificiel d'oxygène. Cette oxygénation permet le bon fonctionnement de ces bactéries et la dégradation des matières.

→ Substances polluantes absorbées par ces bactéries et transformées en boues. Les boues riches en bactéries sont renvoyées vers le bassin d'**aération** (on parle de **décantation**).

Ensuite, le réacteur anaérobie permet de **stabiliser les boues** dans un souci de lutter contre les mauvaises odeurs (on parle de **digestion aérobie ou aération prolongée**). Ces boues générées lors du processus de traitement des eaux usées sont valorisées via un procédé de **séchage** prévu à la STEP leur permettant d'être éventuellement réutilisées comme combustible additionnel éco-compatible.



## RÉUTILISATION DES EAUX USÉES TRAITÉES (REUT) EN MÉDITERRANÉE

Dans le cas de la STEP de ANNABA, les boues issues du traitement des eaux usées sont valorisées pour l'agriculture comme fertilisants naturels. En effet, Après leur usage, les boues subissent un traitement leur permettant d'être à 100% réutilisables à des fins agricoles et sont stockés dans un espace conçu pour les boues déshydratées.

**Pour aller plus loin dans la présentation et les performances de fonctionnement de la station d'épuration d'ANNABA :**

- **Complexe d'épuration des eaux usées : Ville de Annaba :**  
<https://www.youtube.com/watch?v=8X2JMRvvyfs>
- **Office National de l'Assainissement (ONA) :** <https://www.ona-dz.org/Reutilisation-des-eaux-epurees-et.html>



## 5. Références bibliographiques utilisées pour la rédaction du rapport et la réalisation des 15 fiches expériences

### Livres académiques

Lazarova V. et Bahri, A. (2005), *Water reuse for irrigation: agriculture, landscapes, and turf grass*, CRC Press

Lestel, L. (2017), *Les rivières urbaines et leur pollution*, éditions Quae

Giulio, C. (2010), *Une mise en œuvre sans normes : deux décennies de réformes dans les services de l'eau en Italie*, dans : Droit et gestion des collectivités territoriales, Tome 30, Les enjeux de la gestion locale de l'eau, pp. 287-298

### Articles scientifiques

Agence Française de Développement (afd), « REUT – perspectives opérationnelles et recommandations pour l'action – rapport final », *BRL Ingénierie*, février 2011

Andrea Mangano, « Les Services d'Eau en Italie : économies d'échelle et soutenabilité », Nantes, 6 et 7 juin 2013

Arthur Deboos, « Réutilisation des eaux usées traitées en Méditerranée et impacts sur les territoires », *IPEMED Palimpsests n°19*, mars 2018

B. Durham, Helena Marecos do Monte, et A. N. Angelakis, “Water Recycling and Reuse in EUREAU Countries: Trends and Challenges”, mars 2016

Benhassane Lhoucine, « traitement anaérobie des déchets organiques d'une ferme-expérience du projet pilote d'assainissement écologique Dayet Ifrah : rapport de suivi –digesteur agricole Famille Elhouari », *Programme d'Appui à la Gestion Intégrée des Ressources en Eau*, septembre 2011.

Bouhar Abdelhadi et al., « La ville de Ouarzazate et son arrière pays : risques, aménagements et développement durable », *XIV the Annual International Conference of Territorial Intelligence “ Sustainable development of vulnerable territories ”*, Ouarzazate, Maroc, octobre 2015

Brahim Soudi, « Rapport national - Valorisation des eaux non conventionnelles : Renforcement de l'offre et mesure d'adaptation au changement climatique dans les zones arides - Cas du Maroc », *FAO*, décembre 2013 FIAT PANIS ?

Brahim Soudi, « Appui à la promotion de la réutilisation des eaux usées par le renforcement des aspects institutionnels, réglementaires et financiers, ainsi que des démarches participatives, des mesures incitatives et la sensibilisation – rapport global – version définitive », *Mécanisme*

*de soutien du Programme sur la Gestion Intégrée et Durable de l'Eau et de l'Initiative Horizon 2020*, avril 2018

Catherine Franck-Néel, « Réutilisation des eaux usées traitées « New Water » - Analyse Stratégique Collective », *CVT AllEnvi - Alliance nationale de recherche pour l'Environnement*, juillet 2016

Catherine Franck-Neel et Nébil Belaid, « La réutilisation des eaux usées traitées en agriculture : comparaison des freins et des perspectives après plus de 20 ans de pratiques en France et en Tunisie »

Catherine Franck-Neel et Nébil Belaid, « Réutilisation des eaux usées traitées : freins et perspectives en France et en Tunisie », *Journées d'informations sur l'eau APTEN*, novembre 2014, Poitiers

Dimitri Xanthoulis, « RÉUTILISATION DES EAUX USÉES À DES FINS AGRICOLES - 1988-1992 (Ouarzazate, Maroc), », Royaume du Maroc, Ministère de l'Agriculture et de la Mise en valeur agricole, Administration du Génie Rural, *PNUD - FAO - OMS, Projet MOR 86/018*, Gembloux – Faculté universitaire des sciences agronomiques

Épuration et réutilisation des eaux usées à des fins agricoles : projet Ouarzazate (mor 86/018), *Revue HTE n°138*, sept. – déc. 2007

Évènement : side event gestion intégrée de la ressource en eau, « Projet de la ceinture verte autour de Ouarzazate », Conseil Provincial de Ouarzazate, pS-eau – Réseau Maroc : rencontre

European Union Network for the Implementation and Enforcement of Environmental Law, “Report on Urban Water Reuse: Integrated Water Approach and Urban Water Reuse Project”, *IMPEL*, juillet 2018

FME, « Processus méditerranéen / Priorité GDE », rapport objectif-cible n°2, février 2012

Abdelhakim Hannachi et al., « GESTION ET REUTILISATION DES EAUX USEES EN ALGERIE, UN MODELE DE PARTENARIAT PUBLIC- PRIVEE », *2ème Colloque International sur la Gestion Intégrée des Ressources en Eau; GIRE'2013*, octobre 2013

Institut national de l'économie circulaire, « l'économie circulaire dans le petit cercle de l'eau : la réutilisation des eaux usées traitées : étude », *Institut national de l'économie circulaire*, mai 2018

Ismail Al Baz, Dr., “Integrated wastewater management in the Mediterranean – Good practices in decentralized and centralized reuse-oriented approaches”, *GIZ*, 2016

Jean- Marc Berland et Catherine Juery, « Les procédés membranaires pour le traitement de l'eau », Office International de l'Eau SNIDE, décembre 2002

J.-L. Escudier, B. Gillery<sup>2</sup>, H. Ojeda<sup>1</sup> et F. Etchebarne, « Maitrise de la salinité des eaux d'irrigation pour la viticulture », *41st World Congress of Vine and Wine*, 2019

Julie Catherinot, « réutilisation des eaux usées et des excréta », *AgroParisTech Centre de Montpellier, pS-Eau*, décembre 2013

Mohamed Daoudi, « Étude de réutilisation des eaux usées épurées des centres d'Al-Hoceïma, Béni Bouayach-Imzouren et les centres avoisinants », Royaume du Maroc - Ministère de l'Équipement, du Transport, de la Logistique et de l'Eau - Département de l'Eau - Direction de la Recherche et de la Planification de l'Eau – *Cahier de prescriptions spéciales*

Mohammed Elghali Khiyati, « Projet pilote d'assainissement écologique rural Dayet Ifrah », *agire – Programme d'Appui à la Gestion Intégrée des ressources en Eau, Royaume du Maroc*, en partenariat avec la GIZ, du 24 au 28.06.2013 à Rabat, Maroc

Nassim Ait-Mouheb et al., “The reuse of reclaimed water for irrigation around the Mediterranean Rim: a step towards a more virtuous cycle?” *Regional Environmental Change*, février 2018

Nicolas Condom, Dr. (Ecofilae), Rémi Declecq (Ecofilae), « Étude préalable à un plan national, 'réutilisation des eaux usées traitées' pour la Tunisie – Diagnostic de l'existant, Livrable 2 : exemples internationaux applicables au contexte tunisien », août 2017

Nicolas Condom, Dr. (Ecofilae), Rémi Declecq (Ecofilae), « Réutilisation des eaux usées pour l'irrigation agricole en zone péri-urbaine de pays en développement : pratiques, défis et solutions opérationnelles », *rapport Ecofilae*, 2015

Nicolas Condom et al., « la réutilisation des eaux usées traitées en méditerranée : retour d'expériences et aide à l'élaboration de projets », *Les Cahiers du Plan Bleu 11*, mars 2012

Plan d'Action pour la Méditerranée : Réunion des Points focaux du MED POL Rhodes (Grèce) 25-27 mai 2011, « Inventaire des stations d'épuration des eaux usées dans les agglomérations côtières méditerranéennes de plus de 2000 habitants (2010) », *Programme des Nations Unies pour l'environnement*, Athènes, 2011

Rapport National du Maroc, « Projet de Renforcement des Capacités sur l'Utilisation sans danger des Eaux Usées en Agriculture », Ministère de l'Agriculture et de la Pêche Maritime, Secrétariat d'Etat auprès du Ministère de l'Energie, des Mines, de l'Eau et de l'Environnement chargé de l'Eau et de l'Environnement, *Royaume du Maroc*, décembre 2011

« Regional Consultation on the Groundwater Resources Governance in the Arab States region », Amman Jordan, October 2012

République Française, « Législation comparée : la gestion de l'eau : Espagne – Pays-Bas – Royaume-Uni », mai 2016

Sébastien Loubier (INRAE) et Rémi Declercq (Ecofilae), « Analyses coûts-bénéfices sur la mise en œuvre de projets de réutilisation des eaux usées traitées (REUSE) - Application à trois cas d'études français », Office national de l'eau et des milieux aquatiques (ONEMA), juin 2014

## Articles de presse

aqueduc.info (2010), Italie : pollution catastrophique du Pô suite à un sabotage, *aqueduc.info - actualité de l'eau*, 24 février 2010. Accessible sur : <http://www.aqueduc.info/Italie-pollution-catastrophique-du?lang=fr>

Archives (2012), Traitement et épuration des eaux usées de Khouribga : 400 millions DH pour la capitale des phosphates, *Al Bayane Press*, 31 juillet 2012. Accessible sur : <http://albayane.press.ma/traitement-et-epuration-des-eaux-usees-de-khouribga-400-millions-dh-pour-la-capitale-des-phosphates.html>

Laperche, D. (2018), La Commission européenne va faciliter la réutilisation des eaux usées en agriculture, *Actu-Environnement.com*, 29 mai 2018. Accessible sur : <https://www.actu-environnement.com/ae/news/commission-europeenne-reutilisation-eaux-usees-epurees-reuse-agriculture-31365.php4>

L'Économiste (2016), Khouribga dotée d'une station d'épuration performante, *L'Économiste*, 16 mars 2016. Accessible sur : <https://www.leconomiste.com/article/892396-khouribga-dot-e-d-une-station-d-puration-performante>

Madoui, L. (2019), Réutilisation des eaux usées traitées : les professionnels « restent sur leur soif », *environnement – magazine.org*, 4 juillet 2019. Accessible sur : <https://www.environnement-magazine.fr/eau/article/2019/07/04/125137/reutilisation-des-eaux-usees-traitees-les-professionnels-restent-sur-leur-soif>

Médias 24 (2019), Voici comment l'OCP exploite les eaux usées pour réduire sa consommation, *Médias 24 - la référence de l'information économique*, 8 mars 2019. Accessible sur : <https://www.medias24.com/step-benguerir-eaux-usees-traitement-683.html>

Neumuller, M. (2014), La France irrigue timidement avec de l'eau usée, *Econostrum – L'actualité économique en Méditerranée*, 9 juillet 2014. Accessible sur : [https://www.econostrum.info/La-France-irrigue-timidement-avec-l-eau-usee\\_a18708.html](https://www.econostrum.info/La-France-irrigue-timidement-avec-l-eau-usee_a18708.html)

Niedercon, F. (2019), Le trésor caché des eaux usées, *LesEchos*, 12 mars 2019. Accessible sur : <https://www.lesechos.fr/idees-debats/sciences-prospective/le-tresor-cache-des-eaux-usees-999665>

Senet, S. (2016), Eaux usées : lourde amende pour le Portugal, *Journal de l'environnement*, 24 juin 2016. Accessible sur : <http://www.journaldelenvironnement.net/article/eaux-usees-lourde-amende-pour-le-portugal,71955>

2M.ma (2016), Plus de 500 hectares de végétations pour créer une ceinture verte autour de Ourzazate (Reportage), *2M.ma – La une – Climat*, 18 juin 2016. Accessible sur : <http://www.2m.ma/fr/news/plus-de-535-hectares-de-vegetations-pour-creer-une-ceinture-verte-autour-de-ourzazate-reportage-20190617/>

## Sites web

Agence européenne pour l'environnement (2018), *Interview – Malte : la rareté de l'eau fait partie du quotidien*, eea.europa.eu, 19 novembre 2018. Accessible sur : <https://www.eea.europa.eu/fr/signaux/signaux-2018/articles/interview-2014-malte-la-rarete>

agire (2009), *Projet pilote d'assainissement écologique rural dans le village de Dayet Ifrah*, agire – Programme d'Appui à la Gestion Intégrée des ressources en Eau, Royaume du Maroc. Accessible sur : [https://www.agire-maroc.org/fileadmin/user\\_files/DocBiblio/2016-03-22\\_fiche-AGIRE-Dayet-Ifrah\\_draft-gh-as-cb-tb.pdf](https://www.agire-maroc.org/fileadmin/user_files/DocBiblio/2016-03-22_fiche-AGIRE-Dayet-Ifrah_draft-gh-as-cb-tb.pdf)

BARNIER (2001), *Questions parlementaires*, Parlement européen – Commission européenne, 5 juillet 2001. Accessible sur : <https://www.europarl.europa.eu/sides/getAllAnswers.do?reference=E-2001-1309&language=FR>

CASTANEDO, B. (2018), *Sécheresse au Portugal : le Ministre de l'Environnement ne « peut garantir de l'eau pour tous les robinets » au-delà de 2019*, Lisbob, 27 février 2018. Accessible sur : <https://www.lisbob.net/fr/blog/secheresse-portugal-penurie-eau-2019>

CHERIF MEMMOUD, A. (2009), *Les eaux usées épurées au secours de l'agriculture*, jaZaïress, 21 décembre 2009. Accessible sur : <https://www.djazairess.com/fr/liberte/127185>

DEROUICH, S. et al. (2016), *Valorisation agricole des produits de l'assainissement écologique: Urines, fèces déshydratées et digestat - Guide pratique et résultats des expériences des jardins d'essai à Dayet Ifrah–Ifrane - Projet pilote d'assainissement écologique rural à Dayet Ifrah*, agire - Programme d'Appui à la Gestion Intégrée des ressources en Eau, Royaume du Maroc, 26 novembre 2016. Accessible sur : [https://www.agire-maroc.org/fileadmin/user\\_files/DocBiblio/2014-02-04-Guide-valorisation-agricole-des-produits-ecosan--version-draft-finale-SD-RED%20\(1\).pdf](https://www.agire-maroc.org/fileadmin/user_files/DocBiblio/2014-02-04-Guide-valorisation-agricole-des-produits-ecosan--version-draft-finale-SD-RED%20(1).pdf)

DIDINE, D. (2017), *Complexe d'épuration des eaux usées : Ville de Annaba*, Youtube, 1 avril 2017. Accessible sur : <https://www.youtube.com/watch?v=8X2JMRvvyfs>

France 2 France télévisions (2019), *Gestion de l'eau : l'exemple italien*, francetvinfo.fr, 15 juillet 2019. Accessible sur : [https://www.francetvinfo.fr/economie/emploi/metiers/agriculture/gestion-de-l-eau-l-exemple-italien\\_3537211.html](https://www.francetvinfo.fr/economie/emploi/metiers/agriculture/gestion-de-l-eau-l-exemple-italien_3537211.html)

Google images (**N.B.** : toutes les photos utilisées pour illustrer les 15 fiches expériences et dont la source n'est pas directement citée en dessous de ces images sont issues de Google Images).

GORSE, F. (2008), *La filière d'assainissement*, Agence Française de Développement – Département de la recherche – Division Évaluation et capitalisation, série n°8, mars 2008. Accessible sur : <https://www.oecd.org/derec/france/41976488.pdf>

ipalle (2018), *Épuration par lagunage*, ipalle – L'eau. Accessible sur : <https://www.ipalle.be/epuration-par-lagunage/>

IPEMED (2018), *Casablanca, 2 octobre 2018 : retour sur la conférence « Eaux usées : quel potentiel ? »*, Institut de Prospective Économique du Monde Méditerranéen (IPEMED), 15 octobre 2018. Accessible sur :

<http://www.ipemed.coop/fr/nos-projets-r16/eau-c137/casablanca-2-octobre-2018-retour-sur-la-conference-%C2%AB-eaux-usees-quel-potentiel-%C2%BB--a3442.html>

MENDRET, J. (2019), *Réutilisation des eaux usées : quels sont les pays les plus en pointe ?* Université de Montpellier, 21 mars 2019. Accessible sur : <https://www.umontpellier.fr/articles/reutilisation-des-eaux-usees-quels-sont-les-pays-les-plus-en-pointe>

Office National de l'Assainissement (ONA), *Réutilisation des eaux épurées et valorisation des boues*, ona-dz.org. Accessible sur : <https://www.ona-dz.org/Reutilisation-des-eaux-epurees-et.html>

Office National de l'Irrigation et du Drainage (ONID) (2018), *Réutilisation des eaux usées épurées*, l'ONID au Service du Développement de l'Hydraulique Agricole. Accessible sur : <http://onid.com.dz/reutilisation-des-eaux-usees-epurees/>

Panorapost (2019), *Présentation de la STEP de Khouribga*, Youtube, 21 mars 2019. Accessible sur :

<https://www.youtube.com/watch?v=vFdyvRaABeE>

PURE AQUA, INC. (2015), *L'osmose inverse et le traitement de l'eau au Portugal*, pureaqua.com. Accessible sur : <https://fr.pureaqua.com/l-osmose-inverse-et-le-traitement-de-l-eau-en-portugal/>

Radio-Canada (2018), *Envoyé spécial : boire de l'eau de la mer et des égouts à Malte*, ici.radio-canada.ca, 31 mai 2018. Accessible sur :

<https://ici.radio-canada.ca/nouvelle/1103837/boire-eau-mer-egouts-malte-dossier-jean-francois-belanger>

Rédaction Nationale (2010), *Annaba : la station d'épuration des eaux usées de l'Allelick opérationnelle*, liberte-algerie.com, 3 janvier 2010. Accessible sur :

<https://www.liberte-algerie.com/lalgerie-profonde/la-station-depuration-des-eaux-usees-de-lallelick-operationnelle-73635>

RIFKI, M., *Programme national d'assainissement liquide et d'épuration des eaux usées*, Royaume du Maroc – Ministère de l'Intérieur. Accessible sur :

[https://www.pseau.org/outils/ouvrages/mi\\_programme\\_national\\_assainissement\\_liquide\\_epuration\\_eaux\\_usees\\_fr.pdf](https://www.pseau.org/outils/ouvrages/mi_programme_national_assainissement_liquide_epuration_eaux_usees_fr.pdf)

Siden, *Lagunages*, Siden – Infos techniques. Accessible sur :

<https://www.siden.lu/Lagunages-550502>

Suez, *Station d'épuration de Milan San Rocco*, Suez – Memento Degremont. Accessible sur :

<https://www.suezwaterhandbook.fr/etudes-de-cas/traitement-des-eaux-usees/station-d-epuration-de-Milan-San-Rocco-Italie>



Suez, *Traitement et réutilisation des eaux usées*. Accessible sur :

<https://www.suez.com/fr/notre-offre/collectivites-locales/quel-est-votre-besoin/gestion-de-l-eau/traitement-et-reutilisation-des-eaux-usees>

VISITERMALTE (2015), *Malte et le Défi de l'Eau*, visiter-malte.com, 18 juin 2015. Accessible sur : <https://www.visiter-malte.com/malte-et-le-defi-de-leau/>

Wikimapia.org (2013), *Station d'épuration des eaux usées de la ville de Ouarzazate*. Accessible sur :

<http://wikimapia.org/17732324/fr/Station-d-%C3%A9puration-des-eaux-us%C3%A9es-de-la-ville-de-Ouarzazate>

## Thèses

Belaid, N. (2010), *Évaluation des impacts de l'irrigation par les eaux usées traitées sur les plantes et les sols du périmètre irrigué d'El Hajeb-Sfax: salinisation, accumulation et phytoabsorption des éléments métalliques*, thèse en cotutelle présentée à l'École Nationale d'Ingénieur de Sfax, Tunisie

Boumediene, M. El Amin (2013), *Bilan de suivi des performances de fonctionnement d'une station d'épuration à boues activées : cas de la step Ain El Houtz*, Université Abou Bekr Belkaid, Algérie

Bourdet, R., (2018), *La réutilisation des eaux usées traitées au Maroc - étude spécifique des golfs d'Agadir et de Marrakech*, Paris Sorbonne IV

Deviller, G. (2003), *Traitement par lagunage à haut rendement algal (LHRA) des effluents piscicoles marins recyclés : évaluation chimique et écotoxicologique*, Université Montpellier I, Unités de formation et de recherche pharmaceutiques

Echakraoui, Z., (2014), *Maîtrise et Optimisation de la station de traitement et d'épuration de Khouribga Maroc*, Université Sidi Mohammed Ben Abdellah - Faculté des Sciences et Techniques, Fès, Maroc

Magana, M. (2017-2018), *REUT d'hier, REUT d'aujourd'hui : la trajectoire des eaux usées locales*, AgroParisTech, IRSTEA G-EAU, France