



Facilité euro-méditerranéenne d'investissement et de partenariat • Facilité euro-méditerranéenne d'investissement et de partenariat



FEMIP

Identification et élimination des goulets
d'étranglement pour l'utilisation
des eaux usées dans le cadre
de l'irrigation ou autres usages

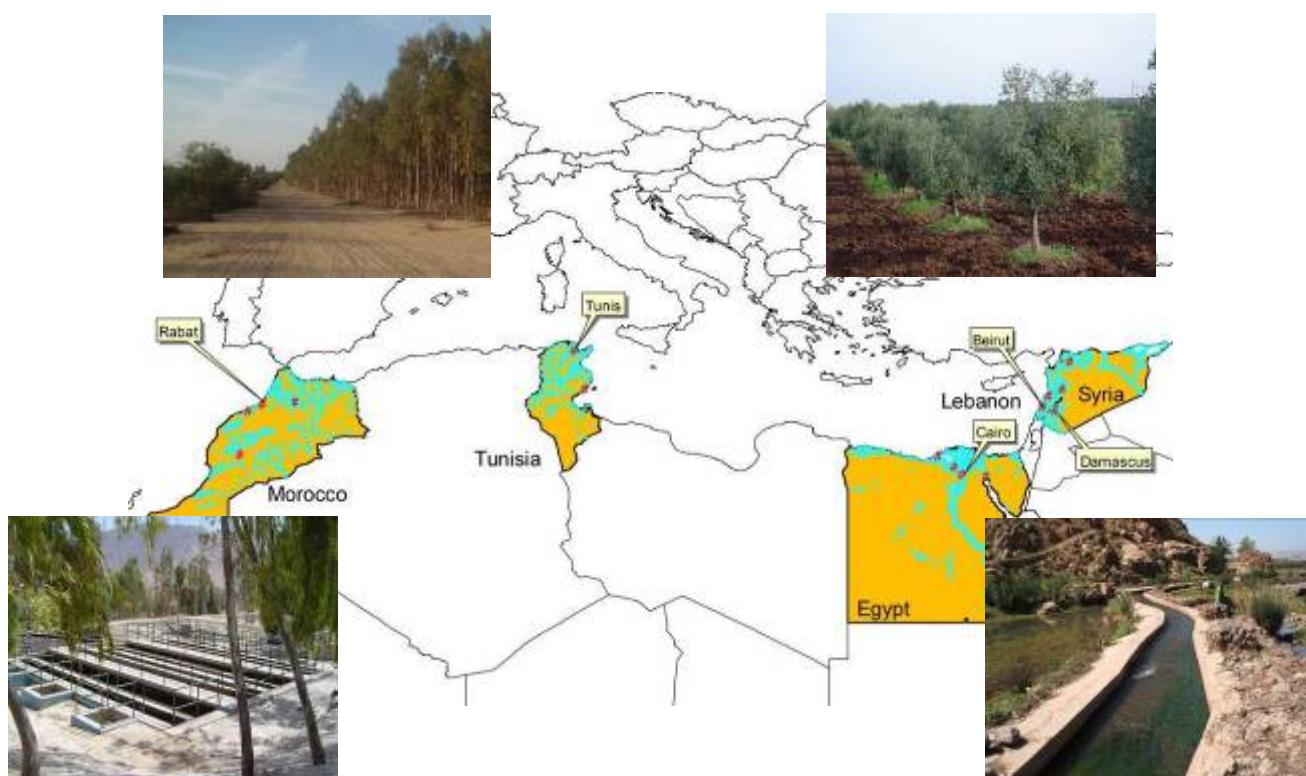
Pays - MEDA (Egypte, Liban, Maroc, Syrie et Tunisie)

Identification et Elimination des Goulets d'Etranglement pour l'Utilisation des Eaux Usées dans le Cadre de l'Irrigation ou autres Usages

RG/2008-01/FTF

RAPPORT SOMMAIRE

Version brève



L'étude est financée par la Facilité euro-méditerranéenne d'investissement et de partenariat (FEMIP), le bras financier de la Banque Européenne d'Investissement pour la Méditerranée. Cette facilité qui a été établie en 2004 et qui jusqu'à maintenant, a été financée par les 15 Etats membres à cette époque de l'UE et la Commission européenne est destinée à soutenir le développement des entreprises locales et les investissements directs dans les Pays Partenaires Méditerranéens (PPM), source de développement et d'emploi par l'intermédiaire d'études et d'assistance technique et d'apport de participations privées.

Les auteurs sont responsables du contenu de ce rapport. Les opinions émises ne reflètent pas forcément la vue de la Banque européenne d'investissement.

Table des Matières	Page
Résumé	I
1 Justification	1
2 Réutilisation des eaux usées en tant qu'élément de la GIRE	3
2.1 Options techniques	3
2.1.1 Approche de planification.....	3
2.1.2 Types d'eaux usées	4
2.1.3 Technologies de traitement.....	5
2.1.4 Options de réutilisation	7
2.1.5 Sites de production et de demande des eaux usées	10
2.2 Aspects économiques.....	11
2.3 Normes de réutilisation des eaux usées, aspects légaux et cadre institutionnel	16
2.4 L'acceptation par les consommateurs.....	18
3 Identification des contraintes et forces motrices pour leur élimination	20
4 Résultats spécifiques aux pays et actions proposées	24
4.1 Secteur de l'eau et bilan hydrique.....	24
4.2 Gestion et réutilisation des eaux usées	25
4.3 Forces motrices dans la réutilisation des eaux usées traitées.....	27
4.4 Les secteurs clés d'intervention	29
Annexe : Approche progressive pour l'identification des projets potentiels de réutilisation des eaux usées	31
Figures	
Figure 1 : Régime hydrique général.....	3
Figure 2 : Exemple d'une matrice de traitement pour la réutilisation	6
Figure 3 : Les types de recharge de la nappe aquifère.....	9
Tableaux	
Tableau 1: Considérations économiques sur différents systèmes de traitement des eaux usées.....	12
Tableau 2: Comparaison des coûts de traitement des eaux usées et redevance de réutilisation.....	14
Tableau 3 : Résumé des contraintes majeures et des recommandations relatives à leur élimination.....	23
Tableau 4: Paramètres-clés: secteur de l'eau et réutilisation des eaux usées dans cinq pays.....	25
Tableau 5: Analyse comparative des forces motrices pour la réutilisation des eaux usées traitées.....	29

Liste des abréviations et acronymes

BEI	Banque Européenne d'Investissement
CE	Commission Européenne
CDPE/DWPC	Coûts Dynamiques de Production de l'Eau / Dynamic Water Production Costs
DBO	Demande Biologique en Oxygène
DCO	Demande Chimique en Oxygène
ELV	Emission Limit Value approach
EPA	Environmental Protection Agency
EUWI	European Water Initiative
FAO	Food and Agriculture Organisation of the UN
FEMIP	Facilité Euro-Méditerranéenne d'Investissement et de Partenariat
GIRE	Gestion Intégrée des Ressources en Eau
IPCC	Intergovernmental Panel on Climate Change
MES	Matières En Suspension
N	Nitrate
OMS	Organisation Mondiale de la Santé
ONG	Organisation Non Gouvernementale
P	Phosphate
QMRA	Quantitative Microbiological Risk Assessment
STEP	Station d'Épuration
UNEP	United Nations Environment Program
UNESCO	UN Educational, Scientific and Cultural Organization
UV	Ultraviolet
WFD	Water Framework Directive
WHO	World Health Organisation
WQO	Water Quality Objective approach

Résumé

Une réutilisation plus extensive des eaux usées traitées pourrait contribuer à réduire considérablement le « stress hydrique » et la « rareté de l'eau » dans les pays arides et semi-arides comme élément de l'approche de la Gestion Intégrée des Ressources en Eau (GIRE) qui insiste particulièrement sur l'élément de la réutilisation des eaux usées pour l'irrigation ou autre.

Dans les pays concernés, l'agriculture est le premier consommateur d'eau, touchant environ 80% des ressources totales en eau en Tunisie et jusqu'à 90% en Syrie. La substitution de ces sources conventionnelles d'eau (nappes aquifères et eaux de surface) par des eaux usées correctement traitées et propres à l'irrigation, représente ici, le potentiel quantitatif le plus important dans la réutilisation des eaux usées.

La réutilisation des eaux usées récupérées est un thème complexe qui doit non seulement tenir compte des infrastructures respectives de traitement et des technologies de traitement appliquées, mais aussi des **paramètres-clés** tels que la qualité des influents et les options de réutilisation ultérieure par rapport aux normes de qualité courantes telles qu'elles sont définies dans la législation nationale.

Qualité des eaux usées - Influent

La qualité des eaux usées générées et l'origine des influents ont un impact important sur la qualité réalisable des effluents. Dans ce contexte, les eaux usées industrielles sont particulièrement problématiques, puisqu'elles sont de types très diversifiées, souvent toxiques, et qu'elles vont jusqu'à nuire aux procédures de traitement biologique. Ce problème apparaissant surtout dans les grandes agglomérations urbaines devrait être plutôt géré par les installations de prétraitement sur site des installations industrielles respectives. A cet égard, l'industrie aura besoin d'un soutien technique et financier qui pourrait être, par exemple, assuré par un 'Fonds de Décontamination'.

Infrastructures de traitement des eaux usées

Un autre aspect est le niveau de qualité de l'effluent adapté à la réutilisation, pouvant être atteint grâce à une certaine technologie de traitement, aussi bien qu'à la quantité qui en aura été produite. Dans la majorité des pays sud-méditerranéens, les capacités des STEP existantes sont loin de répondre à la demande. Cela nécessite des interventions allant de la création d'extensions, de mesures de réhabilitation et de mises à jour à la construction d'infrastructures nouvelles. C'est le cas aussi bien en zones urbaines qu'en zones rurales. En zone urbaine, l'accent portera surtout sur de grandes STEP centrales équipées de technologies plus sophistiquées, alors qu'en zone rurale, la solution pourrait se présenter sous forme d'infrastructures décentralisées, à faible équipement technique et à budget réduit, bénéficiant si disponible, du soutien d'un 'Fonds municipal'.

Options de réutilisation

Les options de réutilisation potentielle dépendent des besoins quantitatifs en eau et du niveau des exigences de qualité. Pour cela, il existe deux approches différentes : '**Bottom-up**' ⇔ '**Top-down**'.

L'approche **bottom-up** détermine d'abord les options de réutilisation prévues, puis les technologies de traitement exigées, présentant ainsi la base du planning structuré de l'infrastructure future au sein du contexte d'un plan directeur de gestion des eaux usées plus étendu. En cas de rentabilité économique, cette approche offrira le plus grand choix d'options de réutilisation, adaptées aux conditions spécifiques locales, en incluant l'usager dans la procédure de planification.

L'approche **top-down** émane de la qualité des eaux usées épurées existantes et définit les options de réutilisation possibles sur cette base. C'est une approche pragmatique impliquant les infrastructures sanitaires existantes. Néanmoins, cette approche restreint considérablement le potentiel des options de réutilisation.

Sites de génération des eaux usées

Dans la plupart des pays concernés, la bande côtière est plus ou moins étendue, regroupant une population à densité variable, comptant des précipitations suffisantes et des activités agricoles limitées. Cependant, dans ces régions, où la majorité des eaux usées sont générées, les options de réutilisation directe des eaux usées se restreignent à l'irrigation paysagiste (par ex. : les golfs et les jardins d'hôtels, les plantations forestières, les espaces et ceintures vertes et autres objectifs similaires), à la recharge des nappes aquifères (par ex. pour combattre l'infiltration de l'eau salée et remplir les nappes épuisées par les pompages) ainsi qu'à toutes les autres sortes de réutilisations industrielles.

Par contre, les zones rurales nationales sont souvent caractérisées par la pénurie d'eau, d'où un besoin urgent de sources hydriques supplémentaires d'origine non conventionnelle, en particulier dans l'irrigation agricole. Toutefois, les volumes d'eau usée les plus importants sont générés par les agglomérations urbaines lointaines. Dans ces cas précis, la réutilisation pour l'irrigation agricole exigerait des réseaux de transfert à longue distance, ce qui n'est pas toujours rentable.

Aspects légaux

L'élément législatif le plus pertinent sur le plan international, étant accepté et appliqué fondamentalement par toutes les institutions internationales-clés de ce secteur, est la troisième édition du « *WHO Guidelines for the Safe Use of Wastewater, Excreta and Grey Water in Agriculture and Aquaculture* », publiée en 2006 par l'OMS conjointement avec la FAO et l'UNEP. Il s'agit seulement de recommandations n'ayant aucun statut légal, quelle que soit la juridiction. Les gouvernements nationaux peuvent, soit les transposer comme législation nationale, soit y faire simplement référence, en tant que recommandations inexécutables certes, mais donnant aux autorités nationales, la flexibilité de fixer des objectifs d'ordre sanitaires alignés sur ce qui est réalisable dans le contexte socio-économique donné.

Une **analyse comparative de secteur faite dans les cinq pays concernés** a permis d'identifier les goulets majeurs et les recommandations mentionnés ci-dessous, comme éléments de réussite dans la réutilisation extensive des eaux usées traitées :

Goulets et défis

- Un manque de stratégie explicite nationale ou gouvernementale (Plan directeur) dans la majorité des pays sud-méditerranéens pour la réutilisation extensive des eaux usées

traitant efficacement les problèmes liés à la pénurie locale de l'eau et au stress hydrique. Le potentiel relatif à la réutilisation des eaux usées traitées est encore sous-exploité. Toutefois, quelques pays sont plus avancés que d'autres ;

- Les diverses caractéristiques liées aux sites, amenant à la conclusion qu'il n'existe pas de solution universelle contraignant une réutilisation potentielle ;
- Des infrastructures de traitement et des capacités insuffisantes dues au manque de fonds d'investissement résultant dans des volumes d'eau insuffisants et de qualité adéquate pour la réutilisation ;
- Un prétraitement insuffisant des eaux usées industrielles qui sont directement déchargées dans le réseau général des égouts et mélangées aux eaux usées domestiques, soit restreignant ainsi le potentiel de réutilisation ou excédant la capacité de traitement des STEP ;
- Des coûts de recouvrement limités en raison des niveaux de redevances d'eau/des tarifs ou subventions gouvernementales pour l'opération et la maintenance des infrastructures de traitement ou des périmètres de réutilisation; cette situation a un effet négatif sur le fonctionnement des STEP et limite le potentiel de réutilisation ;
- Faible application de la législation concernant la qualité des eaux épurées, mesures insuffisantes de contrôle et de suivi de qualité ;
- Un cadre institutionnel partiellement fragmenté, de coordination et coopération limitées, aggravé par le manque de personnel qualifié et de ressources financières à tous les niveaux ;
- Connaissances insuffisantes du régime hydrique/aquifère général pour pouvoir élaborer les solutions adéquates à la recharge des nappes ;
- Faiblesse de l'organisation ou inexistence de structures pour les usagers d'eaux usées traitées ;
- Acceptation restreinte par l'utilisateur final des produits ayant été irrigués avec des eaux usées traitées.

Recommandations pour l'élimination des goulets

- Soutien aux gouvernements nationaux et régionaux dans le développement de plans directeurs pratiques applicables à la réutilisation des eaux usées traitées (y compris les aspects techniques et économiques, institutionnels, législatifs, et de gestion) - Assistance technique ;
- Mobilisation de prêts/dons pour le financement des investissements dans les infrastructures d'assainissement et de traitement dans les zones urbaines ;
- Mise en place de fonds pour permettre aux municipalités de financer des infrastructures à faible équipement technique et à coûts peu élevés y compris les périmètres de réutilisation adjacents en zone rurale ;
- Soutien à l'industrie, par ex. pour la mise en place de fond de décontamination destiné au financement d'infrastructures de traitement/de prétraitement in-situ pour le recyclage interne des eaux et la réduction de la charge polluante de leurs effluents; et par conséquent, application du principe « le pollueur paie » ;
- Renforcement des capacités des **institutions** impliquées à tous les niveaux - formation et assistance technique ;
- Soutien au développement des systèmes de tarification permettant le recouvrement des coûts au niveau de l'approvisionnement en eau, du secteur de l'assainissement et de l'irrigation, considérant aussi les subventions gouvernementales et les contributions privées (PPP) ;

- Financement d'études hydrogéologiques pour définir les sites adéquats destinés à la recharge des nappes aquifères;
- Soutien à la mise en place des associations d'usagers d'eau - Assistance technique.

En général, les **solutions techniques** sont disponibles, mais doivent être adaptées aux conditions spécifiques locales. Les défis majeurs sont le goulet 'politique' et le goulet 'institutionnel', ce qui justifie le renforcement de capacités à plusieurs niveaux (Ministères, agences, opérateurs des STEP, etc...) ainsi que la réalisation des campagnes d'information et de sensibilisation publiques.

1 Justification

Les ressources en eaux sont limitées globalement et, de plus, soumises à l'influence des facteurs anthropologiques comme la surexploitation et l'accroissement démographique dans certains pays du sud aggravant encore cette situation. De plus, les ressources en eaux sont inégalement réparties, ce qui conduit en partie à des situations dramatiques de pénuries régionales et locales, encore souvent amplifiées par la pollution des eaux de surface et des nappes aquifères ainsi que par une gestion non durable des ressources en eaux.

Selon l'extrapolation la plus négative, et suivant les pronostics du Rapport Mondial sur l'Eau (World Water Report (UNESCO, 2006) qui tient compte des habitudes de consommation actuelles, jusqu'au 7 milliards de personnes de 60 pays différents, souffriront au milieu de ce siècle **de pénuries d'eau** ; dans le meilleur des cas, cela concernerait au moins 2 milliards de personnes dans 48 pays. A cela, les experts du 'Intergovernmental Panel on Climate Change' (IPCC, 2007) prévoient une aggravation ultérieure des pénuries globales d'eau résultant des effets du **changement climatique global**.

La disponibilité en eau par personne dans les pays du nord est en moyenne de 58 % supérieure à celle des pays du sud, mais l'intensité d'utilisation de l'eau est pratiquement similaire dans les deux groupes. La situation est particulièrement dramatique au Moyen-Orient et en Afrique du nord, avec seulement près de 12 % du volume des ressources en eau européennes et où l'on s'attend à **des bilans d'eau négatifs** dans l'ensemble des pays dans 15 ou 20 ans.

Dans plusieurs des pays sud-méditerranéens, la rareté de l'eau locale et régionale mène déjà à un épuisement des ressources des nappes aquifères en raison du pompage excessif. De plus en plus, on y réutilise des eaux usées non- ou insuffisamment traitées pour l'irrigation, puisqu'elle est disponible gratuitement, même en saison sèche et à cause de sa valeur nutritive. **L'irrigation agricole** est le plus grand consommateur d'eau dans les pays du sud méditerranéen et offre le plus grand potentiel de mise en place de schémas de réutilisation des eaux usées. Bien que ces pays aient souvent une législation restrictive (concernant le choix cultural) et des normes de qualité en ce qui concerne la réutilisation de l'eau, celle-ci n'est pratiquement pas contrôlée et souvent, la production agricole ne répond pas au minimum des importantes exigences hygiéniques.

La réutilisation **sûre et contrôlée** des eaux usées récupérées et traitées peut aider à améliorer la production agricole. La valorisation pour le secteur agricole se trouve alors dans la contribution apportée à la sécurité alimentaire locale, atténuant les effets de changement climatique, agrandissant les surfaces irriguées et la palette des cultures, faisant faire des économies d'engrais, augmentant le rendement. De ce fait, agissant favorablement sur la situation économique des agriculteurs, les amenant à une plus forte production, favorisant l'emploi et ralentissant l'exode rural. Une prévention au niveau de la réutilisation malsaine des eaux usées pourrait aider à améliorer la situation sanitaire publique en réduisant le taux des maladies générées par l'eau.

Toutefois, dans les pays du sud méditerranéen, les ressources en eau ne sont pas également réparties. Il y a souvent assez de précipitations dans les zones côtières à forte densité de population et des pénuries d'eau inhérentes à l'intérieur des terres, là où se trouve la majorité de la production agricole. Le besoin urgent en ressources en eau supplémentaire (non conventionnelles) est le facteur le plus décisif dans le domaine de la

réutilisation des eaux usées traitées. Cette disparité peut être résolue soit par **transfert** des eaux usées traitées depuis les grandes agglomérations vers les zones agricoles, soit par **d'autres options de réutilisation** telles que la recharge des nappes aquifères et la réutilisation industrielle ou encore la simple décharge des eaux usées traitées dans le milieu naturel pour combattre la pollution environnementale.

D'autres options pour **substituer** la réutilisation des eaux usées à l'utilisation **des ressources en eaux fraîches** existent sous la forme d'irrigation des espaces verts, tels que les terrains de sport, les golfs, les jardins d'hôtels, les espaces verts publics, les plantations forestières et les ceintures vertes, aussi bien que pour la recharge des nappes aquifères et la réutilisation industrielle.

Le **potentiel de récupération des eaux usées et leur réutilisation sûre** est actuellement loin d'être exploité dans les régions du sud méditerranéen. A l'échelle mondiale, (en prenant le volume des eaux usées traitées réutilisé par habitant), Qatar, avec ses 170.323 m³/jour par million d'habitant, occupe le 1^{er} rang suivi d'Israël (166.230) et du Koweït avec 163.330 m³/jour par million d'habitant. A ce niveau, la Syrie occupe le 9^{ème} rang mondial, avec 55.109 m³/jour par million d'habitants, la Tunisie, le 11^{ème} avec 51.233, l'Egypte, le 15^{ème} avec 26.301, le Maroc, le 32^{ème} avec 3.358 et le Liban, le 39^{ème} avec 1.528 m³/jour par million d'habitants.

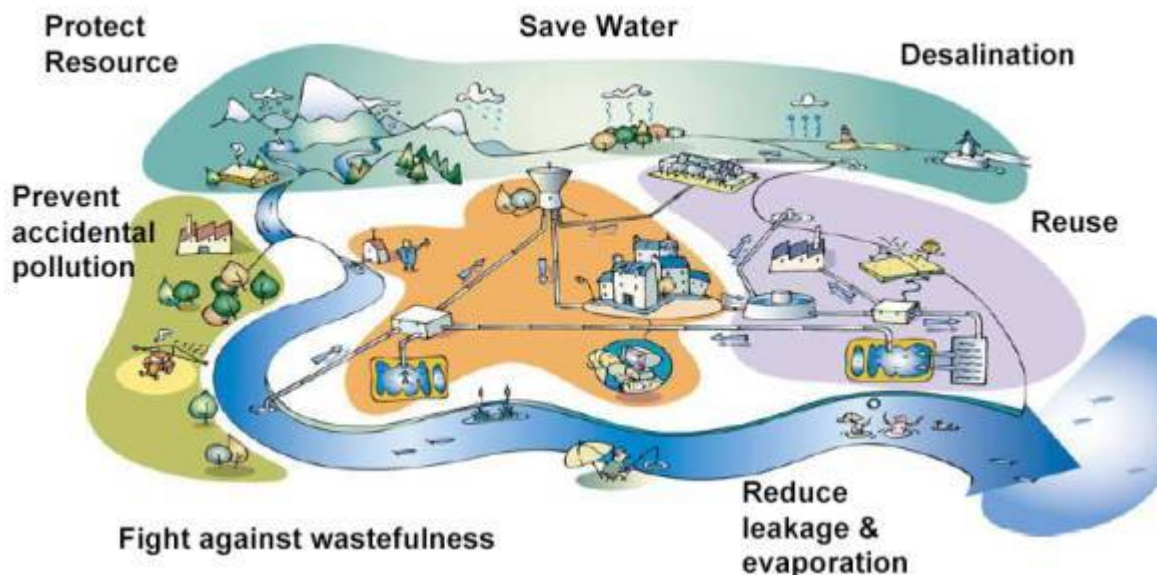
L'objectif de cette étude est d'identifier à la fois les **forces motrices** et les **goulets** relatifs à la réutilisation des eaux usées à plus grande échelle afin de contribuer à marquer les circonstances favorables. Il est probable que ces dernières existent déjà ou qu'elles aient été mises en place pour permettre la réalisation de projets d'investissement ciblés sur l'atténuation des problèmes d'eau auxquels doivent faire face les cinq pays concernés.

Afin de mieux comprendre les cinq analyses nationales, ce document présentera tout d'abord une description générale des options de réutilisation des eaux usées dans divers secteurs, les conditions techniques préalables d'une application sûre ainsi que les conditions cadre au niveau institutionnel, économique et socioculturel nécessaires à la réussite des schémas de réutilisation des eaux usées.

2 Réutilisation des eaux usées en tant qu'élément de la GIRE

La **gestion intégrée des ressources en eau (GIRE)** est une approche fondamentale traitant les problèmes actuels et futurs relatifs à l'eau, incluant les aspects liés autant aux volumes disponibles qu'aux taux de pollution.

Figure 1 : Régime hydrique général



Le cycle hydrique doit être considéré dans son entité, incluant aussi bien les ressources de surface que celles des nappes aquifères afin de développer les mesures appropriées anti-pollution et réduire la surexploitation. La vision d'un cycle hydrique global comprend le recyclage d'éléments des flux d'eau destinés à des objectifs différents. La réutilisation des eaux usées récupérées devrait toujours être considérée comme étant un élément d'un plan de **gestion intégrée des ressources en eau (GIRE)**.

2.1 Options techniques

2.1.1 Approche de planification

Les possibilités de réutilisation d'éléments du flux d'eau demandent des technologies spécifiques de traitement, qui peuvent être planifié sous deux angles:

'Bottom-up' ↔ 'Top-down'.

L'approche **'bottom-up'** détermine d'abord les options de réutilisation prévues, puis les technologies de traitement exigées, présentant ainsi la base du planning structuré de **l'infrastructure future** au sein du contexte d'un plan directeur de gestion des eaux usées plus étendu. Si cela s'avère économiquement rentable, cette approche offrira le plus grand choix d'options de réutilisation, adaptées aux conditions spécifiques locales.

L'approche '**top-down**' émane de la qualité des eaux usées épurées existantes et sert de base à la détermination des options de réutilisation possibles. C'est une approche tenant compte des **infrastructures existantes**. Ceci reflète la majorité des situations, là où une infrastructure existante (avec ses défauts probables) détermine et éventuellement restreint les options de réutilisation.

Un exemple d'approche de planification 'bottom-up' dans un cas typique de réutilisation des eaux usées est présenté à l'annexe 1.

2.1.2 Types d'eaux usées

Plus les influents pénétrant dans une STEP sont pollués et plus leur gamme de contamination est variée, plus la technologie du traitement à appliquer sera techniquement et financièrement exigeante. Dans le pire de cas, ca pourrait même aboutir à l'impossibilité d'une réutilisation quelconque.

Les **eaux usées industrielles** présentent un problème particulier dans la majorité des pays sud-méditerranéens. En effet, elles sont souvent toxiques, et déchargées à l'état brut, dans le milieu naturel. Des processus biologiques (boues activées) peuvent réagir très vivement à certaines substances toxiques, soit aux polluants organiques (persistants), aux métaux lourds et autres, ou pouvant même aller jusqu'à la destruction complète de la faune micro-biologique. Ce problème doit déjà être traité au niveau du site industriel, en renforçant les lois existantes sur le traitement préalable obligatoire des eaux usées in-situ que l'appui financier et technique des industries les plus polluantes lorsqu'elles mettent en place un procès de production plus propre.

La source potentielle majeure de récupération de l'eau est présentée par les **eaux usées municipales**, formées la plupart du temps d'eaux usées domestiques contenant aussi des excréments humains critiques au niveau sanitaire.

L'une des sources les plus fiables pour la récupération de l'eau est celle des '**eaux grises**' : c'est-à-dire, une partie des eaux usées domestiques récupérées séparément par les douches de salles de bain, les lavabos, les cuisines ainsi que de toutes autres procédures de lavage, à l'exception des toilettes et ne contenant aucun excrément humain critiques au niveau sanitaire.

Les eaux d'orage et de drainage peuvent aussi servir de source fiable pour la récupération de l'eau, suivant le type de source (dans le cas des eaux de drainage) ainsi que la méthode de la récupération et du stockage qui peut influencer leur qualité.

Un critère essentiel dans la réutilisation des eaux grises et des eaux d'orage en est la collecte et l'utilisation des systèmes de distribution (comme tuyauteries et filtres) séparés. Dans les pays concernés, telles systèmes ne sont normalement pas disponibles et pourraient représenter un facteur de coût important.

2.1.3 Technologies de traitement

Les diverses qualités d'influents des eaux usées ainsi que les options de réutilisation qui en résultent exigent des technologies de traitement différentes. Les options technologiques disponibles sont très diverses par rapport à leur potentiel de purification/décontamination. Il y a une corrélation directe entre celui-ci et ses coûts respectifs (investissement, fonctionnement et maintenance) ainsi que le besoin en personnel qualifié et la surveillance de la qualité. En général, plus la technologie est efficace, plus le besoin en personnel qualifié est pressant.

Quelles qu'en soient leurs origines et leur traitement, les eaux usées sont une source potentielle de contamination par pathogènes, métaux lourds et une variété de substances chimiques organiques. D'importants risques pour la santé sont associés à leur utilisation, à savoir, les infections intestinales causées par des virus, des bactéries et des parasites protozoaires/métazoaires.

Afin d'éviter les impacts négatifs sur la santé humaine et sur l'environnement, les **options de traitement** suivantes doivent être appliquées dans diverses circonstances.

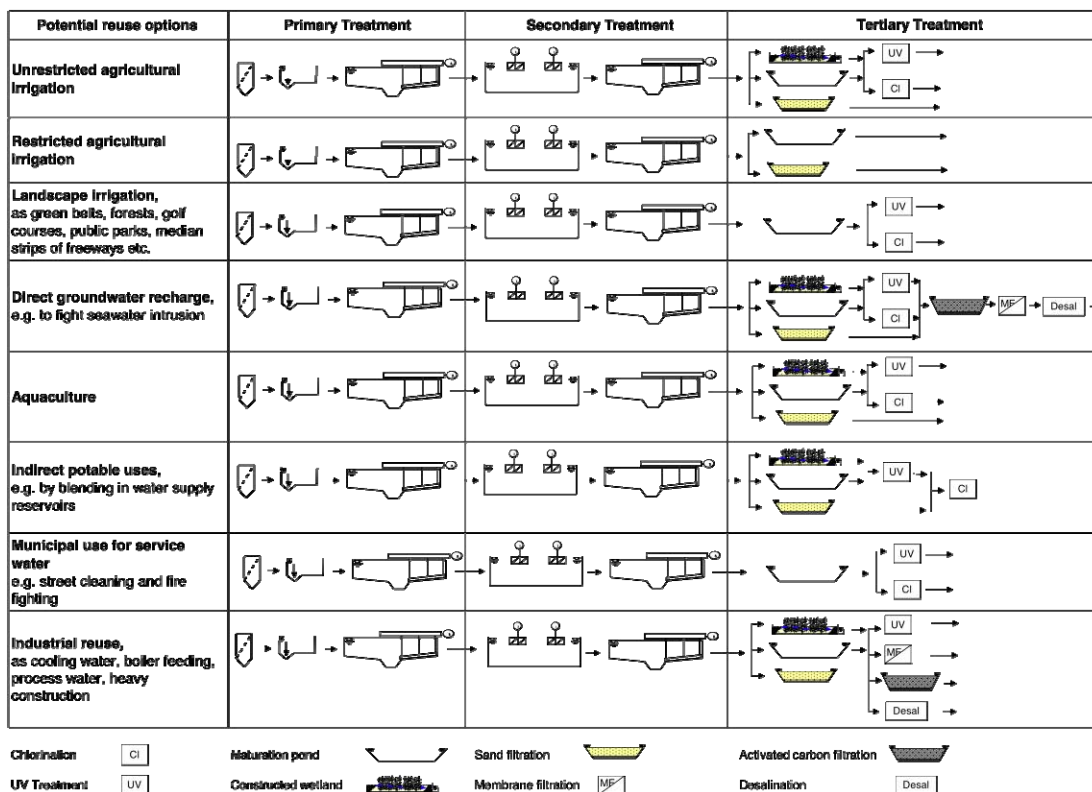
Particulièrement en **zone rurale** et/ou dans les petits lotissements sans grande activité industrielle :

- **Lagons** ou systèmes d'étangs, destinés à la sédimentation et à la dégradation biologique partielle, occasionnellement suivie de chloration dans l'irrigation restreinte; application typique dans les pays méditerranéens avec infrastructures de traitement modérées.
- **Les zones humides artificielles (construites)**, traitement des eaux usées en lits filtrants, en majorité pour des plus petites installations de traitement, pour l'élimination des charges organiques, élimination partielle des pathogènes et des nutriments, appliqués surtout dans le nord de l'Europe (Pays-Bas) et le sud de l'Europe (Espagne).

Applicables la plupart du temps dans les **zones urbaines** à forte densité de population, là où on a besoin de grandes stations centrales de traitement (STEP):

- **STEP - Traitement primaire**, comprenant le filtrage mécanique et la sédimentation: l'élimination des particules, des graisses solubilisation des composants; souvent appliquées dans les villes en bordure du littoral où les eaux usées sont rejetées dans la mer;
- **STEP - Traitement secondaire**, élimination de DBO, DCO, N et P par les boues activées ou par la technologie des lits filtrants fixes. Partiellement opérationnel dans les pays sud méditerranéens;
- **STEP - Le traitement tertiaire**, procédures de traitement avancé pour l'élimination des nutriments ou des matières en suspension solides, comprenant les différentes variétés de filtration par membrane (telles que surface, micro, ultra, nano..), par floculation/précipitation, échange ionique, osmose inversée, filtration par lit de sable, etc.
- **Désinfection**, par ex. à l'ozone, au dioxyde de chlore, au gaz de chlore, aux rayons ultra-violets.

Figure 2 : Exemple d'une matrice de traitement pour la réutilisation



NB: Ce tableau a été adapté et se base sur la source AQUAREC, D17, mai 2006.

Ce schéma peut seulement donner une indication approximative sur la technologie de traitement à appliquer aux eaux usées selon l'usage prévu. Comme l'efficacité de la technologie de traitement dépend directement de la qualité de son fonctionnement et de la maintenance, que de la qualité des influents, sa conformité d'application doit être vérifiée et surveillée pour chaque option de réutilisation par **une analyse des paramètres cruciaux**, basée sur les **normes nationales de qualité** en vigueur.

Le **traitement secondaire** (fait partiellement en lagons et en zones humides artificielles construites) peut être considéré comme une base suffisante de la réutilisation ultérieure des eaux usées traitées, mais seulement à condition que le volume des influents industriels vers la STEP soit très limité. Toutefois, même en cas d'irrigation restreinte, un certain type de traitement tertiaire supplémentaire sera nécessaire, par ex. désinfection et maturation afin de réduire les pathogènes et/ou une filtration par lit de sable en cas d'irrigation au goutte-à-goutte.

Bien que certains nutriments contiennent des éléments positifs pour la réutilisation agricole, le taux de salinité des eaux usées traitées présente un problème particulier qui peut aboutir à une **salinisation des sols et à une diminution des récoltes**. La baisse de la teneur en sel des eaux usées traitées peut être au mieux gérée par le contrôle des influents, car la désalinisation des eaux usées exige des méthodes technologiquement sophistiquées et coûteuses.

En ce qui concerne les options de réutilisation, telles que la recharge directe des nappes aquifères et les réutilisations industrielles spécifiques, les exigences de qualité sont plus élevées, spécialement en ce qui concerne les sels/les nutriments qui doivent être retirés par **traitement chimique tertiaire** (par ex.: échanges ioniques et floculation/précipitation) et/ou par traitement physique tertiaire (par ex.: toutes les sortes de filtrage y compris l'osmose inversée). Ces types de traitements tertiaires sont très onéreux et caractérisés par un équipement de pointe cher, une importante consommation de produits chimiques ainsi qu'une forte consommation d'énergie.

2.1.4 Options de réutilisation

Actuellement, les options de réutilisation les plus prometteuses dans les pays sud méditerranéens sont l'application d'eaux usées traitées destinées à l'irrigation restreinte en agriculture et des espaces verts, la recharge de la nappe aquifère et le recyclage industriel spécifique.

Dans les pays arides et semi-arides du Moyen-Orient et de l'Afrique du nord, **l'agriculture est le premier consommateur d'eau**, touchant environ 80% des ressources totales en eau en Tunisie et jusqu'à 90% en Syrie. La substitution des sources conventionnelles d'eau (souterraines et eaux de surface) par des eaux usées correctement traitées et propres à l'irrigation, représente le **potentiel quantitatif le plus important** dans la réutilisation des eaux usées.

L'irrigation agricole

La réutilisation des eaux usées pour l'irrigation agricole présente trois défis majeurs:

1. **Les exigences de qualité** : à respecter afin de limiter tous les impacts négatifs possibles sur la santé humaine et sur l'environnement/le cycle hydrique, demandant un traitement approprié de l'eau et l'application de techniques d'irrigation sûres.
2. **La demande saisonnière** : lorsque l'eau usée est produite constamment, mais l'irrigation seulement saisonnière, exigeant par ex. des infrastructures intermédiaires de stockage.
3. **Le site de production** : le plus grand volume d'eau usée est produit dans les grandes agglomérations urbaines bien que les zones agricoles soient en majorité situées en zone rurale, exigeant par ex. des réseaux de transfert à grande distance.

La faisabilité technique et économique doit être évaluée pour chaque site, surtout dans le cas où seront impliquées de grandes infrastructures telles que les réservoirs de stockage et les réseaux de transfert à grande distance équipés de pompes.

En ce qui concerne les cultures destinées à la consommation humaine directe, l'application des eaux usées récupérées dans les pays sud-méditerranéens se limitera:

- aux cultures qui ne poussent pas en surface ou en sous-sol et non présentant une exposition directe aux eaux usées potentiellement nocives, par ex. sur les arbres plantés en vergers ;
- aux cultures qui sont consommées cuites ou transformées de telle manière que les risques sanitaires soient réduits ;
- aux cultures non-alimentaires et/ou industrielles, par ex. pour le biocarburant.

En plus du **traitement des eaux usées** proprement dit, les pratiques d'ingénierie relatives à une réutilisation sûre des eaux usées comprennent aussi les **méthodes et techniques d'irrigation** appropriées qui peuvent aider à réduire les risques potentiels pour la santé.

L'irrigation souterraine et au goutte-à-goutte peuvent offrir le meilleur taux de protection, aussi bien d'utiliser l'eau de manière plus efficace, et d'atteindre de meilleurs rendements. Toutefois, un traitement des eaux usées hautement efficace (par ex. un traitement tertiaire supplémentaire par filtration sur lit de sable) est nécessaire pour éviter l'encrassement des buses.

A côté des risques présentés pour les humains, les risques potentiels pour l'environnement devraient être pris en compte et abordés de manière adéquate. Le taux élevé de salinité et des nutriments (N et P) ainsi que d'autres polluants dans les sols irrigués menacent l'eau des nappes aquifères et de surface. Pourtant, il est possible de réduire ces risques de salinisation, d'eutrophication et de contamination (métaux lourds et polluants organiques) ou de les éviter en utilisant une méthode adaptée de suivi. Ainsi, l'irrigation avec des eaux usées traitées est restreinte à un niveau acceptable, puis il est nécessaire d'envisager un drainage adéquat des sols et considérer le lessivage des sols dans la détermination de la dose d'irrigation.

Irrigation des espaces verts / Irrigation environnementale

L'irrigation des espaces verts' concerne l'irrigation de surfaces non utilisées directement pour l'agriculture, telles que les ceintures vertes urbaines, les jardins publics/les jardins, les plantations forestières et les bandes médianes des avenues et des autoroutes ainsi que les infrastructures sportives (par ex. les terrains de golf) et les jardins des hôtels.

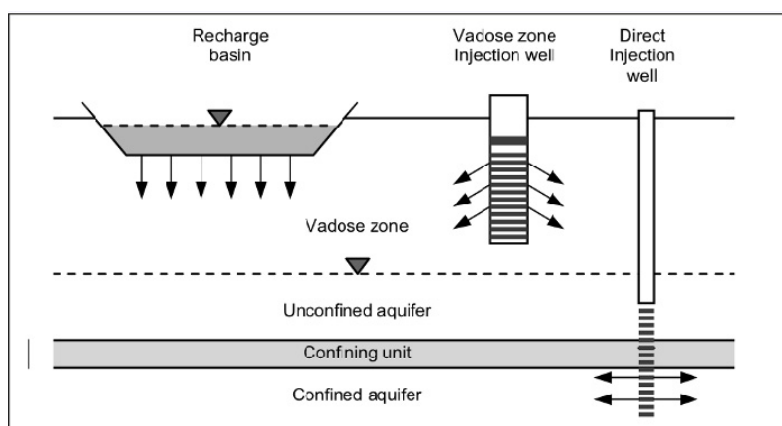
En Egypte, la réutilisation des eaux usées traitées est actuellement limitée aux schémas gouvernementaux tels que la plantation de zones forestières en zone désertique et les ceintures vertes autour de la ville du Caire. A l'avenir, on a prévu d'attirer des investisseurs privés, par ex. pour la culture de récoltes industrielles telles que le jatropha ou autres.

Des investisseurs privés du secteur touristique utilisent déjà et paient l'eau d'irrigation issue d'eaux usées traitées, par ex. pour les golfs ou les jardins des hôtels. Au Maroc, conformément à un décret royal, la réutilisation des eaux usées traitées est devenue standard dans l'irrigation des courts de golf.

Recharge des nappes aquifères

La recharge des nappes aquifères peut être utilisée pour préserver le niveau de ces nappes, pour éviter l'effondrement de terrain, empêcher les infiltrations d'eau marine salée dans les nappes aquifères, de stocker les eaux usées récupérées ainsi que les écoulements de surface pour les utilisations futures (appelée recharge aquifère et récupération). Les méthodes de recharge normalement utilisées comprennent l'infiltration par bassins, l'injection directe dans les nappes aquifères et l'infiltration des berges.

Figure 3 : Les types de recharge de la nappe aquifère



La 'zone vadose', aussi appelée zone insaturée, est la part de sol entre la surface et la zone phréatique ou zone de saturation. Elle s'étend du haut de la surface de sol au niveau de l'eau. La recharge de la nappe phréatique, en tant que processus important remplissant les nappes phréatiques, se fait généralement par infiltration de la précipitation dans la zone vadose.

La recharge des nappes aquifères est une pratique assez délicate, demandant un traitement de qualité élevé et une solution exhaustive d'infiltration des eaux usées récupérées afin d'éviter les impacts négatifs sur le sol et sur la nappe aquifère en raison des taux élevés de nutriments, de sels, de pathogènes ou de polluants chimiques tels que les métaux lourds. Pour de plus amples informations sur les normes de qualité, veuillez consulter l'ouvrage suivant : « Draft California Regulations for Groundwater Recharge into Potable Aquifers¹ ».

Une exigence indispensable et requise pour la planification d'options de recharge de nappe phréatique fiable est **une connaissance profonde de tout le système hydrologique** pour concevoir quantitativement et qualitativement les systèmes de recharge de manière à pouvoir aider à la réalisation des objectifs et ne pas perturber le régime global de la nappe phréatique.

Le recyclage à usage industriel

L'eau à usage industriel n'est pas soumise aux mêmes normes que l'eau potable. Cependant, la majorité du volume des eaux usées générées peut être réutilisée sur site (considérée généralement comme eau de recyclage) ou collectée à partir de l'une ou l'autre des installations générant des eaux usées à usage multiple (généralement appelée réutilisation). En utilisant de l'eau plusieurs fois de suite, l'industrie peut tirer plus de profit de chaque litre, tout en diminuant le développement de nouvelles adductions et préserver les ressources en eau.

La réutilisation des eaux usées est de plus en plus appliquée comme supplément ou remplacement de l'eau fraîche dans les demandes de l'industrie. La réutilisation industrielle a le double avantage de présenter une demande générale continue et la capacité d'utiliser des

¹ <http://www.cdph.ca.gov/certlic/drinkingwater/Documents/Recharge/DraftRechargeReg2008.pdf>

eaux usées ayant subi un traitement secondaire. Les majeurs facteurs qui influencent les eaux usées industrielles comprennent la disponibilité et la fiabilité de la source générant l'eau, les exigences relatives aux décharges de l'industrie et les exigences de qualité et de quantité de l'eau. Les technologies par membrane (ultra filtration et osmose inversée) sont de plus en plus utilisées, ouvrant la possibilité de produire de l'eau de très grande qualité à partir d'eau usée traitée de manière conventionnelle.

Si l'on tient compte de la diversité du secteur industriel et de la diversité des qualités d'eaux usées produites qui en résulte, le recyclage à des fins industrielles consiste surtout à trouver une solution individuelle à chacune des industries spécifiques. La majorité des usages industriels comprennent l'augmentation des systèmes de refroidissement, l'eau de process, l'eau d'alimentation de la chaudière, l'eau de lessivage et les applications diverses telles que la protection incendie et le contrôle de poussière.

Bien que le prétraitement des eaux usées soit obligatoire dans tous les pays concernés, il n'est que faiblement appliqué. Le recyclage et la réutilisation des eaux usées industrielles résultent du confinement des eaux polluées, évitant ainsi la pollution des eaux usées municipales et les rendant plus facilement réutilisables.

Les « Guidelines for Water Reuse » of the U.S. 'Environmental Protection Agency' (EPA, Septembre 2004)² offrent une plus grande quantité d'informations spécifiques sur la réutilisation de l'eau de refroidissement/de l'eau de chaudière et sur la réutilisation dans quelques secteurs industriels bien précis (pâte à papier, industrie chimique, industrie textile, pétrolière et minière). L'administration australienne, Australian NSW (North South Wales) Food Authority a élaboré la "réglementation sur la réutilisation de l'eau" pour le secteur alimentaire (Mai 2008)³.

2.1.5 Sites de production et de demande des eaux usées

Le stress hydrique et la pénurie d'eau sont très mal répartis entre et à l'intérieur des pays méditerranéens. Il en est de même pour les sites où sont générées les eaux usées et où ils sont sujets à demande.

Dans la plupart des pays concernés, la bande côtière est plus ou moins étendue, regroupant une population à densité variable, comptant des précipitations suffisantes et des activités agricoles limitées. Cependant, dans ces régions, où la majorité des eaux usées est générée, les options de réutilisation directe des eaux usées se restreignent à l'irrigation paysagiste (par ex. : les terrains de golfs et les jardins d'hôtels, les plantations forestières, les ceintures vertes et autres objectifs similaires), à la recharge des nappes aquifères (par ex. pour combattre l'infiltration de l'eau salée et remplir les nappes surexploitées par le pompage) ainsi qu'à toutes les autres sortes de réutilisations industrielles. Dans les zones rurales et dans leurs alentours, la production rentable des légumes grâce au traitement des eaux usées est en général interdite à cause des restrictions en vigueur.

² <http://www.epa.gov/nrmrl/pubs/625r04108/625r04108.pdf>

³ http://www.foodauthority.nsw.gov.au/_Documents/industry_pdf/water-reuse-guidelines.pdf

Par contre, les zones rurales à l'intérieur des pays sont souvent caractérisées par la pénurie d'eau, d'où un besoin urgent de sources hydriques supplémentaires pour l'irrigation agricole. Toutefois, les volumes d'eau usée les plus importants sont générés par les agglomérations urbaines lointaines. Dans ces cas précis, la réutilisation pour l'irrigation agricole exigerait des réseaux de transfert à longue distance, ce qui n'est pas toujours rentable à cause de gros investissements à faire et des coûts élevés de fonctionnement et de maintenance, puisqu'il est souvent nécessaire de procéder à des pompages.

2.2 Aspects économiques

Les aspects économiques des projets de réutilisation des eaux usées dépendent des conditions cadre locales/régionales et peuvent différer considérablement. Les critères les plus décisifs sont, par ex.: les ressources en eau disponibles, leur accès, la distance entre les sites de production et de la réutilisation des eaux usées traitées ainsi que leurs infrastructures de traitement disponibles. D'autres critères majeurs incluent l'infrastructure générale, les conditions climatiques, la production agricole, d'autres secteurs économiques (tels que l'industrie, le tourisme, etc...), du cadre institutionnel (gouvernemental et privé), de la politique et de la stratégie en place dans le secteur de l'eau, de l'application de la législation, du niveau général de revenu de la population/des agriculteurs, des structures de tarification de l'eau existantes/ou des subventions gouvernementales.

En agriculture - actuellement le secteur le plus important dans la réutilisation des eaux usées traitées - l'obstacle fondamental du financement durable des schémas de réutilisation des eaux usées est le fait que l'eau d'irrigation dans les périmètres publics est soit gratuite ou soit vendue bien en-dessous de sa valeur. L'eau gratuite ou bon marché pour les agriculteurs est une habitude bien enracinée et beaucoup de pays, considèrent ce sujet comme une nécessité d'arriver à une situation telle que la production alimentaire bon marché et l'autonomie alimentaire. De telles politiques ont un fort message émotionnel et politique, mais la poursuite de la fourniture d'eau à bon marché fortement subventionnée complique extrêmement l'introduction de prix de marché pour l'eau fraîche et encore plus en ce qui concerne les eaux usées récupérées.

La figure suivante donne un aperçu comparatif des exigences spatiales, des investissements et des coûts opérationnels par habitant pour les différentes technologies de traitement disponibles. Ces paramètres servent de base à une décision d'investissement sur l'infrastructure de traitement des eaux usées à partir de critères économiques : c'est-à-dire en tenant compte aussi bien des coûts d'investissement initiaux que des coûts de fonctionnement annuels à long terme.

Tableau 1: Considérations économiques sur différents systèmes de traitement des eaux usées

Système	Exigences spatiales (m ² /habitant)	Coûts de construction (€ ⁴ /habitant)	Coûts de fonctionnement et de maintenance (€/habitant*an)
Traitement primaire conventionnel	0,02 – 0,04	9 – 15	0,4 – 0,8
Lagunage facultatif	2,0 – 4,0	11 – 23	0,6 – 1,2
Lagunage anaérobe + facultatif	1,2 – 3,0	9 – 23	0,6 – 1,2
Lagunage anaérobe + facultatif + lits de maturation	3,0 – 5,0	15 – 30	0,8 – 1,5
Lagunage facultative aérée	0,25 – 0,5	15 – 27	1,5 – 2,7
Zones humides construites	3,0 – 5,0	15 – 23	0,8 – 1,2
Infiltration rapide	1,0 – 6,0	9 – 23	0,4 – 1,2
Inondation des sols	2,0 – 3,5	12 – 23	0,6 – 1,2
Boues conventionnelles activés	0,12 – 0,25	31 – 50	3,0 – 6,1
Boues activés + aération extensive	0,12 – 0,25	27 – 38	3,0 – 6,1
Boues activés + filtration tertiaire	0,15 – 0,30	38 – 58	4,6 – 7,7
Filtre lent	0,12 – 0,3	38 – 46	3,0 – 4,6

Source adaptée de: WHO Guidelines for the Safe use of Wastewater, Excreta and Greywater (2006) - Volume 2

Calcul du tarif et recouvrement des coûts

Les revenus atteints à partir d'une tarification adéquate de l'eau sont - en plus des subventions gouvernementales - la seule source durable pour financer les coûts récurrents. Tous les pays sud-méditerranéens subventionnent les prix de l'eau, soit directement et/ou par financement des investissements majeurs (tels que les barrages, les réseaux centralisés, etc.), désignés sous le nom de « coûts non récupérables ou fonds perdus ». Il est impossible de spécifier exactement les niveaux respectifs de ces subventions. Normalement, seule une partie des coûts de fonctionnement et de maintenance sont couverts par la tarification de l'eau, soit pour des raisons politiques (sociales), pour aider les agriculteurs ou pour lutter contre l'exode rural, etc..

Toutefois, les « coûts réels » doivent être connus avant prendre une décision d'investissement dans des projets de traitement des eaux usées et/ou des projets de réutilisation afin de garantir leur pérennité économique. L'approche économique à appliquer est connue sous le nom de '**technique dynamique des coûts**'.

⁴ Taux de change, mars 2009: 1,30 \$ = 1,00 €

Les **coûts dynamiques de la production d'eau au m³ (CDPE)** reflètent l'ensemble des coûts de fourniture d'eau pour la durée de vie d'un projet d'investissement. Ils peuvent être exprimés au niveau du recouvrement des coûts totaux (investissement et fonctionnement et maintenance) ou seulement fonctionnement et maintenance. En tant que tels, ils forment la base des calculs de la tarification de l'eau et/ou du montant des subventions gouvernementales supplémentaires nécessaires pour garantir l'opération et la maintenance à long terme des projets d'investissements, y compris le recouvrement des coûts d'investissement.

Affectation des coûts de récupération des eaux usées

Bien que la collecte et le traitement des eaux usées forment une exigence préalable à une réutilisation subséquente, les coûts qui y sont liés ne peuvent pas être affectés uniquement à l'utilisateur final (par ex. l'agriculteur). De ce fait, pour les égouts et le traitement aux normes de décharge dans l'environnement, le principe « **pollueur-payeur** » doit être appliqué, signifiant que les coûts de décontamination doivent être couverts par le pollueur, le consommateur d'eau fraîche. L'ampleur de traitement que doivent subir les eaux usées avant d'être déchargées dans l'environnement est spécifique au pays concerné et l'interface adéquate entre « le pollueur » et « l'utilisateur » doit être déterminé de manière adéquate.

La réutilisation des eaux usées traitées comprend les procédés suivants qui doivent être durablement financés afin de garantir la fourniture d'eaux usées sûres et suffisamment traitées pour l'irrigation et autres usages :

- La collecte et le traitement des eaux usées (en général jusqu'au niveau secondaire) => les coûts à affecter au producteur d'eaux usées/consommateur d'eau fraîche, conformément au principe « pollueur-payeur », par ex. par l'intermédiaire de la **tarification sanitaire** spécifique au secteur et à la charge polluante.
- Le traitement supplémentaire des eaux usées (jusqu'au niveau tertiaire, si requis par une forme de réutilisation particulière), le stockage intermédiaire et la distribution => des coûts devant être couverts par les usagers des eaux usées traitées, par ex. par **une tarification de l'irrigation**, des subventions gouvernementales potentiellement demandées dans les cas où les coûts dépassent la capacité de paiement des usagers.

Coûts de traitement des eaux usées et frais de réutilisation

Les coûts du traitement des eaux usées et de la réutilisation ainsi que ceux de l'eau d'irrigation conventionnelle sont résumés et comparés - comme coûts dynamiques de production de l'eau (CDPE) en m³ - dans le tableau suivant :

Tableau 2: Comparaison des coûts de traitement des eaux usées et redevance de réutilisation

Le pollueur paie = usager d'eau fraîche		L'utilisateur paie = par ex. le paysan		L'utilisateur paie = paysan	
Coûts de traitement des eaux usées		Coûts de réutilisation de l'eau		Redevance pour l'eau d'irrigation	
Conduites en béton + étangs de stabilisa- tion des eaux usées	~0,8 €/m ³	Coûts réels au Maroc (seulement O&M)*	~0,11 €/m ³	Coûts réels pour la fourniture d'eau au Maroc* à partir des barrages	0,25 – 0,64 €/m ³
Egouts de bonne qualité + système de traitement avancé	3 – 5 €/m ³	Coûts réels en Tunisie (seulement O&M)*	0,06 – 0,11 €/m ³	Redevance au Maroc	0,09 – 0,14 €/m ³
Collecte et traitement secondaire en Tunisie	~2,7 €/m ³	Redevance d'irrigation pour les eaux usées traitées en France, Espagne, en Jordanie, au Maroc et en Tunisie	0,02 – 0,08 €/m ³	Redevance en Tunisie	~0,077 €/m ³

*Pour les chiffres pris pour les études de faisabilité, voir ci-dessus

Parmi les projets de réutilisation des eaux usées, le prix des eaux usées traitées pour la réutilisation (traitement supplémentaire si nécessaire, stockage intermédiaire, réseaux de distribution, pompage) n'est pas systématiquement plus élevé que celui de l'eau d'irrigation conventionnelle (barrages, réservoirs de stockage, réseaux de distribution, pompage). Dans ce contexte, il s'avère utile de poser la question suivante: est-ce justifié d'imputer les tarifs de recouvrement des coûts des eaux usées traitées pour l'utilisation (= usager paie) si ce principe n'est pas appliqué dans les systèmes d'eau d'irrigation conventionnelle ? Supposons que la réponse soit « non », puisque les coûts supplémentaires pour la récupération des eaux usées pourraient être financés par des mécanismes similaires à ceux utilisés dans l'eau d'irrigation conventionnelle.

En tant que projets de **réutilisation agricole**, les projets sont rarement profitables à eux seuls. La tarification de l'eau ne pouvant couvrir qu'une partie des coûts et nécessitant la compensation par des subventions gouvernementales, comme c'est le cas pour l'eau d'irrigation conventionnelle.

L'irrigation des espaces verts, des parcs urbains, des ceintures vertes/végétales, des forêts, des bandes médianes d'autoroutes, etc. constitue un devoir public et devrait être financée à partir du budget gouvernemental.

Dans les cas où les options de réutilisation sont **rentables** et doivent répondre à certaines exigences de qualité, l'objectif est d'atteindre le recouvrement des coûts complet (y compris les coûts d'investissement) pour le traitement supplémentaire, le stockage et les infrastructures de distribution par des tarifs à payer par l'utilisateur final. Ce principe devrait être appliqué aux activités telles que l'irrigation des sites touristiques, des golfs et des zones hôtelières, donc aussi rentable pour les cultures industrielles, peut-être par l'intermédiaire d'un PPP (Partenariat Public Privé).

Un défi particulier est posé par le fait que les eaux usées sont souvent produites en grand volume dans les grandes villes en zone côtière, mais à grande distance aux sites de réutilisation agricoles visés. Le transport vers des sites à l'intérieur du pays souffrant de pénurie d'eau exige de **grands pipelines de transfert**. Leur rentabilité reste - dans la majorité des circonstances - un grand point d'interrogation. La Tunisie est le premier pays de la région à réaliser les études approfondies sur le transfert à longue distance d'eaux usées traitées, par ex. : le pipeline de 'Tunis-Kairouan'.

Afin de couvrir le plus possible les coûts récurrents, les opérateurs dans le secteur de l'eau potable et de l'assainissement peuvent appliquer une approche globale de mise en place des tarifs en permettant des subventions croisées entre les divers secteurs de service, tels que l'eau potable, l'assainissement, l'approvisionnement électrique, les frais de raccordement, etc.. Cependant, il existe un besoin général en réformes tarifaires graduelles, d'une meilleure gestion de la demande en eau, par ex. grâce à des tarifs plus élevés (eau potable et d'irrigation) ainsi qu'à la tarification de l'assainissement et l'introduction de systèmes tarifaires en bloc.

Volonté et capacité de paiement

La volonté de paiement dépend surtout des critères suivants:

- **la rareté** de la ressource : plus les ressources conventionnelles en eau sont limitées/moins elles sont disponibles, plus les usagers sont disposés à payer un prix élevé ;
- **les coûts** des ressources en eaux conventionnelles : plus les coûts (de pompage des puits) sont élevés, plus les usagers sont disposés à payer des sources alternatives à un prix similaire ;
- **la qualité de la ressource** : plus la qualité de l'eau fournie est bonne, plus les usagers sont disposés à la payer ;
- **le service de fourniture** : les agriculteurs et les autres usagers d'eaux usées traitées pourraient être plus disposés à payer un prix élevé en cas de perspective d'amélioration des services. .

Le critère de **rareté** est, en majorité respecté dans les pays concernés lorsque les critères de **qualité** et de **service** ne trouvent pas suffisamment d'attention pour justifier une tarification élevée de l'eau. Les améliorations dans ces secteurs pourraient cependant devenir un facteur décisif.

Mais, même si la qualité et le service de la fourniture en eaux usées s'est considérablement amélioré, tous les usagers/les agriculteurs ne sont pas en mesure de pouvoir faire face à un prix élevé de l'eau. La **volonté** et la **capacité** de payer peut différer surtout dans les pays à faible revenu. Dans ces cas précis, les prix subventionnés pourraient effectivement être appliqués afin d'étendre la disposition à adopter la réutilisation des eaux usées traitées.

2.3 Normes de réutilisation des eaux usées, aspects légaux et cadre institutionnel

Contrairement à l'eau potable, il n'existe aucune norme universelle pour la réutilisation des eaux usées, mais un cadre législatif bien défini est nécessaire quelle que soit leur réutilisation. Sans aucune structure réglementaire, les eaux usées sont fréquemment utilisées de manière illégale pour l'irrigation, à cause de l'insuffisance d'eau fraîche. La base légale pour la réutilisation devrait fixer de manière claire et précise les procédures d'accord, les normes et les responsabilités ainsi que les mécanismes d'exécution.

Fréquemment, les lois et règlements gérant le secteur de l'eau ne sont pas assez spécifiques en ce qui concerne la réutilisation des eaux usées traitées. De plus, la législation relative au secteur de l'eau est souvent périmée. Là où une législation adéquate a été mise en place, les insuffisances d'une surveillance et d'application rigoureuse semblent être un des obstacles majeurs.

La législation européenne

Dans la **Communauté Européenne**, il n'existe **aucune législation spécifique** à la réutilisation des eaux usées. Toutefois, la législation européenne sur l'eau contient des principes généraux ainsi que des normes spécifiques relatives à des usages spécifiques, applicables aux pays membres de la Communauté Européenne. La parution européenne « **Water Framework Directive** » (WFD) (2000/60/EC), comme amendée par la 'Décision 2455/2001' est importante, à cause de sa Partie B, dans laquelle elle encourage la **réutilisation des eaux usées**, en utilisant les termes 'mesures de réutilisation' et 'techniques d'irrigation pour économie d'eau'.

Aussi bien au niveau gouvernemental qu'au niveau européen, il existe deux approches différentes pour aborder le sujet de la pollution des eaux:

1. L'approche des objectifs de la qualité de l'eau (**Water Quality Objective approach/WQO**) définit les exigences de qualité minimum de l'eau pour limiter l'impact cumulatif des émissions générées soit par des sources ponctuelles ou diffuses.
2. L'approche de la valeur limite d'émission (**Emission Limit Value approach/ELV**), met l'accent sur les quantités maximum nécessaires de polluant qui peuvent être déchargées par une source particulière dans l'environnement aquatique.

Les recommandations de l'OMS

La majorité **des acteurs internationaux**, promouvant une réutilisation **sûre** des eaux usées destinées à l'irrigation, sont l'Organisation Mondiale de la Santé (**OMS/WHO**) et l'Organisation de l'Alimentation et de l'Agriculture des Nations Unies (**FAO**).

En 2006, l'**OMS**, en coopération avec la **FAO** et l'**UNEP**, ont publié la troisième édition des « Recommandations pour l'utilisation sûre/fiable des eaux usées contenant des excréments et des eaux grises dans l'agriculture et dans l'aquaculture ». Cette édition considère le traitement des eaux usées comme l'un des éléments de la stratégie de gestion des risques intégrée, proposant un minimum de contrôle de la surveillance des objectifs de performance microbiennes à respecter pour la réutilisation des eaux usées en agriculture et en aquaculture.

Ces **recommandations de l'OMS⁵ révisées forment la pièce légale internationale la plus relevant**, étant acceptée et réalisée à la base par toutes les institutions internationales du secteur.

Les recommandations de l'OMS **sont uniquement des conseils**; elles n'ont **aucun statut légal** quelle que soit la juridiction. Les gouvernements nationaux peuvent soit les adopter par intégration dans leur législation nationale ou simplement s'y référer comme étant des recommandations non-exécutables, donnant aux autorités nationales la **flexibilité** d'aligner les objectifs sanitaires avec ce qui est réalisable dans le contexte socio-économique national.

Ces recommandations donnent la ligne d'orientation en ce qui concerne la réutilisation des eaux usées dans la pratique, mais elles ne peuvent pas remplacer une législation nationale définie. Quelques pays du MEDA - y compris l'Egypte, le Maroc, la Tunisie et la Syrie ont introduit la législation sur la réutilisation des eaux usées; dans d'autres pays, tels que le Liban - il n'existe aucune législation explicite. Le « **Code de réutilisation** » édité par **l'Egypte** est particulièrement intéressant.

Cadre institutionnel

En général, les acteurs-clés institutionnels sont:

- le **gouvernement national**, représenté par les Ministères sectoriels (tels que l'Environnement, l'Infrastructure, l'Eau, la Santé et l'Agriculture), responsables de la politique et de la stratégie générale (la GIRE) dans le secteur ainsi que de la législation nécessaire et de la mise en application des règlements et des normes;
- les **autorités et agences** subordonnées, telles que les municipalités, les opérateurs et les établissements de l'eau, les agences agricoles et sanitaires responsable de l'exécution, de la surveillance et de la supervision des schémas de réutilisation des eaux usées ;
- **l'utilisateur final** ou les **associations de consommateurs** telles que les Associations des Usagers de l'Eau (AUE).

Le défi posé par les pays concernés, est que la gestion de l'eau au niveau national est répartie entre les différents ministères. En ce qui concerne l'eau et l'assainissement, ce sera soit le **Ministère des Ressources en Eau** lui-même, ou les autres ministères, auxquels on en a assigné la responsabilité, comme par exemple, le **Ministère de l'Environnement** ou de **l'Infrastructure** ou d'autres. De plus, le **Ministère de la Santé**, impliqué en raison des impacts sur les eaux usées liés à l'hygiène générale et à la santé ainsi que du **Ministère de l'Agriculture et/ou l'Irrigation**, du fait que l'agriculture est le plus important consommateur d'eau et d'eaux usées récupérées dans les pays concernés.

Au niveau exécutif, les **opérateurs publics ou privés** surtout, sont responsables de toutes les tâches liées à l'adduction d'eau et à l'assainissement, ce qui jouera un rôle-clé en relation avec la réutilisation des eaux usées traitées. Ces institutions sont souvent caractérisées par un manque essentiel de fonds pour couvrir les coûts opérationnels et de personnel suffisamment qualifié.

⁵ http://www.who.int/water_sanitation_health/wastewater/gsuweg4/en/index.html

Afin d'améliorer cette situation et de créer des conditions favorables pour une mise en œuvre durable des schémas de réutilisation des eaux usées, il est nécessaire de réaliser des réformes internes au niveau de ces opérateurs. Cela signifie que les projets futurs devraient cibler sur le **développement des capacités**, y compris la participation, la responsabilisation, le développement des organisations et la formation du personnel.

De plus, la **coordination intersectorielle** au niveau de la planification et de la gestion est extrêmement importante au sein des institutions impliquées à tous les niveaux, tels que la collecte des eaux usées et leur traitement qui sont normalement du ressort de la juridiction d'un secteur différent (telles que l'approvisionnement urbain en eau et l'assainissement) ou des secteurs de la réutilisation (agriculture et industrie).

C'est ici que les associations de consommateurs d'eau et les consommateurs pourraient intervenir et jouer un rôle important dans la dissémination des informations sur les approches réussies. On peut déjà en observer les premiers exemples en Jordanie.

2.4 L'acceptation par les consommateurs

Une condition indispensable à la réalisation des schémas de la réutilisation des eaux usées à grande échelle est l'acceptation de cette pratique par le public dans les pays concernés. Pour y arriver, il est nécessaire de se concentrer sur la réutilisation dans l'agriculture, moins peut-être dans d'autres secteurs tels que l'irrigation de secteurs à but récréatif, la recharge des nappes aquifères, etc...

La perception publique des produits agricoles cultivés à l'eau usée traitée est en général négative, se basant la plupart du temps sur des thèmes alliés à l'hygiène et à la santé ainsi qu'à une aversion naturelle envers ces aliments ayant été potentiellement en contact avec des excréments humains. La conséquence en est que les agriculteurs n'arrivent pas à vendre leur récolte, même si elle répond bien aux critères de qualité importants requis, rendant ceux-ci, par la même occasion, réticents à utiliser des eaux usées pour l'irrigation de leurs cultures.

Ces craintes justifiées en partie peuvent seulement être surmontées dans le cadre de **campagnes d'information** - incluant des projets pilotes ou des champs de démonstration - sur les avantages importants apportés à l'environnement et à l'économie par la réutilisation des eaux usées traitées en agriculture: Ces activités peuvent augmenter la fiabilité de la production et baisser ses prix sur les marchés locaux en raison de la diminution des dépenses et de l'utilisation des engrais chers. D'autres aspects pouvant être inclus dans les campagnes d'information sont les précautions à prendre pour rendre la réutilisation des eaux usées traitées fiable et salubre.

Des sessions d'information relatives à tous les aspects (eau, eaux usées, eaux usées traitées, traitement de l'eau, qualité de l'eau, etc...), seraient nécessaires pour renforcer l'acceptation sociale de la réutilisation des eaux usées.

Aux scrupules généraux liés à l'hygiène et à la santé, s'ajoutent les **convictions religieuses** qui peuvent jouer un rôle important dans l'acceptation de la réutilisation des eaux usées traitées. Par exemple, dans la religion islamique, les convictions religieuses exigent une eau propre. On insiste surtout sur la « pureté » de l'eau, ce qui, par conséquent, affecte l'attitude du public envers la réutilisation des eaux usées traitées. Depuis l'introduction des programmes de réutilisation des eaux usées, la quantité des exigences religieuses posées à l'eau a été une phase de débats entre les érudits religieux du Monde Islamique. Après une enquête approfondie comprenant aussi bien des scientifiques que des spécialistes, le Grand Conseil des Erudits Islamiques d'Arabie Saoudite a, en 1978, agréé la réutilisation des eaux usées traitées, après traitement approprié, pour toutes les fins. Toutefois, il a été quand même mentionné qu'il est préférable de ne pas boire d'eau provenant d'eaux usées traitées.

3 Identification des contraintes et forces motrices pour leur élimination

Les principales **contraintes** pour la réutilisation extensive des eaux usées traitées dans la majorité des pays sud-méditerranéens peuvent se résumer de la manière suivante :

1. Malgré de la volonté politique, une stratégie claire sur la réutilisation des eaux usées traitées n'est pas toujours disponible. En général, il manque de '**plans directeur**' nationaux/ou régionaux comme part d'un concept de gestion intégrée des ressources en eau. Par conséquent, le potentiel de réutilisation des eaux usées traitées n'est pas encore exploité, bien que quelques pays soient plus avancés que d'autres.
2. Les caractéristiques spécifiques locales (quantité et qualité des eaux usées traitées, disponibilité des sources conventionnelles d'eau, les usages prévus, le climat, les sols, la disponibilité des sols, les conditions économiques, etc...) déterminent le potentiel de réalisation des schémas de réutilisation des eaux usées traitées. Il **n'y a pas de solution universelle**.
3. **Manque d'infrastructures de traitement** (au moins pour le traitement secondaire plus la désinfection potentielle). Les infrastructures d'assainissement (réseaux et STEP) et leur fonctionnement ont partout besoin des extensions et des réhabilitations, en particulier dans les zones rurales, mais aussi dans les villes, ce qui donne des quantités restreintes d'eaux usées de qualité adéquate pour la réutilisation.
4. **Les eaux usées industrielles** menacent fortement la réutilisation, car en dépit de la législation existante, elles sont souvent déchargées dans les canalisations d'eaux usées sans traitement préalable adéquat, ainsi dépassant les capacités de traitement adéquat au niveau des STEP.
5. **Les contraintes économiques** et, en particulier liées au financement viable des investissements et des coûts d'exploitation au niveau des STEP et des schémas de réutilisation, en raison de la prépondérance des tarifications de l'eau ne couvrant pas les frais et/ ou du manque de subventions gouvernementales ainsi que de la volonté et de la capacité limitées à payer pour les eaux usées traitées.
6. Une **législation** et des normes adéquates sont généralement déjà en place ; toutefois, l'application de la législation et le respect des normes est assez faible dans certains cas et souvent accompagnée d'un contrôle qualité limité.
7. **Cadre institutionnel fragmenté**, dans le secteur de l'eau et des secteurs y relatifs ; souvent caractérisés par une délimitation floue des responsabilités et des tâches, représentant des intérêts divergents (environnement/eau ⇔ agriculture) ainsi qu'une coordination et une coopération limitées ; de plus aggravé par le manque de personnel qualifié et des ressources financières.
8. Manque d'information/de transfert des connaissances sur tout **le régime global des eaux et des nappes aquifères** ; ceci émet des contraintes sur l'identification des solutions adéquates pour la recharge des nappes aquifères.
9. Organisation limitée des usagers/agriculteurs en **associations d'usagers de l'eau** ; ceux-ci pourraient aussi bien promouvoir et organiser l'utilisation extensive des eaux usées récupérées que défendre leurs intérêts.
10. Faible **taux d'acceptation** des produits irrigués avec des eaux usées, manque de confiance dans le contrôle public de la qualité.

Élimination des contraintes pour l'utilisation extensive des eaux usées

Les champs d'activités mentionnés ci-dessus concernent ces contraintes et peuvent servir de base au développement de projets concrets :

1. Soutien des gouvernements nationaux et régionaux dans le développement de **Plans directeurs** pour la réutilisation des eaux usées traitées, comme étant une part de la gestion intégrée des ressources en eau, par l'intermédiaire des études et de l'assistance technique, le renforcement des capacités dans les institutions concernées y compris tous les aspects nécessaires (technique, institutionnel, législatif, social, économique, financier, au niveau de la gestion et organisation).
2. **Villes/grandes agglomérations urbaines**: mobilisation de prêts/dons pour les projets d'infrastructure qui pourrait comprendre la construction de STEP neufs ou la réhabilitation et l'extension de celles qui existent déjà. L'installation d'infrastructures de stockage intermédiaires et de réseaux primaires de distribution dans les zones où les options de réutilisation ont été identifiées.
3. **Zones rurales**: création d'un fonds destiné aux municipalités pour financer des infrastructures décentralisées simplement équipées et celles pour le traitement à faible coût avec des schémas de réutilisation adjacents, incluant une unité de gestion de projet dans l'infrastructure, là où l'assistance technique et le renforcement de capacité locale sont nécessaires.
4. Introduire **les procédures adéquates d'identification** de projet (par ex. se référant au schéma présenté en annexe 1).
5. **Industries**: soutien aux industries, par ex. en créant un **fonds de décontamination** pour financer les infrastructures de traitement préalable sur site pour le recyclage interne de l'eau et la réduction des charges de pollution des effluents, incluant une unité de gestion de projet dans l'institution de gestion. On aura besoin d'assistance technique et de développer la capacité locale.
6. Les investissements dans les infrastructures de traitement des eaux usées et les schémas de réutilisation sont uniquement une part du problème et devrait être accompagnés par des **supports institutionnels et un développement des capacités**. Il serait souhaitable que les **institutions** impliquées soient renforcées à tous les niveaux, par ex. en créant un centre de développement des capacités/un institut de recherche pour la formation du personnel dans toutes les tâches et responsabilités du secteur de la réutilisation des eaux usées couvrant les aspects nécessaires tels que la coordination institutionnelle, technique, économique, financière, la gestion et l'opération.
7. Appui pour le développement des **systèmes de tarification** de l'eau permettant le **recouvrement des coûts**. Ca pourrait inclure les subventions gouvernementales et les contributions privées (PPP) et permettant des subventions croisées entre les divers secteurs de service.
8. Financer les **études hydrogéologiques** pour la conception des schémas de réutilisation appropriés, spécialement pour la recharge des nappes aquifères.
9. Fournir une assistance technique aux consommateurs d'eau/aux agriculteurs pour mettre en place des **associations d'usagers de l'eau** en vue d'une distribution meilleure et plus performante et de l'utilisation des eaux usées traitées, incluant la promotion des pratiques d'irrigation améliorées.

10. Fournir l'assistance technique pour aligner les Ministères à réaliser les **études de base** sur les sujets tels que les régimes des nappes aquifères (pour les options de recharge), les options de réutilisation des eaux usées habituellement rejetées directement à la mer (pipelines de transfert) et de réformer la tarification de l'eau (gestion de la demande, recouvrement des coûts de fonctionnement et de maintenance, application du principe 'le pollueur paie').

En général, les solutions techniques sont facilement disponibles bien qu'elles doivent être adaptées aux conditions locales spécifiques. Les vrais défis se trouvent dans les goulets "politiques" et "organisationnels". Les schémas de réutilisation des eaux usées sont des projets à long terme qui exigent un développement des capacités aux divers niveaux (Ministères, agences, infrastructures de l'eau, etc.) ainsi que le lancement des campagnes de sensibilisation publique.

La sensibilisation publique et la confiance sont des conditions préalables à la réussite de la commercialisation des cultures irriguées avec des eaux usées traitées. Les campagnes adéquates lancées pour augmenter l'acceptation de la part des usagers doivent devenir partie intégrante de chaque projet de réutilisation.

Le financement durable des coûts d'exploitation et de maintenance doit être garanti par une tarification de l'eau couvrant les coûts ou par des subventions gouvernementales supplémentaires.

De plus, les agriculteurs doivent avoir la possibilité de créer suffisamment de revenus en vendant leurs produits car ils permettent ainsi de subvenir aux coûts de l'eau d'irrigation, par ex. en favorisant des campagnes telles que : 'de meilleurs prix pour de meilleurs produits'. Les projets de micro financement pour les agriculteurs peuvent aider ultérieurement à améliorer la situation, leur permettant ainsi d'investir dans des technologies plus efficaces, telles que l'irrigation goutte-à-goutte.

La matrice suivant présente un résumé des contraintes majeures et des recommandations relatives à leur élimination.

Tableau 3 : Résumé des contraintes majeures et des recommandations relatives à leur élimination.

Recommandations Contraintes	Etudes / Plans Directeurs => Recommandations concrètes	Construction des infrastructures nécessaires	Réhabilitation/ Extension des infrastructures existantes	Développement des capacités à tous les niveaux	Campagnes de sensibilisation publique	Création des associations d'usagers de l'eau	Création des fonds municipaux et des fonds de décontamination pour l'industrie	Promotion de la GIRE et des solutions décentralisées
Aucun 'Plan directeur' pour GIRE / REUE								
• Connaissance limitée des régimes hydriques/aquifères généraux	•			•				
• Manque politique nationale explicite de la REUE / de l'engagement politique	•			•				•
Infrastructures manquantes:								
• Pas assez de STEP de qualité		•	•				•	•
• Manque d'infrastructure de réutilisation		•	•				•	•
Cadre législatif déficient:								
• Manque de lois, de normes	•			•				
• Aucun / application limitée				•				
• Aucun / contrôle & surveillance limités				•				
Cadre institutionnel fragmenté:								
• Chevauchement des responsabilités inst.	•			•				
• Opérateurs non fonctionnels				•			•	•
Acceptation limitée du consommateur					•	•		•
Pas de viabilité financière à long terme:								
• Eau d'irrigation fournie gratuitement	•			•	•			
• Tarification de l'eau sans recouvrement des coûts	•			•	•			
• Subventions gouvernementales limitées				•	•			
• Aucun/Soutien à l'investissement limité				•			•	

4 Résultats spécifiques aux pays et actions proposées

4.1 Secteur de l'eau et bilan hydrique

Tous situés dans le côté sud de la Méditerranée et au Proche-Orient, les cinq pays concernés - à l'exception du Liban - sont caractérisés par des **précipitations annuelles faibles**, atteignant une moyenne annuelle de 200 à 350 mm et réparties différemment suivant des schémas de précipitation régionaux et saisonniers. On a également noté l'augmentation des variations interannuelles des précipitations, suivies par des années de sécheresse aggravantes, résultant du changement climatique. D'ailleurs, pour les prochaines 20 années, on s'attend à une hausse des températures moyennes et une réduction des précipitations annuelles pouvant atteindre 20%. Le Tableau 2 présente les chiffres du secteur-clé pour les cinq pays.

En termes de disponibilité de l'eau à partir de ressources renouvelables, la valeur internationale du seuil annuel de la « **rareté de l'eau** » se situe à 1,000 m³/habitant. Tous les pays, excepté le Liban, sont déjà en dessous de ce niveau, la Tunisie occupant la dernière place avec 446 m³/habitant/an, définis comme « rareté absolue de l'eau ».

Alors que la mobilisation des ressources en eau conventionnelle et renouvelable atteint progressivement ses limites, l'application des instruments de la **gestion de la demande en eau** et à la mobilisation **des ressources en eau non conventionnelles** (réutilisation des eaux usées traitées, désalinisation) s'imposent de plus en plus. Vu le développement de la demande en eau auquel on s'attend par les trois secteurs majeurs de consommation (agriculture, approvisionnement en eau potable et industrielle), il devient évident que tous les pays auront un **bilan d'eau négatif** dans les 15 à 20 ans (2025 à 2030). Même à présent, la demande en eau dépasse les approvisionnements en eau disponibles dans certaines régions ou pendant l'été, et il sera nécessaire de prévoir des systèmes de transfert à partir des zones excédentaires.

Le secteur agricole est le plus fort consommateur (80 à 88%) de **la demande en eau totale** (sauf au Liban, où elle est de 64%), suivie par l'usage domestique (7 à 15%, mais 26% au Liban) et la demande industrielle (3-10%). Puisque la demande agricole est attendue à baisser de manière relative (et aussi en quantité absolue) en raison de l'introduction des technologies pour économiser de l'eau, la demande domestique connaîtra une forte hausse à l'avenir. Les forces motrices sont la croissance démographique, l'urbanisation, le développement économique et un secteur touristique en pleine évolution dans les cinq pays.

Dans la plupart des pays, on observe une intensification de la mise en œuvre des **stratégies de gestion de la demande en eau**. Ceci implique l'introduction de systèmes tarifaires par blocs (tarif binôme) et facturation volumétrique par rapport au volume consommé. Par contre, l'Egypte évite presque toute intervention en ce qui concerne les schémas de consommation actuelle ou les systèmes tarifaires existants.

Tous les cinq pays **subventionnent les tarifs d'eau d'irrigation**, et ceci ne reflète ni la rareté actuelle de l'eau ni ça donne une incitation financière afin de réduire la consommation en eau d'irrigation. Toutefois, dans les pays tels que la Tunisie et le Maroc, les gouvernements nationaux subventionnent aussi les investissements des agriculteurs dans les technologies d'irrigation permettant d'économiser de l'eau.

Tableau 4: Paramètres-clés: secteur de l'eau et réutilisation des eaux usées dans cinq pays

Paramètre	Unité	Egypte	Liban	Maroc	Syrie	Tunisie
Précipitation annuelle	mm/an	0 - 200	200 - 1 500 (moy. 840)	150 - 750 (moy.: 200 / 346)	100 - 1 400 (moy. 252)	100 - 1 500 (moy. 230)
Stress hydrique	m ³ /habitant	800	1 200-2 000	730	800	446
Demande en eau:						
- agriculture	%	82	64	87	88	80
- domestique/eau pot.	%	7	26	10	8	15
- industrie	%	10	9	3	4	5
Bilan en eau	néгатif en	depuis 1990	2030	2030	depuis 2001	2025
EU générées	Mm ³	4 939	292	600	1 194	240
EU traitées	Mm ³	4 560	77	78	406	235
EU traitées en % des EU générées	%	92	26	13	34	98
EUT réutilisées	Mm ³	700 - 2 970	<1	en étude	183	57
EUT réutilisées en % des EU générées	%	14 - 60	< 1	en étude	15	23
Rejet et mer	Mm ³	inconnu	~233	360	49 -169	173
Rejet en mer en % des EU générées	%	inconnu	80	60	4 - 14	72
Types de réutilisation						
- agriculture		indirect	marginal	> 70 Mm ³	695-889 Mm ³	22 Mm ³
- terrains de golf		non	marginal	oui	marginal	7 Mm ³
- espaces verts		10 Mm ³	marginal	oui	marginal	10 Mm ³
- milieu naturel		indirect	oui	oui	311 Mm ³	18 Mm ³

Source: Rapports nationaux

4.2 Gestion et réutilisation des eaux usées

Une réutilisation sûre et contrôlée des eaux usées traitées implique l'existence d'une **infrastructure d'assainissement en bon état de fonctionnement** (collecte et traitement). Toutefois, seules l'Egypte et la Tunisie ont un réseau d'assainissement tel, qu'il permet le traitement respectif de 92% et 98% de toutes les eaux usées générées dans leurs STEP. Avec 13%, le Maroc occupe la dernière place, suivi par le Liban et la Syrie avec 26% et 34%. La hausse de la pollution de surface et souterraine des ressources en eau et l'insuffisance des capacités de traitement ont donné lieu dans les trois pays, à la conception de plans ambitieux d'extension et de réhabilitation des infrastructures d'assainissement existantes. Alors que dans ces pays, la dépollution est l'objectif principal des investissements, l'Egypte et la Tunisie apportent une attention particulière à la réutilisation des eaux usées traitées, mais doivent aussi répondre aux défis du secteur d'assainissement et investir dans les extensions, la réhabilitation et la construction de nouvelles stations de traitement.

Les **quantités d'eaux usées réutilisées** dans divers secteurs sont relativement faibles et n'excèdent pas 10 à 23% des eaux usées produites. Dans quatre pays sur cinq, la majorité de la population vit dans des agglomérations urbaines le long des zones côtières. Néanmoins, une grande proportion des eaux usées générées sont **rejetées plus ou moins**

traitées dans la Méditerranée ou dans l'Océan Atlantique. Les pourcentages respectifs varient entre 60% (Maroc) et 80% (Liban). Seule, la Syrie présente des chiffres plus faibles, en raison que les grands centres urbains se trouvent à l'intérieur du pays. Ces quantités sont normalement perdues pour toute autre réutilisation. Tous les signataires de la 'Convention de Barcelone', cependant, se dévouent à contribuer à la décontamination de la Méditerranée, soit en appliquant des traitements additionnels à plus haut niveau ou en envisageant le transport des eaux usées traitées directement vers les usagers, à l'intérieur du pays (par ex. la Tunisie). Dans d'autres zones, les eaux usées brutes sont déversées directement dans le milieu naturel.

Dans les cinq pays, le cadre législatif définit de manière adéquate les **paramètres qualité** à respecter lors du traitement des eaux usées et de leur évacuation dans l'environnement après traitement. Lorsqu'il y a des STEP dans ces pays, les effluents passent au moins par les traitements primaires (au Liban, uniquement le traitement primaire) et secondaires ; les traitements supplémentaires (tertiaires) sont rares (seulement en Tunisie et au Maroc) et coûteux. A l'exception des STEP nouvellement construites, la qualité des eaux usées traitées ne répond pas toujours aux normes en raison de la surcharge des installations, du choix des technologies de traitement inadéquates, du manque de personnel qualifié, **de l'insuffisance du recouvrement financier pour les coûts de fonctionnement et de maintenance** et du mélange d'effluents industriels non traités à ceux de provenance domestique. Bien que des mécanismes de contrôle soient en place dans tous les pays, les institutions responsables appliquent rarement les normes. Un traitement insuffisant et, dans certains cas, des taux de salinité élevés empêchent la réutilisation pour d'autres objectifs.

Des eaux industrielles non traitées et la non-application du principe 'pollueur payeur' sont les raisons principales pour lesquelles on n'arrive pas à répondre aux normes de qualité. Aucun des cinq pays n'applique de **tarification d'assainissement pour les effluents industriels** basée sur leur charge polluante. Une tarification d'assainissement insuffisante risque à conduire à une faible performance des STEP. Souvent, une part des coûts destinés au fonctionnement des STEP est couverte par des subventions croisées provenant des revenus d'autres services fournies par l'opérateur ou par des subventions publiques.

Seules l'Egypte et la Tunisie ont des **schémas de réutilisation contrôlés importants** et une réglementation bien définie sur l'irrigation agricole et les cultures agro-forestières. En Egypte, l'accent est mis sur une minimisation des risques (par ex. réutilisation pour des arbres et certaines cultures industrielles/biocarburant ; aucune réutilisation pour des cultures maraichères en Tunisie).

Les **secteurs** les plus concernés par une réutilisation contrôlée sont le secteur agricole, l'irrigation des terrains de golf, les complexes hôteliers et autres espaces verts et peuvent s'étendre à certains usages industriels (le lessivage des phosphates au Maroc). En raison du manque d'infrastructure d'assainissement au Maroc et en Syrie, il n'y a pas de schémas de réutilisation contrôlés à grande échelle. Cet état est actuellement en train de changer grâce à la réalisation progressive de nouveaux investissements dans la collecte et traitement des eaux usées, visant aussi la réutilisation agricole. La situation spécifique d'après-guerre dans laquelle se trouve le Liban fait que les priorités relatives au développement d'infrastructures usuelles n'incluent pas la réutilisation des eaux usées.

Toutefois, dans tous les pays et spécialement dans les zones à déficit hydrique, la **réutilisation illégale et incontrôlée d'eaux usées brutes**, directe ou indirecte, est pratique courante - quelquefois, comme en Syrie, ayant une longue tradition. La réutilisation pour l'irrigation agricole en est l'application majeure et les risques sanitaires pour les producteurs et les consommateurs sont énormes lorsque les restrictions relatives aux cultures ne sont pas respectées. En Basse-Egypte, là où les effluents sont évacués dans des canaux de drainage et mélangés avec les eaux de drainage agricole, il est impossible de contrôler la réutilisation de cette eau. L'expérience générale a montré que plus l'eau est rare, plus le degré de réutilisation des eaux usées est élevé, indépendamment des paramètres de qualité.

Bien que l'utilisation des eaux usées traitées puisse aider à réduire la pression sur les ressources conventionnelles en eau, le potentiel **d'économie effectif d'eau fraîche est limité** et ceci peut expliquer le faible taux de réutilisation des eaux usées. En comparaison avec les quantités d'eau d'irrigation consommées par le secteur agricole, les quantités globales d'eaux usées traitées générées peuvent satisfaire au plus 2 à 5% des besoins nationaux en eau d'irrigation.

Ces faibles taux peuvent s'expliquer par les quantités limitées d'eaux usées, aux pertes dues au rejet en mer, à l'évaporation, au rythme saisonnier de la demande et aux coûts élevés d'un stockage intersaisonnier ainsi qu'au pompage et au convoyage vers les consommateurs situés tout au long des sites de production des eaux usées traitées. Il faut cependant s'attendre à des économies d'eau bien plus intéressantes ressortissant des investissements dans des technologies d'irrigation modernes et d'une amélioration de la gestion de l'eau dans les schémas d'irrigation.

4.3 Forces motrices dans la réutilisation des eaux usées traitées

L'ampleur différente de la réutilisation des eaux usées dans les cinq pays concernés conduit à définir les forces motrices ou gêne leur réutilisation. Les cinq pays peuvent être divisés en **trois catégories** selon l'importance qu'ils attachent au développement des ressources en eau non-conventionnelles :

1. Pays qui pratiquent déjà une réutilisation contrôlée (Egypte et Tunisie) ;
2. Pays qui souhaitent appliquer et amplifier une réutilisation contrôlée (Maroc et Syrie) ;
3. Pays qui ignorent encore le potentiel de cette source d'eau (Liban).

Les **facteurs-clés** influençant la réutilisation contrôlée et sûre des eaux usées traitées sont d'origine multiple, exigeant des interventions combinées et quelquefois complémentaires à différents niveaux. Ils ne peuvent pas se limiter à la création d'une infrastructure d'assainissement en bon état de fonctionnement, mais exigent des interventions coordonnées dans un environnement porteur qui inclut les domaines politiques, institutionnels, législatifs, financiers et le développement de capacités humaines. Avant tout investissement dans l'infrastructure d'assainissement tenant compte de la réutilisation des effluents traités, l'environnement porteur devra être créé.

Comme **forces motrices** de la réutilisation des eaux usées, permettant une comparaison entre les cinq pays, ont été identifiées:

1. La volonté politique et l'engagement de promotion et d'application dans le secteur de la réutilisation des eaux usées.
2. Une politique de secteur bien définie, visant à promouvoir la gestion intégrée des ressources en eau, reflétée dans les Plans Directeur nationaux sur l'eau.
3. Un cadre institutionnel contenant des responsabilités clairement définies pour la planification et le financement d'investissements, et des interventions coordonnées par les Ministères en charge du secteur de l'eau (assainissement et irrigation).
4. Un cadre légal et réglementaire bien défini pour la réutilisation des eaux usées y compris la capacité institutionnelle de mise en application de la législation.
5. Le manque ou la non disponibilité des sources conventionnelles d'eau et le degré du 'stress hydrique' ou de la 'rareté de l'eau'.
6. L'existence d'infrastructures d'assainissement et de traitement ainsi que le degré de leurs performances.
7. Le niveau et la structure de la tarification existante dans le secteur de l'eau (approvisionnement en eau, assainissement, eau d'irrigation et tarification des eaux usées traitées), puis leur capacité de recouvrement des coûts de fonctionnement et de maintenance pour le traitement des eaux usées ainsi que pour les schémas d'irrigation.
8. La volonté et la capacité de l'utilisateur final à payer une redevance adéquate de l'eau.
9. La rentabilité des investissements dans les schémas de réutilisation des eaux usées.
10. La disponibilité des résultats de la recherche, le niveau du savoir-faire général ainsi que le niveau d'information des usagers et consommateurs sur les cultures irriguées avec des eaux usées traitées et les risques qui y sont liés.

A partir d'analyses spécifiques au pays et en appliquant les paramètres qui influencent la réutilisation des eaux usées traitées, les conclusions en résultant permettent d'identifier les interventions politiques qui s'imposent, ainsi que les exigences en investissement dans le secteur.

Le Tableau 3 présente les principaux résultats des analyses comparatives des forces motrices pour la réutilisation des eaux usées traitées. Les 'Rapports nationaux' donnent plus de détails à ce sujet.

Tableau 5: Analyse comparative des forces motrices pour la réutilisation des eaux usées traitées

Forces motrices	Egypte	Liban	Maroc	Syrie	Tunisie
Engagement politique pour réaliser la GIRE et exiger des politiques orientées vers la gestion de la demande dans le secteur de l'eau	fort	faible	modérées, stratégie de réutilisation en préparation	modéré	fort
Responsabilités institutionnelles pour les projets de réutilisation, coopération et coordination parmi des institutions concernées	bien définies	non définies	modérées, plus de précisions nécessaires	modérées, plus de précisions nécessaires	bien définies
Cadre légal pour la réutilisation des eaux usées et des normes de qualité de l'eau	bien défini	périmé	bien défini	trop strict en partie, meilleure flexibilité requise	bien défini
Financement des investissements (traitement supplémentaire et schémas de réutilisation)	bien définies avec fortes subventions pour investissements	manque	doivent être mieux définis	modérés, meilleure précision requise	bien définies avec fortes subventions pour les investissements
Traitement des effluents industriels et application du principe "pollueur payeur"	insuffisant à manque	manque	insuffisant, mais FODEP	insuffisant à manque	insuffisant, mais FODEP
Tarififications de l'eau d'assainissement et d'irrigation ainsi que recouvrement de coûts	trop faibles, tarifs fortement subventionnés	trop faibles, pas de recouvrement de coûts, tarifs subventionnés	trop faibles, pas de recouvrement de coûts, tarifs subventionnés	faibles, pas de recouvrement de coûts, tarifs subventionnés	pas de recouvrement de coûts, tarifs des eaux usées trop bas et subventionnés
Disponibilité de ressources en eau conventionnelles bon marché/précipitations suffisantes aux environs des sites de production des eaux usées traitées	manque	fortes dans l'ouest du Liban	fortes dans les régions du nord	manque	fortes dans les régions du nord

4.4 Les secteurs clés d'intervention

Basé sur les analyses des contraintes actuelles pour augmenter le degré de la réutilisation des eaux usées traitées, des recommandations ciblées ont été formulées et des propositions d'investissements concrètes identifiées pour chaque pays.

Quels que soient les **schémas directs de réutilisation des eaux usées** planifiés (Tunisie, Egypte, Maroc, Syrie), la réalisation d'études de faisabilité est une condition préalable pour le financement ultérieure d'investissements identifiés dans les secteurs suivants :

- La création de nouveaux schémas d'irrigation de réutilisation ;
- La réhabilitation des schémas de réutilisation existants ;
- L'infrastructure pour le stockage, le transfert et les réseaux de distribution.














Dans les cas où les **conditions préalables** de réutilisation extensive doivent d'abord être conçues ou améliorées (dans tous les pays), les besoins en investissements se manifestent aux secteurs suivants :

- Investissements pour infrastructures d'assainissement (STEP, réseau d'égout) : création de facilités nouvelles, l'extension de celles qui existent déjà et systèmes de traitement supplémentaire ;
- Prétraitement des effluents industriels.











Toutefois, ces investissements dans les infrastructures d'assainissement et d'irrigation seules ne suffiront pas à assurer la durabilité de la réutilisation des eaux usées. Les **mesures d'accompagnement** suivantes ont été identifiées pour tous les pays, bien que leur schéma diffère largement en fonction des besoins spécifiques :















- L'élaboration des Plans Directeurs des Eaux, considérant les eaux usées traitées comme partie intégrale du cycle hydrique et d'une stratégie de gestion des ressources en eau intégrée (GIRE), favorisant le changement graduel de la politique de l'offre en eau vers une gestion de la demande en eau ;
- L'appui institutionnel et le développement des capacités au sein des ministères et des agences responsables, y compris une meilleure coordination de la planification et du financement des schémas de réutilisation des eaux usées ; une meilleure application des normes de qualité suivis par des institutions indépendantes ;
- Le développement des capacités et la formation des opérateurs des STEP et de leur personnel ;
- Les études du secteur de l'eau, particulièrement orientées à la recharge de nappes aquifères ;
- Les études relatives aux réformes de la tarification de l'eau (eau potable, d'assainissement, d'irrigation), l'amélioration du recouvrement des coûts de fonctionnement, ainsi que l'application du principe "pollueur-payeur" ;
- Recherche appliquée à la réutilisation des eaux usées ;
- Campagnes d'information et de sensibilisation.

Annexe : Approche progressive pour l'identification des projets potentiels de réutilisation des eaux usées

Etapes d'analyses		Résultat		Projets potentiels (objet d'études de faisabilité)
1) Besoin local/régional de réutilisation des eaux usées (pénurie d'eau/ stress hydrique) = inventaire de la demande potentielle (agriculture)		Pas de pénurie d'eau/pas de stress hydrique/pas de demande pour les eaux traitées		Aucun, ou juste comme stratégie de décharge
		La fourniture des eaux conventionnelles ne couvre pas les besoins, par ex. de l'agriculture		
				
Suite de l'analyse				
2) Sources potentielles pour les eaux traitées, comme des STEP opérationnelles, incluant le réseau d'égout nécessaire à la collecte		Aucune STEP opérationnelle dans les grandes agglomérations/villes		Aucun, mais construction de grandes STEP centrales et des infrastructures de transfert et de distribution potentiels vers les sites agro industriels , si rentables
		Aucun traitement des eaux usées en zones rurales		Construction des STEP à technologie simple, introduction d'un Fonds Municipal
		STEP existe mais n'est pas opérationnelle en raison du manque d'égout central et/de branchements ménagers		Construction d'un égout central et/ou de branchements ménagers ; introduction d'un (micro) Fonds/Système de financement
		STEP existe mais n'est pas entièrement opérationnelle ou ne donne pas la qualité requise (par ex. traitement seulement primaire et/ou secondaire)		Réhabilitation et/ou extension de la STEP existante, création de capacités , formation des opérateurs
				

Etapes d'analyses		Résultat		Projets potentiels (objet d'études de faisabilité)
Suite de l'analyse				
3) Cadre légal => les lois et réglementations permettent-elles l'application d'une réutilisation potentielle ?	➡	Manque d'un cadre légal, aucune application des recommandations internationales	➡	Fournir l' assistance technique pour le développement d'un cadre légal adéquat
	➡	Existence d'un cadre légal. Application des recommandations internationales de sécurité		
<div style="text-align: center;">↓</div>				
Suite de l'analyse				
4) Cadre institutionnel => définition claire des responsabilités au sein des structures gouvernementales ; opérateurs/ établissements existants	➡	Les responsabilités ne sont pas nettement définies entre les différents ministères et/ou les agences	➡	Seulement si une institution partenaire concrète peut être identifiée
	➡	Les opérateurs ne peuvent pas remplir leurs fonctions, par ex. en raison du manque de personnel qualifié	➡	Renforcement de capacités au sein des opérateurs jusqu'à leurs instances subordonnées
	➡	Les responsabilités sont nettement attribuées aux ministères respectifs ou aux agences		
	➡	Les opérateurs / établissements sont fonctionnels		

Etapes d'analyses		Résultat		Projets potentiels (objet d'études de faisabilité)
				
Suite de l'analyse				
5) La demande de la part des usagers existe et les consommateurs acceptent les produits		Les terrains agricoles pour l'irrigation avec les eaux usées se trouvent près de la source (STEP)		Assistance technique pour les agriculteurs, création/organisation des Associations des usagers de l'eau Campagne de sensibilisation publique
		D'autres options de réutilisation (par ex. irrigation espaces verts, municipale, recharge nappes aquifères) sont identifiées		
Suite de l'analyse				
6) Viabilité financière à long terme => tarification de l'eau et/ou subventions gouvernementales		Pas de tarification de l'eau, aucune volonté politique ni d'en introduire une, ni de réclamer des subventions gouvernementales		Aucun
		Aucune tarification adéquate de l'eau		Assistance technique pour l'élaboration d'un système de tarification durable de l'eau (y compris les subventions gouvernementales, si nécessaire)
		Tarification adéquate de l'eau/ou politique de subventions gouvernementales		
				

Suite de l'analyse et réalisation des études de faisabilité				
7) Evaluation concrète des besoins pour les schémas de réutilisation des eaux usées dans différents usages et analyse de la qualité potentielle des effluents		Besoin en capacités supplémentaires de traitement des eaux usées (en zones rurales)		Construction de STEP (décentralisées) en parallèle avec le renforcement de capacités des opérateurs
		Besoin en infrastructures de stockage et de distribution à usage agricole		Construction d'infrastructures de stockage et de réseaux de distribution
		Besoin de techniques d'irrigation améliorées		Réalisation de techniques efficaces d'irrigation et développement des capacités des agriculteurs
		Besoin en eau municipale et/ou en irrigation des espaces verts/terrains de golf		Construction d'infrastructures de stockage et de réseaux de distribution
		Besoin de réutilisation pour les ménages et/ou les établissements publics		Promotion des systèmes de réutilisation des eaux grises dans les ménages et les établissements publics
7) Evaluation concrète des besoins pour les schémas de réutilisation des eaux usées dans différents usages et analyse de la qualité potentielle des effluents		Besoin pour la dépollution des eaux usées industrielles en tant qu'influents des eaux de surface et des STEP		Promotion des STEP sur sites industriels pour le recyclage de l'eau à réutilisation interne ; Création d'un Fonds Industriel de Dépollution
		Besoin pour l'amélioration des eaux de surface		Création et mise en place des systèmes de recharge des eaux de surface (rivières, lacs et réservoirs)
		Besoin pour la recharge de la nappe aquifère et/ou pour combattre l'intrusion de l'eau marine salée		Création d'un système de recharge des nappes aquifères après enquête minutieuse des investigations et une étude complète du régime aquifère et de la qualité d'eau requise.



Facilité euro-méditerranéenne d'investissement et de partenariat



Une réutilisation plus extensive des eaux usées traitées pourrait contribuer à réduire considérablement le « stress hydrique » et la « rareté de l'eau » dans les pays arides et semi-arides comme élément de l'approche de la Gestion Intégrée des Ressources en Eau (GIRE) qui insiste particulièrement sur l'élément de la réutilisation des eaux usées pour l'irrigation ou autre.

Dans les pays concernés, l'agriculture est le premier consommateur d'eau, touchant environ 80% des ressources totales en eau en Tunisie et jusqu'à 90% en Syrie. La substitution de ces sources conventionnelles d'eau (nappes aquifères et eaux de surface) par des eaux usées correctement traitées et propres à l'irrigation, représente ici, le potentiel quantitatif le plus important dans la réutilisation des eaux usées.

La réutilisation des eaux usées récupérées est un thème complexe qui doit non seulement tenir compte des infrastructures respectives de traitement et des technologies de traitement appliquées, mais aussi des paramètres-clés tels que la qualité des influents et les options de réutilisation ultérieure par rapport aux normes de qualité courantes telles qu'elles sont définies dans la législation nationale.

Contacts presse et informations générales

Anne-Cécile Auguin

☎ (+352) 43 79 - 83330

☎ (+352) 43 79 - 61000

✉ a.auguin@bei.org

Banque européenne d'investissement

100, boulevard Konrad Adenauer

L-2950 Luxembourg

☎ (+352) 43 79 - 1

☎ (+352) 43 77 04

www.bei.org/femip - ✉ info@bei.org