



ÉVALUATION DES MEILLEURES TECHNOLOGIES DISPONIBLES (MTD) POUR LE TRAITEMENT ET LA RÉUTILISATION DES EAUX USÉES DANS LES ZONES RURALES / LOCALES DANS LES PAYS DU SUD DE LA MÉDITERRANÉE

Version	Titre de Document	Auteur	Examen et Approbation
1	ÉVALUATION DES MEILLEURES TECHNOLOGIES DISPONIBLES (MTD) POUR TRAITEMENT ET LA RÉUTILISATION DES EAUX USÉES DANS LES ZONES RURALES / LOCALES DANS LES PAYS DU SUD DE LA MÉDITERRANÉE	Charbel Rizk	Hosny Khordagui, Stavros Damianidis et Vangelis Konstantianos



TABLE DES MATIÈRES

PRÉAMBULE	5
INTRODUCTION	6
1 CARACTÉRISTIQUES DES ZONES RURALES LIÉES AU TRAITEMENT ET À LA RÉUTILISATION DES EAUX USÉES	8
1.1 OBJECTIF	8
1.2 INTRODUCTION	8
1.2.1 POPULATION EXTRÊMEMENT VARIABLE	8
1.2.2 NIVEAU D'ÉDUCATION RELATIVEMENT FAIBLE	8
1.2.3 NIVEAUX DE PAUVRETÉ ÉLEVÉE ET DE REVENU FAIBLE	8
1.2.4 HABITATIONS EN CLUSTER ET / OU ÉCARTÉES	8
1.2.5 ACCÈS FAIBLE AUX SERVICES ET L'ASSAINISSEMENT	9
1.2.6 ACCÈS SUPÉRIEUR AUX ZONES DE TERRES À L'OPPOSÉ DES ZONES URBAINES ...	9
1.2.7 HABITUDES ET CROYANCES LOCALES NE CORRESPONDENT PAS TOUJOURS AUX SYSTÈMES DE TRAITEMENT	9
1.2.10 POURRAIT ÊTRE PROCHE DES ZONES ÉCOLOGIQUEMENT SENSIBLES OU À HAUTE VALEUR PATRIMONIALE	10
1.2.11 HAUTE TEMPÉRATURE	10
2 MTD POUR LE TRAITEMENT DES EAUX USÉES ET LEUR RÉUTILISATION DANS LES ZONES RURALES	11
2.1 PORTÉE	11
2.2 APPROCHES AU TRAITEMENT ET RÉUTILISATION DES EAUX USÉES	11
2.3 DESCRIPTION DES TECHNOLOGIES DISPONIBLES³⁻⁴	11
2.3.1 SÉPARATION À LA SOURCE	11
2.3.1.1 TOILETTES SÈCHES ET TOILETTES À SÉPARATION D'URINE (EAUX JAUNES)	11
2.3.1.2 EAUX GRISES	12
2.3.2 SOLUTIONS EN AVAL	12
2.3.2.1 CHAINES DE TRAITEMENT	12
2.3.2.2 PRÉLIMINAIRE OU PRÉTRAITEMENT	12
2.3.2.3 TRAITEMENT PRIMAIRE	12
2.3.2.4 TRAITEMENT SECONDAIRE	13
2.4 RÉUTILISATION DES EAUX USÉES	17
2.4.1 AVANTAGES DE LA RÉUTILISATION DES EAUX USÉES	18
2.4.2 IRRIGATION	18
2.4.2.1 CRITÈRES DE SÉLECTION POUR LES PROJETS D'IRRIGATION	18
2.4.2.2 NORMES DES EAUX USES RÉCUPÉRÉES POUR L'IRRIGATION	20
2.4.2.3 TECHNOLOGIE DE TRAITEMENT DES EAUX USES POUR L'IRRIGATION	21
2.4.2.4 TECHNIQUES D'IRRIGATION	21
2.4.2.5 SANTÉ PUBLIQUE	21
2.4.2.6 CONCLUSION ET RECOMMANDATIONS POUR L'IRRIGATION	22
2.4.3 RECHARGE DES EAUX SOUTERRAINES	22
2.4.3.1 CRITÈRES DE SÉLECTION DES PROJETS DE RECHARGE DES EAUX SOUTERRAINES	22

2.4.3.2	<u>NORMES DES EAUX USÉES POUR LA RECHARGE DES EAUX SOUTERRAINES</u>	22
2.4.3.3	<u>TECHNIQUES POUR LA RECHARGE DES AQUIFÈRES</u>	22
2.4.3.4	<u>CONCLUSIONS ET RECOMMANDATIONS POUR LA RECHARGE DES EAUX SOUTERRAINES</u>	23
3	<u>CRITÈRES DE SÉLECTION DES TECHNOLOGIES DE TRAITEMENT DES EAUX USÉES</u>	24
3.1	<u>PORTÉE</u>	24
3.2	<u>CRITÈRES ADMINISTRATIFS</u>	24
3.2.1	<u>PROCÉDURES ET PROCESSUS</u>	24
3.2.2	<u>FACTEURS RÉGLEMENTAIRES</u>	24
3.2.3	<u>CONFIGURATION ET RESPONSABILITÉS NATIONALE ET LOCALE DE LA GESTION</u>	24
3.3	<u>CRITÈRES ENVIRONNEMENTAUX</u>	24
3.3.1	<u>CLIMAT</u>	24
3.3.2	<u>ZONES ÉCOSENSIBLES ET HÉRITAGE CULTUREL</u>	24
3.3.3	<u>HYDROGÉOLOGIE</u>	25
3.3.4	<u>PLANS D'EAU DOUCE</u>	25
3.4	<u>CONSIDÉRATIONS DE PROFIL COMMUNAUTAIRE, Y COMPRIS</u>	25
3.4.1	<u>NIVEAUX DE PAUVRETÉ, LE REVENU MOYEN PAR FAMILLE, ET L'ABORDABILITÉ DES SERVICES</u>	25
3.4.2	<u>VOLONTÉ DE PAYER</u>	25
3.4.3	<u>NIVEAU D'ÉDUCATION</u>	25
3.4.4	<u>CONTRAINTES CULTURELLES</u>	25
3.4.5	<u>DEGRÉ D'IMPLICATION ET DE PARTICIPATION</u>	25
3.4.6	<u>DENSITÉ DE POPULATION DANS LA VILLE / VILLAGE / RÈGLEMENT</u>	26
3.4.7	<u>DEMANDE ET FOURNITURE ACTUELLE ET FUTURE DES EAUX</u>	26
3.4.8	<u>CARACTÉRISTIQUES ET FLUX D'EAUX USÉES ACTUELS ET PRÉVUS</u>	26
3.4.9	<u>RÉSEAUX DES EAUX USÉES</u>	26
3.4.10	<u>ACCEPTABILITÉ PUBLIQUE</u>	26
3.5	<u>CONSIDÉRATIONS ENVIRONNEMENTALES</u>	26
3.6	<u>CONSIDÉRATIONS TECHNOLOGIQUES</u>	26
3.6.1	<u>CAPACITÉ DE TRAITEMENT</u>	27
3.6.2	<u>PRODUCTION DES BOUES</u>	27
3.6.3	<u>GÉNÉRATION DE NUISANCES</u>	27
3.6.4	<u>IMPACT DES FLUCTUATIONS DE FLUX</u>	27
3.6.5	<u>EXPÉRIENCE EXISTANTE DANS LA COMPAGNE / RÉGIONS RURALES</u>	27
3.6.6	<u>FIABILITÉ ET RISQUE</u>	27
3.6.7	<u>FACILITÉ D'EXPLOITATION ET D'ENTRETIEN</u>	27
3.6.8	<u>UTILISATION D'ÉNERGIE</u>	28
3.7	<u>CRITÈRES FINANCIERS</u>	28
3.7.1	<u>COÛTS DE MAINTENANCE, CAPITAL ET EXPLOITATION</u>	28
4	<u>ÉVALUATION DE L'APTITUDE COMMUNAUTÉ POUR LA RÉUTILISATION DES EAUX USÉES DANS LES ZONES RURALES</u>	29
4.1	<u>PORTÉE</u>	29
4.2	<u>TYPE D'EAUX USÉES</u>	29
4.3	<u>SOURCE PRINCIPALE DE REVENU</u>	29
4.4	<u>TYPE DE PRODUITS</u>	29

4.5	<u>DISPONIBILITÉ DE L'EAU DOUCE</u>	29
4.6	<u>SAISON D'IRRIGATION</u>	29
4.7	<u>STRESS HYDRIQUE</u>	29
4.8	<u>GÉOLOGIE LOCALE ET HYDROLOGIE</u>	30
4.9	<u>SYSTÈME DE SURVEILLANCE</u>	30
5	<u>TABLEAU DE SÉLECTION DES COMMUNAUTÉS POUR LES EAUX USÉES DANS L'AGRICULTURE ET LA RECHARGE DES EAUX SOUTERRAINES</u>	31
5.1	<u>ÉVALUATION ET SÉLECTION DES MEILLEURES TECHNOLOGIES DISPONIBLES</u>	31
5.2	<u>CONCLUSION</u>	33
6	<u>DIRECTIVES SUR L'INTÉGRATION DES MTD DES EAUX USÉES DANS LES ZONES RURALES / LOCALES DANS DES PROGRAMMES NATIONAUX DE GESTION DES RESSOURCES D'EAU</u> .	34
6.1	<u>IMPLICATION DU PUBLIC</u>	34
6.1.1	<u>GESTION DE DEMANDE</u>	34
6.1.2	<u>ÉDUCATION</u>	34
6.1.3	<u>SENSIBILISATION DE COMMUNICATION</u>	34
6.1.4	<u>PARTICIPATION PUBLIQUE RÉGULÉE</u>	35
6.1.5	<u>IMPLICATION DES FEMMES</u>	35
6.1.6	<u>PROGRAMMES DE SANTÉ</u>	35
6.2	<u>LÉGISLATION ET RÉGLÉMENTATION</u>	35
6.2.1	<u>RÉGLEMENTATION CONCERNANT LA RÉUTILISATION DES EAUX USÉES</u>	35
6.2.2	<u>STANDARDS ET NORMES</u>	36
6.2.3	<u>SUIVI</u>	36
6.2.4	<u>BESOIN D'INVESTIGATIONS ENVIRONNEMENTALES</u>	36
6.3	<u>INSTITUTIONNEL</u>	36
6.3.1	<u>RESPONSABILITÉS INSTITUTIONNELLES</u>	36
6.3.2	<u>FINANCEMENT, TARIFS ET RECOUVREMENT DES COÛTS</u>	36
6.3.3	<u>COORDINATION INTER-ORGANISMES</u>	36
6.3.4	<u>DÉVELOPPEMENT DES CAPACITÉS</u>	37
6.3.5	<u>DÉVELOPPEMENT DE COMPÉTENCE</u>	37
6.4	<u>ÉTUDES, RECHERCHE ET DÉVELOPPEMENT</u>	37
6.4.2	<u>DÉVELOPPEMENT D'UN SYSTÈME AMÉLIORÉ DE TRAITEMENT ET RÉUTILISATION</u> .	37
7	<u>LISTE DES RÉFÉRENCES CITÉES DANS L'ORDRE ALPHABÉTIQUE (ENVIRON UNE PAGE)</u> .	

ACRONYMES

BAT	Meilleure Technologie Disponible (MTD)
BOD	Demande d'Oxygène Biochimique
CAPEX	Dépenses de Capital
CW	Marais Artificiels
EU	Union Européenne
MOE	Ministère de l'Environnement
NTS	Systèmes de Traitement Naturels
OPEX	Frais d'Exploitation
RBC	Contacteur Biologique Rotatif
SAT	Traitement Sol-Aquifère
WHO	Organisation Mondiale de la Santé (OMS)
WWTP	Station d'Épuration des Eaux Usées

Préambule

Le but de ce rapport est de présenter et discuter les Meilleures Technologies Disponibles (MTD) pour le traitement et la réutilisation des eaux usées dans les zones rurales. La plupart des technologies de traitement des eaux usées sont appropriées pour les zones rurales. Le rapport définit les caractéristiques des zones rurales qui sont applicables à la plupart des zones rurales dans les Pays Partenaires (PP). Ces caractéristiques seront recoupées avec les spécifications des stations d'épuration des eaux usées afin de sélectionner le processus de traitement approprié, la technologie et la chaîne de traitement.

Un court examen de la spécification des technologies de traitement des eaux usées est présenté dans le rapport. Les technologies examinées comprennent les systèmes conventionnels de traitement mécanique, les systèmes de traitement naturels et les bioréacteurs à membranes de pointe. Les critères relatifs à l'aptitude de l'utilisation dans les zones rurales sont mis en évidence. Les tableaux de recoupement des spécifications de traitement des eaux usées avec les caractéristiques des zones rurales aident à identifier les technologies les plus appropriées pour les zones rurales.

Cependant, le rapport arrive à la conclusion qu'il n'y a aucune technologie qui convient à toutes les conditions. Cela est dû à la grande variabilité des conditions dans les différents PP et même dans le même PP. La disponibilité des terrains et l'acceptation publique sont deux critères majeurs qui affectent le choix du processus. Par conséquent, un processus de sélection a été mis au point afin d'aider les PP à sélectionner les MTD qui conviennent le mieux à leurs conditions.

Comme recommandation générale, toutes choses étant égales par ailleurs, il est conseillé de choisir les technologies les plus économiques en termes du capital, du coût de l'exploitation et du coût de l'entretien. Outre le coût le plus bas, la technologie qui nécessite les moindres compétences en matière de gestion doit être sélectionnée. Les systèmes de traitement naturels sont les technologies les plus économiques, exigeant les moindres compétences. Ces technologies nécessitent toutefois des quantités importantes de terrain (entre 3-5 m²/EH), qui pourraient ne pas être disponibles.

Comme se rapporte à la recharge des eaux usées, il existe trois systèmes: des bassins d'infiltration, des puits d'injection dans la zone vadose, et des puits d'injection directe dans l'aquifère. Parmi les trois technologies, les bassins d'infiltration sont les plus adaptés pour les zones rurales. Les puits d'injection nécessitent une connaissance qualifiée pour exploiter et entretenir et dès lors pas adaptée aux zones rurales. Bien que les puits d'injection nécessitent moins de compétences pour fonctionner, ils auront encore besoin d'une connaissance appropriée de l'hydrogéologie locale et un système de contrôle approprié pour la station de traitement fournissant l'effluent traité pour la recharge ainsi que le système de recharge.

L'irrigation est une des options de réutilisation des eaux usées traitées principales. L'irrigation goutte à goutte peut également fournir un traitement supplémentaire à l'effluent d'eaux usées grâce à la suppression de quatre unités logarithmiques de contaminants microbiens. Dans la réutilisation des eaux usées pour l'irrigation, des précautions doivent être prises pour s'assurer que les agriculteurs utilisant les eaux usées traitées sont protégées contre la contamination, soit par l'utilisation d'équipement de protection personnelle, soit par la désinfection des eaux usées traitées ou soit par l'utilisation, lorsque cela est possible, des techniques d'irrigation qui minimisent le contact avec l'effluent traité comme l'irrigation goutte à goutte ou l'irrigation souterraine. Dans le cas où les cultures plantées ne peuvent pas être irriguées par les techniques de goutte à goutte, le contact avec les eaux usées dans les sillons ou les aérosols dans le cas de l'irrigation par aspersion doit être minimisé autant que possible. La protection du fermier et des manipulateurs de produits agricoles peut être améliorée grâce à un protocole de couverture médicale complète et préventive, y compris la vaccination.

Enfin, un facteur clé pour la réussite des projets de traitement et de réutilisation des eaux usées est l'implication des bénéficiaires dans le processus décisionnel. La sensibilisation des communautés et la participation à la conception et la sélection de la technologie sont essentielles à la réussite du projet. La participation communautaire assure une bonne compréhension des besoins et des capacités locales et garantit l'appropriation du système. Des projets n'ont pas réussi et des stations ont cessé de fonctionner non à cause

du choix de la technologie du traitement et la réutilisation, mais en raison du manque de compréhension de la capacité des communautés à gérer et à exploiter le système en raison de l'absence de compétences requises pour bon le fonctionnement de la station et la capacité de couvrir les coûts de maintenance.

Introduction

Ce rapport est une évaluation des technologies de traitement et de réutilisation des eaux usées qui sont appropriées pour les zones rurales des pays partenaires (PP). Il est basé sur une analyse bibliographique et quelques rétroactions des intervenants dans les PP. L'étude a été commandée sur la base des demandes des PP pour un outil les aidant à sélectionner la technologie la plus appropriée qui correspond à leur contexte national pour le traitement et la réutilisation des eaux usées dans les zones rurales. Même si l'étude donnera un aperçu des technologies de traitement et réutilisation des eaux usées dans les zones rurales, mais puisque les conditions varient d'un PP à l'autre et d'une région dans le PP à l'autre, son principal objectif est d'inculquer un processus de sélection et une méthodologie à poursuivre pour la sélection des technologies de traitement et réutilisation des eaux usées.

L'évaluation examine les meilleures technologies disponibles (MTD) actuellement utilisées pour le traitement des eaux usées et élabore des lignes directrices pour la sélection des MTD. Ces lignes directrices seront basées sur les caractéristiques de la technologie elle-même et des zones rurales. Recoupées, ces caractéristiques affineront les choix des technologies appropriées de traitement et de la réutilisation des eaux usées à utiliser dans un contexte national spécifique. Cela aidera les PP à choisir des systèmes qui produisent l'eau traitée avec le plus bas coût possible par mètre cube et l'efficacité du traitement la plus élevée possible pour la réutilisation sélectionnée grâce à une technologie qui fonctionne dans les conditions locales et qui est acceptée par la communauté locale. Elle les aidera également à choisir la technologie de réutilisation la plus appropriée pour équiper leurs contexte local.

La plupart des pays partenaires, en particulier la Tunisie, ont commencé à construire des stations d'épuration urbaines depuis le début des années 60. Cependant, la plupart de ces pays sont à la traîne quand il s'agit de traitement dans les zones rurales. En dehors des principaux centres urbains, on peut dire avec certitude, que les eaux usées ne sont pas traitées correctement. La plupart des villages et des régions éloignées utilisent des fosses et des puits septiques insalubres, qui conduisent à la contamination des aquifères souterrains par infiltration des eaux usées.

La réutilisation des eaux usées urbaines traitées a commencé en parallèle avec la construction des stations de traitement des eaux usées (STEP). Les périmètres d'irrigation ont été installés et alimentés avec des eaux usées traitées. Les agriculteurs ont accepté d'irriguer leurs cultures avec des eaux usées traitées seulement quand l'eau fraîche et / ou des précipitations suffisantes ne sont pas disponibles. Si l'eau douce et les précipitations sont accessibles et disponibles en quantités qui peuvent couvrir les besoins de l'irrigation, les agriculteurs auront donc rarement recours à l'utilisation des eaux usées traitées pour l'arrosage de leurs cultures. Par conséquent, il existe un besoin pour une évaluation détaillée des conditions locales avant de lancer un projet de réutilisation.

Les tentatives de recharge des eaux souterraines avec des eaux usées traitées ne sont pas très bien réussies dans les PP. Les responsables et les décideurs, en général, appréhendent l'utilisation des eaux usées traitées pour recharger les aquifères par crainte de contamination. Le manque de connaissance de l'hydrogéologie locale est aussi un obstacle à la recharge des aquifères.

La sélection d'une technologie appropriée de traitement et de réutilisation est basée, non seulement sur des critères d'ingénierie, mais sur d'autres variables, parfois plus importantes, telles que l'acceptabilité sociale, l'économie, le climat, les compétences, le coût, etc. Ces critères de sélection seront élaborés et discutés dans cette étude.

Les technologies de traitement et de réutilisation des eaux usées ont été utilisées depuis la fin des années 1800. Ces technologies ont été conçues et remaniées et leur performance testée et améliorée. Plusieurs technologies existent, chacune différant dans les processus, l'empreinte spatiale, les exigences en énergie, la facilité d'utilisation, la capacité de traitement, l'acceptabilité sociale, l'adaptabilité climatique, les coûts d'exploitation et d'entretien.

Le succès ou l'échec des projets de traitement des eaux usées a rarement été lié à son ingénierie (conception et construction), mais à d'autres facteurs externes tels que la disponibilité du financement à vie pour l'exploitation et l'entretien de l'installation, le niveau d'expertise nécessaires à l'exploitation de la station, la proche disponibilité des pièces de rechange et du personnel techniquement qualifié pouvant intervenir dans un délai raisonnable pour réparer tous dysfonctionnements, les habitudes et les coutumes sanitaires locaux, etc. Le processus de sélection de la technologie doit prendre soigneusement en considération, parmi d'autres critères, les aspects sociaux, économiques, pédagogiques et financiers de la région et la population desservie ainsi que les spécifications techniques de la station d'épuration. Les populations locales doivent être étroitement informées et impliquées dans le processus de décision pour que le projet puisse être mené sans opposition.

Une évaluation par le ministère de l'Environnement Libanais exécutée par le biais du projet MSC-IPP de l'UE, de 44 stations d'épuration des eaux usées à petite échelle au Liban financées par des donateurs, a montré que seulement 5 étaient opérationnelles. Certaines stations ont été abandonnées avant la finalisation de la construction et celles qui restent sont défectueuses principalement dû au manque de fonds durables et des compétences des exploitants. Le manque de financement adéquat a prévenu certaines municipalités d'acheter des générateurs de secours pour assurer le fonctionnement 24/7 et l'entretien des canalisations, grilles, réservoirs, pompes et l'achat de produits chimiques tels que le chlore pour la désinfection. Dans le cas du Liban, il est à noter que l'investissement initial pour la construction des stations a été fourni par des bailleurs de fonds extérieurs principalement l'USAID, mais les coûts d'exploitation et d'entretien ont été laissés aux municipalités. Il peut être conclu de l'étude ci-dessus que les principaux facteurs qui ont affecté la performance des stations étaient liés au financement et aux compétences plutôt qu'à l'ingénierie.

Aux fins de cette évaluation, les technologies sélectionnées pour le traitement et la réutilisation des eaux usées, y compris la recharge des eaux souterraines et l'irrigation ont été présélectionnées pour s'adapter à un contexte rural où les zones rurales sont définies comme une communauté sous-développée éloignée avec un accès limité à des ressources en eau fraîche pour les besoins essentiels.

La réussite totale de projets ne peut être réalisée que si les politiques nationales accompagnent les actions locales. Par conséquent, cette évaluation inclura des directrices pour inclure le traitement et la réutilisation des eaux usées dans les zones rurales dans les politiques, les stratégies et les plans de gestion GIRE.

Enfin, cet examen n'a pas pour but de présenter une réponse définitive concernant la technologie la plus appropriée pour le traitement et la réutilisation des eaux usées dans les zones rurales; la variabilité des PP est trop élevée pour cela, mais plutôt un processus d'analyse logique pour une sélection basée sur des critères sélectionnés pour la localité choisie et la technologie.

1 Caractéristiques des zones rurales liées au traitement et à la réutilisation des eaux usées

1.1 OBJECTIF

L'objectif de cette section est de définir les caractéristiques des zones rurales qui ont une portée directe sur le traitement et la réutilisation des eaux usées. Ces caractéristiques sont variables entre les PP et ne s'appliquent pas nécessairement à tous.

1.2 INTRODUCTION

Aux fins de cette évaluation, les zones rurales sont considérées comme «zones à accès limité à l'eau douce et manquant des installations adéquates de traitement des eaux usées».

Un ensemble de critères de pertinence pour les zones rurales et de l'importance pour la sélection des meilleures technologies disponibles pour le traitement des eaux usées dans ces mêmes zones a été sélectionné. Il est de la plus haute importance de comprendre les conditions locales avant d'entreprendre un projet de traitement et de réutilisation des eaux usées et de sélectionner la technologie la plus appropriée. Sinon, cela entraîne des pannes totales des stations d'épuration. Les critères sélectionnés sont répertoriés ci-dessous.

1.2.1 Population extrêmement variable

Les zones rurales sont sujettes à des variations annuelles de la population. Le nombre de personnes varie selon les saisons. En été, on assiste souvent à des migrations des villes vers les villages avec l'augmentation multiple du nombre de résidents et, par conséquent, les flux d'eaux usées. Les systèmes de traitement doivent être en mesure d'absorber certaines fluctuations du débit.

1.2.2 Niveau d'éducation relativement faible

Les populations rurales ont plus souvent des niveaux d'éducation faibles et un accès limité à l'information. Ces populations ne sont pas souvent ciblées par des campagnes de sensibilisation. L'éducation et la sensibilisation sont des facteurs clés qui influencent l'acceptation des systèmes de traitement et de réutilisation des eaux usées. La compréhension, la nécessité et le fonctionnement des stations d'épuration est crucial pour son acceptabilité par la population locale. Par conséquent, il pourrait exister un besoin pour une communication importante et des efforts de sensibilisation avant d'entreprendre un projet de traitement et de réutilisation.

1.2.3 Niveaux de pauvreté élevée et de revenu faible

Dans les zones rurales, le flux principal moyen de subsistance est l'agriculture accompagnée d'autres revenus secondaires. Le revenu est faible tendant vers la pauvreté. La capacité de payer pour le service est restreinte.

En conséquence, et dans le cas où les subventions n'ont pas été prévues par le gouvernement pour couvrir les coûts d'investissements et les coûts d'opération des systèmes de traitement dans les zones rurales, il est important de choisir une technologie à faible coût spécialement comme se rapporte à l'O & M. Les coûts d'investissement initiaux peuvent être couverts par le budget national ou par le biais des subventions d'organisations et des bailleurs de fonds internationaux. Les coûts de l'O & M, cependant, sont généralement assumés par les utilisateurs avec des subventions du gouvernement central.

1.2.4 Habitations en cluster et / ou écartées

Les maisons et logements dans les communautés rurales peuvent être regroupés ou répartis sur une vaste zone de terres. Les logements sont souvent unitaires ; en conséquence, les travaux de rénovation sont faciles. Les logements peuvent être répartis ou concentrés. Les technologies de traitement doivent être sélectionnées pour s'adapter à la distribution spatiale des logements particuliers lorsque les réseaux des eaux usées sont inexistantes.

1.2.5 Accès faible aux services et l'assainissement

Les zones rurales ont, en général, un accès limité aux services et à l'assainissement. L'infrastructure pour la distribution d'eau, la collecte des eaux usées et le traitement, est pratiquement inexistante. Le manque d'infrastructures, en particulier, pour le convoyage des eaux usées, a un impact direct sur la sélection des systèmes et technologies de traitement des eaux usées spécialement lorsque les logements ne sont pas concentrés dans un groupement, mais sont lointainement espacés. Le coût des systèmes de collecte des eaux usées peut atteindre 80% des coûts de traitement et de collecte des eaux usées ; par conséquent, il est important d'évaluer la valeur économique des systèmes de traitement centraux par rapport aux décentralisés lorsque l'infrastructure de tuyauterie n'existe pas.

L'accès à l'énergie est très intermittent dans de nombreux endroits. Les systèmes de traitement pour les zones rurales doivent avoir une dépendance très basse sur l'énergie.

1.2.6 Accès supérieur aux zones de terres à l'opposé des zones urbaines

Les zones rurales ont un accès relativement élevé à des terrains privés moins chers ou des terrains librement disponibles contrôlés par des collectivités locales ou l'État. Si le terrain est disponible, l'empreinte spatiale de la technologie deviendra donc sans pertinence ; sinon, le choix devient restreint aux systèmes mécaniques.

1.2.7 Habitudes et croyances locales ne correspondent pas toujours aux systèmes de traitement

Les habitudes sanitaires pourraient affecter négativement le fonctionnement des stations d'épuration. Les niveaux élevés du DBO résultant des eaux usées mélangées avec les déchets animaux et le sang affectent négativement la capacité de traitement des stations d'épuration des eaux usées. Ces stations ne sont généralement pas conçues pour absorber les niveaux de DBO qui sont plus élevés que les eaux usées municipales. Dans l'un des pays MENA, les villageois versaient la soude caustique dans les conduites des eaux usées pour les nettoyer. A chaque routine de nettoyage, la soude caustique s'écoule vers la station d'épuration des eaux usées par lit bactérien, et l'arrête complètement en éliminant les micro-organismes cultivés spécialement pour traiter les eaux usées domestiques.

Dans les pays où l'irrigation avec des eaux usées non traitées est encore pratiquée, les agriculteurs ont eu recours à la rupture des conduites d'amenée de la station de traitement afin d'utiliser les eaux usées pour l'irrigation s'ils n'obtiennent pas une solution alternative.

Il est d'une importance cruciale, pour le concepteur de la station d'épuration, de bien se renseigner sur les besoins, pratiques et habitudes locales qui affecteront le choix de la station d'épuration.

1.2.8 Nécessité immédiate pour les sous-produits de traitement des eaux usées

L'un des avantages des zones rurales est la nécessité directe de sous-produits des eaux usées tels que les eaux traitées pour l'irrigation et les nutriments présents dans les eaux usées et les boues. Le flux économique principal dans les zones rurales est l'agriculture. Il n'y a pas de nécessité de transport ni de structures de convoyage coûteuses, l'eau traitée et les nutriments extraits peuvent être utilisés localement.

Les précipitations dans les pays MENA varient selon les régions. Dans de nombreux PP, la saison d'irrigation s'étend sur 12 mois. Par conséquent, il n'y a pas de besoin pour des travaux de recharge des eaux souterraines puisque toutes les eaux usées traitées sont nécessaires pour l'irrigation.

Les systèmes de traitement choisis devraient être en mesure de produire l'eau traitée pour l'irrigation des cultures restreintes, et de garder un niveau de N et de P dans l'eau qui est suffisant pour soutenir la croissance des plantes sans causer de pollution.

1.2.9 Faible accès à la technologie et personnel qualifié résident

L'accès à la main d'œuvre qualifiée, à la technologie et ses services d'accompagnement et aux pièces de rechange est très faible dans les zones rurales. Les zones rurales sont la plupart du temps situées loin des centres villes et de la technologie et par conséquent, les compétences techniques sont hors de portée. Il est

rare pour des techniciens hautement qualifiés d'accepter de résider dans un village à moins que les récompenses financières soient élevées, et par conséquent hors de la portée de la communauté locale.

L'exploitation d'une usine de traitement des eaux usées nécessite des compétences avancées et une connaissance solide des processus biochimiques et physiques impliqués. Elle exige également l'entretien périodique et d'urgence nécessitant des pièces spéciales et une main d'œuvre qualifiée.

L'inspection et le contrôle régulier des performances par l'agence de l'État concerné est faible en raison des longues distances à parcourir et du manque de ressources humaines et financières avec la baisse conséquente des niveaux de fonctionnement des stations. Pour la même raison, la délégation de l'entretien aux entreprises privées a tendance à être une option coûteuse.

Par conséquent, les options «faible technologie (low tech)» devraient être une haute priorité sur la liste des critères de sélection pour une station d'épuration adaptée pour les zones rurales.

1.2.10 Pourrait être proche des zones écologiquement sensibles ou à haute valeur patrimoniale

Les zones rurales pourraient être proches des forêts protégées, zones humides et leurs semblables tels que les étendues de paysage de haute valeur, les sites historiques et culturels, etc. La technologie sélectionnée doit fournir un traitement adéquat afin d'assurer la protection de ces sites, réduire le trouble visuel ou la mauvaise odeur dans le paysage et, si possible, contribuer à l'amélioration de la biodiversité et la beauté de la nature.

1.2.11 Haute température

Les activités agricoles se déroulent principalement dans les mois d'été lorsque les températures peuvent atteindre des sommets de 40 ° C et plus. L'équipement de protection est essentiel pour prévenir les maladies dues au contact avec des eaux usées. En raison des températures élevées et le fait que l'équipement de protection est principalement constitué de matières plastiques qui chauffent, les agriculteurs deviennent très réticents à le porter.

Centralisé ou décentralisé? Les bénéfices de la gestion décentralisée des eaux usées dans un environnement rural et périurbain

(Étude de cas: Réutilisation de l'eau dans le monde arabe: Du principe à la pratique. La Banque Mondiale, mai 2011)

Des études récentes en Egypte ont indiqué que, pour des raisons économiques, il n'est pas possible de fournir des installations d'assainissement pour tous les résidents des régions rurales et périurbaines-ni maintenant ou prochainement. En conséquence, le Gouvernement égyptien a commencé à considérer de recentrer sa stratégie de gestion des eaux usées de la construction et la gestion des réseaux d'assainissement régionaux à celles des installations décentralisées de traitement des eaux usées. Compte tenu du fait que, prochainement, les demandes croissantes sont en cours sur l'approvisionnement en eau douce, il est clair que les systèmes décentralisés augmenteront les chances de récupération / réutilisation localisée. Le dégroupage des projets d'assainissement dans les petits projets peut apporter des avantages à des coûts abordables à ceux qui en ont le plus besoin. Dans le cas de l'Égypte rurale, la décentralisation permet de diviser les investissements en éléments plus réalistes et plus gérables. D'un point de vue technique, l'assainissement décentralisé est également approprié dans les zones où le terrain est plat et la nappe phréatique est élevée telle que la région du Delta du Nil. La division de ces zones en zones autonomes élimine le besoin de stations de pompage et d'égouts d'interception requis pour servir toute la zone avec un réseau d'égouts régional.

2 MTD pour le traitement des eaux usées et leur réutilisation dans les zones rurales

2.1 PORTÉE

Cette section aborde l'examen des technologies de traitement et réutilisation des eaux usées présélectionnées et actuellement disponibles sur le marché. Les technologies de traitement et de réutilisation des eaux usées appropriées au contexte rural des PP ont été sélectionnées et revues.

2.2 APPROCHES AU TRAITEMENT ET RÉUTILISATION DES EAUX USÉES

Il existe deux approches pour traiter les eaux usées de manière à ne pas polluer le milieu récepteur et pour que les sous-produits utiles puissent être réutilisés en toute sécurité et le plus efficacement possible. Ces approches sont:

- Séparation des déchets à la source
- Traitement en aval des déchets

L'approche «À la source» vise à réduire le volume des eaux résiduelles générées par la réduction de la quantité d'eau douce qui est introduite dans le cycle des eaux usées et l'amélioration du potentiel de leur recyclage. Elle vise également à diminuer la charge microbienne et biochimique des eaux usées grâce à la séparation des différentes composantes telles que la séparation d'urine (eau jaune) des matières fécales et / ou de la séparation de l'eau grise de l'eau noire. Cette approche conserve l'eau douce et réduit la nécessité de réseaux complexes et importants d'eaux usées et de stations de traitement des eaux usées. Elle améliore en outre la réutilisation des déchets par la réduction, dans l'effluent, des constituants nocifs et par le renforcement du potentiel de l'extraction des composants à valeur ajoutée tels que les engrais agricoles et le compost.

L'approche «Fin de cycle» s'appuie sur le traitement des effluents d'eaux usées mélangés (eau noire ou grise) en utilisant différents types de technologies pour réduire les charges biochimiques et microbiologiques dans les eaux usées. Le traitement en aval nécessite des installations plus grandes et plus chères et réalise moins d'extraction des composants relatifs à la séparation à la source. Les systèmes de traitement en aval peuvent être classés en:

1. Mécaniques et
2. Non-mécaniques ou naturels

Les différentes approches seront présentées et analysées pour leur pertinence au traitement et réutilisation des eaux usées dans les zones rurales.

2.3 DESCRIPTION DES TECHNOLOGIES DISPONIBLES ³⁻⁴.

2.3.1 **Séparation à la source**

2.3.1.1 **Toilettes sèches et toilettes à séparation d'urine (eaux jaunes)**

Les toilettes sèches ou toilettes à compost rassemblent une combinaison d'urine et d'excréments dans une fosse, creusée sous le siège des toilettes ou un peu compensée. L'eau n'est pas ajoutée au système de chasse d'eau et, par conséquent, une grande quantité d'eau est conservée. Les ferments des déchets collectés peuvent être utilisés en tant que conditionneur de sol et compost d'engrais.

Les toilettes de séparation d'urine peuvent être des toilettes sèches ou humides qui séparent l'urine des matières fécales. L'urine et les matières fécales sont réparties dans des conteneurs différents et peuvent être utilisées immédiatement comme engrais. Les toilettes de séparation diminuent la contamination de l'urine par des pathogènes normalement présents dans les matières fécales, éliminant ainsi la nécessité de désinfecter l'urine avant la réutilisation. Les déchets des toilettes sèches et de séparation n'ont pas besoin de traitement. Ces types de toilettes ont été considérablement améliorés et leur utilisation est désormais possible même dans les bâtiments des zones urbaines. Elles sont une très bonne option pour les zones rurales. Tenant compte que 45% de la consommation d'eau domestique est dans les toilettes, l'utilisation des toilettes sèches va presque doubler la quantité d'eau qui serait disponible pour d'autres utilisations. Les logements situés dans les zones rurales se composent généralement de maisons individuelles et non pas de bâtiments ; par conséquent, la modification de la tuyauterie du système sanitaire pour s'adapter à des toilettes sèches ou de séparation est relativement facile. L'acceptabilité de la séparation de l'urine et des toilettes sèches dans les zones rurales semble être satisfaisante tel que rapporté par le projet Zéro M (<http://www.zer0-m.org/> CD-ROM vidéo). La comparaison des coûts de la séparation à la source ou les systèmes de traitement en aval dépendent des conditions existantes pour l'assainissement et la nécessité des sous-produits des eaux usées.

2.3.1.2 Eaux grises

Les eaux grises sont des eaux usées qui ne contiennent pas de matières fécales. Il s'agit de la collecte d'eau gaspillée de la baignoire / douche, du lavabo et de l'évier. Ces appareils sanitaires sont acheminés séparément de la toilette et du bidet. Les eaux grises ont une charge microbienne faible et leur utilisation dans des conditions spécifiques telles que l'irrigation restreinte peut être directe et sans besoin de traitement. Des systèmes ont été développés pour permettre la collecte des eaux grises sans avoir besoin de la réinstallation de la tuyauterie de la résidence. Les logements situés dans les zones rurales se composent généralement de maisons individuelles et non pas de bâtiments. Par conséquent, la réinstallation de la tuyauterie du système sanitaire afin que l'eau grise puisse être séparée de l'eau noire peut être relativement facile. Si une nouvelle construction est en préparation, il est justifié d'installer la tuyauterie de drainage de manière à permettre la séparation de l'eau grise. Séparer l'eau grise de l'eau noire permettra de réduire le coût et la dimension, en termes de diamètres de tuyauterie, du réseau d'égouts.

2.3.2 Solutions en aval

Aux fins de cette évaluation, les technologies de traitement en aval des eaux usées seront divisées en 2 catégories principales:

Le système de traitement conventionnel: les systèmes mécaniques à propulsion électrique pour le traitement des eaux usées.

Les systèmes de traitement naturels: traitement des eaux usées naturel avec alimentation énergétique minimale principalement pour le pompage.

2.3.2.1 Chaines de traitement

Une chaîne de traitement est une série de procédés de traitement des eaux usées ayant chacun une fonction spécifique d'élimination des déchets. Une chaîne de traitement peut être constituée d'un procédé de traitement préliminaire réalisé en une grille à barreaux pour éliminer les gros objets, un dessableur, un système de traitement primaire pour la décantation des matières solides, avec un procédé de traitement secondaire pour l'élimination de la matière organique et un traitement tertiaire pour le raffinage des eaux usées traitées pour diverses réutilisations. Les différentes technologies et processus peuvent être combinés dans une chaîne pour atteindre le niveau de traitement requis.

2.3.2.2 Préliminaire ou prétraitement

Le traitement préliminaire également connu sous le nom de prétraitement comprend l'enlèvement de débris de grande taille et épaisseur en utilisant différents types de grilles à barres. Ceci est traditionnellement suivi d'une chambre de grains pour éliminer les particules inorganiques. Dans certains cas, le traitement préliminaire est le seul processus de traitement dans la station d'épuration.

2.3.2.3 Traitement primaire

Le traitement primaire est la décantation d'environ 60% des STS qui se trouvent dans les eaux usées et 30% de la DBO₅. Les bassins de décantation (décanteurs) sont utilisés pour réduire la charge solide des eaux usées. Certains types de systèmes de traitement primaire, comme les fosses septiques, peuvent atteindre des niveaux de traitement acceptables lorsque les critères de décharge dans le milieu récepteur ne sont pas rigoureux.

2.3.2.4 Traitement secondaire

Le traitement secondaire est l'étape qui suit le traitement primaire. La plupart des stations de traitement atteindront des niveaux de traitement secondaire, qui consistent en la décomposition de la matière organique essentiellement soluble qui est encore dans les eaux usées après le passage dans un décanteur. Le processus repose essentiellement sur l'activité biologique des bactéries aérobiques et anaérobiques souvent trouvées dans les eaux usées. Différents systèmes et technologies existent. Les technologies de traitement des eaux usées qui conviennent, en général, pour les zones rurales seront détaillées ci-après. Le choix final de la technologie dépendra du contexte local. Ces systèmes ont été classés en systèmes conventionnels de traitement mécaniques et systèmes de traitement naturels.

2.3.2.4.1 Systèmes de traitement mécanique conventionnel

Les systèmes de traitement mécanique ont été mis en service il y a des décennies dans les centres urbains en particulier. Ce sont les systèmes de traitement des eaux usées les plus utilisés dans le monde. Ils ont été essayés et testés et leur performance et efficacité améliorées au cours des années. Les premiers systèmes de traitement datent à partir du début des années 1900.

Les systèmes de traitement mécanique nécessitent la construction de structures telles que des bassins en béton ou en plastique. Ils nécessitent l'apport continu d'énergie électrique et mécanique. Les systèmes mécaniques peuvent être conçus pour traiter les eaux usées des grandes villes, des habitations individuelles et de toute taille de population ou équivalent habitant (EH) entre les deux. Leur empreinte spatiale est relativement basse. Des coûts d'investissements d'O&M élevés sont encourus et des techniciens formés sont nécessaires pour gérer correctement la station d'épuration, sinon des pannes surviennent et le processus de traitement échoue.

Les systèmes de traitement mécanique ne peuvent pas absorber les fluctuations extrêmes de débit d'eaux usées causées par les changements saisonniers des populations dans certaines zones rurales. Ces systèmes ne sont pas facilement adaptés aux changements ou modifications des flux et de la composition des eaux usées. La boue est produite dans le processus et doit être traitée et éliminée correctement. La performance de tous les systèmes sélectionnés peut atteindre des valeurs acceptables d'élimination et des concentrations d'effluents pour la décharge et la réutilisation s'ils sont bien conçus.

Les systèmes de traitement mécanique sont socialement acceptés et compris par le grand public et les décideurs.

Ces systèmes peuvent seulement recevoir des effluents d'eaux usées après leur traitement préliminaire et primaire. Ils peuvent atteindre des niveaux de traitement requis par toute norme de décharge à l'exception de la suppression des nitrates, des phosphates et des éléments microbiens qui nécessiteront l'addition de produits chimiques de précipitation et désinfectants ou radiations. Pour une réutilisation dans l'irrigation, et puisque les nitrates et les phosphates sont utilisés comme engrais dans l'agriculture, il n'y a donc pas besoin de leur suppression. Des normes plus strictes, cependant, sont nécessaires pour d'autres options de réutilisation telles que la recharge des eaux souterraines qui nécessiterait des niveaux de traitement tertiaires.

2.3.2.4.1.1 Boues activées

Le système de traitement secondaire mécanique le plus couramment utilisé repose sur des bactéries aérobiques flottantes dans les eaux usées qui dégradent la matière organique qui est activée par le recyclage d'environ 20% de la boue active. Les conditions aérobiques dans les eaux usées sont produites par l'air pompé à partir de souffleurs ou par mélange avec l'air atmosphérique. Le traitement par boues activées permet d'éliminer efficacement les solides en suspension, les matières organiques, et certains pathogènes. L'élimination DBO₅ peut atteindre 95%. La production de boues est élevée et a besoin d'un système de traitement des boues. Les stations de traitement des boues activées peuvent être, dans une certaine mesure, construites de façon modulaire pour s'adapter aux changements des flux. Le système n'a cependant pas bien fonctionné avec des fourchettes de fluctuations de flux extrêmes. L'opération nécessite des techniciens

qualifiés. Du bruit est produit par des souffleurs ou des mélangeurs. Les coûts d'investissement et d'opération sont relativement élevés. Socialement, il est le système le plus compris et accepté. L'aération prolongée est une variation de la boue activée adaptée à de petits volumes de déchets.

2.3.2.4.1.2 Contacteurs biologiques rotatifs (RBC)

Les contacteurs biologiques rotatifs (CBR) sont des disques en rotation et partiellement submergés dans les eaux usées. Ils fournissent un traitement secondaire à travers un film de bactéries ou biofilm en croissance sur les disques. Les disques sont mis en rotation à une vitesse de 1-2 tr/min. pour un mouillage séquentiel et cycles d'aération. Les CBR ont des problèmes de fonctionnement principalement causés par des défaillances mécaniques des arbres et des paliers. Les CBR peuvent être utilisés pour les petites et grandes collectivités. Ils peuvent avoir des problèmes d'odeur et geler dans le froid extrême s'ils ne sont pas couverts. Les taux d'élimination de la DBO₅ varient entre 80 et 95% selon le taux de charge. Les CBR peuvent être mis à jour facilement. L'O & M est relativement simple et n'exige pas de main-d'œuvre qualifiée. Les CAPEX et OPEX sont acceptables.

2.3.2.4.1.3 Lits bactériens

Un lit bactérien est un système de traitement secondaire biologique qui consiste en une tour remplie de cailloux ou billes de composites en plastique où un bio-film bactérien se développe. Les eaux usées sont fournies par un système de distribution rotatif en haut de la tour, il ruisselle sur les médias où elles sont traitées par les processus bactériens et sont recueillies en bas. Pour les filtres aérobies, l'air traverse (naturellement ou par pompage) à travers la tour et crée un milieu aérobique. La performance et l'efficacité du filtre dépendent du type de matériel utilisé pour emballer la tour et la hauteur de la tour. Le contrôle du processus de traitement n'est pas précis. L'opération nécessite la surveillance constante par l'opérateur. Les lits bactériens peuvent être utilisés pour un logement individuel et des petits groupes; ils ont une faible empreinte spatiale. L'épuration de la DBO peut atteindre 85%.

2.3.2.4.1.4 Étangs aérés

Les étangs sont considérés comme des systèmes de traitement naturel. L'addition d'aérateurs de surface, pour augmenter l'efficacité, nécessite l'apport d'énergie et classifie ces systèmes, pour fins de la présente évaluation, dans le cadre des systèmes mécaniques. Les lagunes aérées consistent d'étangs en terre avec l'ajout d'un aérateur de surface pour améliorer l'efficacité de mélange de l'air ambiant et créer des conditions aérobies pour la dégradation des déchets. O & M est relativement facile. La surface nécessaire pour les étangs aérés est relativement plus faible que les étangs d'oxydation, mais encore relativement élevée par rapport à un traitement mécanique classique

2.3.2.4.1.5 Systèmes de filtration membranaire

Les systèmes de filtration membranaire sont des technologies de traitement très sophistiquées qui peuvent atteindre des normes de traitement très élevées. Ils consistent de membranes spécialisées comprenant des pores de différentes tailles, la filtration la plus fine étant l'osmose inverse. À moins qu'il n'existe d'autres solutions possibles, ces systèmes ne sont pas adaptés pour les zones rurales. Ils exigent des opérateurs hautement qualifiés pour les exploiter, un prétraitement extensif et une alimentation en énergie élevée. Ils peuvent, toutefois, être portables sur des camions et peuvent servir comme une unité mobile de traitement.

2.3.2.4.1.6 Station d'épuration mécanique aérobie adaptée

Une station d'épuration mécanique comportant plusieurs procédés de traitement dans un petit réservoir et adaptés pour 4 à 20 personnes sont disponibles sur le marché. Les plantes aérobiques nécessitent de l'électricité pour alimenter le souffleur.

2.3.2.4.2 Systèmes de traitement naturels (STN)

Les systèmes de traitement naturels comptent uniquement sur des processus naturels sans aucun apport mécanique pour traiter les eaux usées. Ils utilisent un mélange naturel d'air ambiant, de lumière du soleil, de la photosynthèse, d'aération de zone racinaire, d'absorption, d'adsorption et de processus naturels de décomposition pour parvenir à réduire les matières organiques, les nitrates, les phosphates et les pathogènes.

Ils sont capables de traiter les eaux usées municipales et industrielles conformes aux normes requises de décharge. Ils peuvent être conçus pour fonctionner comme installation de traitement principale ou pour polir la décharge des systèmes de traitement mécanique en particulier dans l'élimination des phosphates et des nitrates (traitement tertiaire). Les quantités de production des boues sont variables. Certains systèmes produisent une bonne quantité de boues et d'autres aucune, et sont capables de séchage des boues à plus de 10 fois l'efficacité des systèmes de séchage d'air naturels.

Les systèmes naturels sont faciles à entretenir et à utiliser et ne nécessitent pas de main-d'œuvre qualifiée. Bien que les coûts initiaux pourraient être équivalents aux systèmes mécaniques, les coûts de fonctionnement et d'entretien sont minimaux, voire inexistant.

Certains systèmes nécessitant d'autres prétraitements et traitements préliminaires peuvent absorber des eaux usées brutes. Les marais artificiels, par exemple, peuvent être conçus avec un bassin de décantation pour le traitement primaire ou pour prendre directement des eaux usées brutes.

L'empreinte du STN est élevée et de vastes terrains sont nécessaires à leur construction. Les STN peuvent en longues périodes de taux de chargement hydraulique, réaliser un traitement des eaux usées aux normes de traitement tertiaires.

2.3.2.4.2.1 Fosses septiques avec des réservoirs

Les fosses septiques sont des réservoirs étanches en béton, en plastique ou en fibre de verre. Ils s'adressent principalement pour les habitations individuelles ou de petits groupes. Les réservoirs sont conçus pour permettre la décantation de l'ordre de 60% de la DBO. Les réservoirs doivent être vidés des boues chaque 6 mois à un an sinon les boues se transformeront en un gâteau solide qui comblera une partie importante du réservoir et réduira son volume de stockage. La fosse septique doit être suivie par un système de traitement. Le système le plus utilisé, lorsque la géologie le permet, est un champ de filtrage. Les champs de filtrage sont constitués d'un réseau de tuyaux perforés qui transmettent l'effluent de la fosse septique sur une surface de sol avec une certaine épaisseur de terre ou de sable. Il existe plusieurs configurations de champs de filtrage. Ils peuvent être immédiatement installés sur des sols existants, si la géologie le permet, ou construits dans des surfaces creusées, imperméabilisées et remplies de sable. Les eaux usées traitées peuvent être collectées et réutilisées ou laissées à ruisseler à travers les couches du sol. Le passage à travers un sol et / ou sable assez épais assure le traitement des déchets.

2.3.2.4.2.2 Lagunes

Les lagunes sont des bassins en terre creusés dans le sol à des profondeurs différentes en fonction du type de conditions pour lesquelles le bassin a été conçu : aérobie, anaérobie et facultative. Les lagunes aérobies sont des bacs peu profonds qui favorisent la prolifération des bactéries aérobiques qui dégradent les matières organiques. Les étangs anaérobies sont profonds, créant ainsi un environnement anaérobie. Les lagunes facultatives sont de profondeur moyenne, favorisant ainsi la reproduction d'à la fois bactéries anaérobiques et anaérobiques. Les étangs peuvent être utilisés comme systèmes de traitement principaux ou pour polir les effluents provenant d'autres systèmes. Si correctement dimensionnés, les lagunes peuvent assurer une bonne qualité des effluents. Leur performance se dégrade cependant à basses températures et ils peuvent être un lieu de reproduction pour les moustiques. Dans les pays de la région MENA où la température et l'évaporation de l'eau sont élevés, les systèmes de traitement lagunaire entraînent une augmentation de la salinité de l'effluent. Les lagunes peuvent supprimer en moyenne 80% de la DBO.

2.3.2.4.2.3 Zones Humides Construites (ZHC) (Filtres à Roseaux)

Les Zones Humides Construites sont parfois appelées des filtres à roseaux. Ils suivent le même principe des lagunes avec l'ajout de plantes aquatiques et substrat.

Les Zones Humides Construites peuvent être conçues en trois modèles différents:

1. Surface d'eau libre
2. Écoulement sous-sol horizontal
3. Écoulement sous-sol vertical

Le chargement intermittent a été ajouté comme une variation pour améliorer l'efficacité des MA en termes d'empreinte spatiale.

Le système nécessite la construction d'une ou plusieurs lagunes qui sont généralement creusées dans la terre jusqu'à une profondeur de 0,6 m, couvert d'une membrane imperméable, rempli de gravier de différentes tailles (pour les zones humides à écoulement vertical et horizontal sous-sol) et des espèces sélectionnées de plantes aquatiques ou macrophytes sont plantées. Les macrophytes peuvent être également flottantes, submergées ou émergentes.

Les marais artificiels permettent d'importantes fluctuations dans les flux d'eaux usées, qui peut être le cas dans certaines zones rurales témoignant de changements saisonniers de populations. Ces systèmes sont très bien adaptés aux changements ou modifications de flux d'eaux usées et de leur composition. Les filtres à roseaux opèrent dans des conditions de climat chaudes et très froides et ils ont réalisé une épuration telle que conçue.

Les systèmes de zones humides ne sont toujours pas bien compris et acceptés par la communauté des ingénieurs et le grand public. Ceci est principalement dû à un manque de sensibilisation et la faible compréhension par le grand public des processus biologiques qui fonctionnent en ces systèmes.

Système de traitement naturel à Jougar et Gharzouz

Le village de Jougar en Tunisie abrite une petite communauté de quelque 750 travailleurs de ligne de gaz. Ces travailleurs résident dans le village et nécessitent des installations de traitement des eaux usées. L'espace est disponible autour de l'établissement et par conséquent un système de filtres à roseaux a été installé. Le système est composé d'une zone humide à écoulement vertical suivie par une zone humide horizontale à écoulement en sous-sol. Le ministère concerné entreprend l'analyse des effluents et le traitement est conforme aux normes. L'effluent traité est réutilisé dans l'agriculture. Le système ne nécessite pas d'apport en énergie et pratiquement aucun entretien. Dans une agglomération semblable, les eaux usées traitées sont évacuées dans la rivière et indirectement réutilisées par la communauté en aval.

Dans le village côtier de Gharzouz au Liban, un centre de formation qui comprend des logements a été construit. Le centre peut accueillir jusqu'à 50 stagiaires résidents et est habité en permanence par 5 personnes. Les formations sont saisonnières et par conséquent la «population» du centre de formation varie entre 5 et 100. Pendant la phase de construction, il a été décidé d'installer un système de traitement des eaux usées. Deux estimations de prix ont été acquises et les prix étaient comme suit:

- Système de boues activées: 15 000 USD d'installation et 2 000 USD pour le contrat de maintenance annuel
- Zones humides à écoulement souterrain horizontales: 4 000 USD d'installation et aucun contrat de maintenance n'est requis.

Le système de boues activées ne pouvait pas répondre aux besoins de l'extrême variabilité de la population, et le système de traitement naturel était mieux adapté dans le paysage. Par conséquent, le choix évident étaient les ZHC. L'effluent traité est utilisé pour irriguer une oliveraie en aval de la zone humide. L'analyse de l'effluent traité a montré des taux d'épuration de plus de 85% pour la DBO et les coliformes.

2.3.2.4.2.4 Station d'épuration mécanique en package

La station d'épuration mécanique package comprenant plusieurs procédés de traitement dans un petit réservoir et prévus pour 4 à 20 personnes sont disponibles sur le marché. Les installations anaérobiques n'ont pas besoin d'énergie et peuvent générer du biogaz.

2.3.2.4.2.5 Réacteurs anaérobies

Les réacteurs anaérobies ne nécessitent pas d'alimentation électrique pour fonctionner. Ils peuvent produire une qualité d'effluents de normes acceptables et du biogaz. Ils peuvent servir un large éventail de populations commençant par des ménages individuels. Leurs coûts d'investissement et d'opération sont relativement faibles avec la possibilité de production d'énergie à partir du biogaz. Le processus d'écoulement dans le réacteur est délicat et nécessite des opérateurs qualifiés.

2.3.2.4.2.6 Traitement par passage dans le sol

Le traitement par passage dans le sol est une méthode de traitement qui repose sur la capacité de traitement des sols et de ses constituants pour dégrader la matière organique des eaux usées. Les eaux usées sont collectées dans les bassins et ruissellent à travers les couches du sol où les différents processus biochimiques réduisent la matière organique, les nitrates, les phosphates et les pathogènes. Les eaux usées traitées sont ensuite pompées au moyen de puits pour une réutilisation ultérieure. Le traitement par passage dans le sol nécessite une très bonne connaissance des conditions hydrogéologiques locales afin d'éviter la contamination des aquifères d'eau douce. Il peut atteindre des niveaux de traitement selon les normes d'eau potable. Il dépend de la capacité d'absorption des sols. Cette capacité pourrait se détériorer avec une utilisation prolongée. Par conséquent, un bon système de contrôle devrait être mis en place afin d'éviter les accidents environnementaux et de santé publique. Semblable à la recharge des eaux souterraines, le traitement par passage dans le sol devrait être examiné avec soin et bien planifié afin d'éviter de contaminer les aquifères d'eau douce par les eaux usées.

Tableau un: Empreinte, les coûts d'investissement et d'opération de certaines technologies de traitement des eaux usées.

Système	Empreinte au Sol (m ² /habitant)	Coûts de construction (euro/habitant)	Coûts d'O&M (euro/habitant/année)
Traitement conventionnel primaire	0,02-0,04	9-15	0,4-0,8
Étang facultatif	2,0-4,0	11-23	0,6-12
Bassin anaérobie + étang facultatif + étang de maturation	3,0-5,0	15-30	0,8-1,5
Marais artificiels	3,0-5,0	15-23	0,8-1,2
Boue conventionnelle activée	0,12-0,25	31-50	3,0-6,1
Boues activées + aération prolongée	0,12-0,25	27-38	3,0-6,1
Boues activées classiques + filtration tertiaire	0,15-0,30	38-58	4,6-7,7
Lit bactérien	0,12-0,3	38-46	3,0-4,6

Les chiffres du tableau ci-dessus varient considérablement d'un pays à l'autre ; en conséquence, ils devraient être pris comme ordres de grandeur plutôt que comme coûts exacts. Le tableau a pour but de montrer les différences entre les différents systèmes en termes de dépenses d'investissement et d'exploitation et d'empreinte.

2.3.2.4.3 Traitement tertiaire

Le traitement tertiaire se compose principalement de l'élimination des nitrates, phosphates et pathogènes à l'aide de filtration rapide de sable, produits chimiques ou radiations. Le choix d'ajouter un traitement tertiaire à la chaîne de traitement dépend de l'utilisation finale de l'effluent traité et des questions de protection de la santé publique.

2.4 RÉUTILISATION DES EAUX USÉES

La réutilisation des eaux usées traitées et non traitées date des civilisations grecque et romaine. L'irrigation et la recharge des eaux souterraines sont les options de réutilisation abordées dans cette étude. Il existe diverses techniques d'irrigation. Nous allons les présenter et les discuter toutes du point de vue de l'aptitude à l'irrigation utilisant les eaux usées traitées. Trois techniques existent pour la recharge des eaux souterraines, qui seront également présentées et discutées.

2.4.1 Avantages de la réutilisation des eaux usées

La réutilisation des eaux usées traitées a plusieurs avantages, notamment:

1. Conservation des ressources en eau douce pour d'autres usages.
2. Réduction des besoins en infrastructures des eaux usées pour le traitement et l'élimination des eaux usées
3. Réduction de la nécessité d'éliminer les nitrates et le phosphate par le système de traitement étant donné que ces éléments ont une valeur ajoutée dans l'agriculture
4. Réduction de la pollution de l'élimination des eaux usées dans l'environnement
5. Lutte contre la désertification.

Avec tous les avantages de la réutilisation des eaux usées traitées dans l'irrigation, il y a des risques sanitaires associés dus au contact avec les eaux usées récupérées. Par conséquent, il est primordial de s'assurer que ces risques sont minimisés et contrôlés.

2.4.2 Irrigation

2.4.2.1 Critères de sélection pour les projets d'irrigation

L'irrigation est une des principales options de réutilisation des eaux usées traitées. Les eaux usées traitées peuvent être utilisées en agriculture pour l'irrigation des cultures de types différents ou dans des paysages pour irriguer les terrains de golf, les ceintures vertes, le reboisement, etc. L'irrigation restreinte est la seule pratique reconnue jusqu'à présent dans les PP. Par conséquent, les cultures à haute valeur de rachat qui sont consommées crues ne peuvent pas être irriguées avec des eaux usées traitées. Cette restriction a de fortes implications sur l'acceptation des agriculteurs d'utiliser l'eau recyclée. Les eaux usées traitées sont une source constante d'eau pour une irrigation non-affectée par les saisons, les conditions météorologiques et, récemment, les changements climatiques.

Le succès des projets d'irrigation agricole avec l'eau recyclée dépend de la nécessité réelle de l'eau telle que ressentie par les agriculteurs. À partir de quelques visites aux zones agricoles dans les PP, il est évident que les agriculteurs utiliseront des eaux usées traitées dans les conditions suivantes:

1. Lorsque l'eau douce n'est pas suffisante pour couvrir leurs besoins en irrigation
2. Il est moins cher d'un point de vue de coûts d'énergie d'utiliser les eaux usées par rapport à l'eau douce qui pourrait avoir besoin de pompage provenant de puits profonds
3. Si l'irrigation supplémentaire conduit à un rendement accru
4. Si l'utilisation des eaux usées traitées ne limite pas les types de cultures à planter
5. Si l'utilisation des eaux usées traitées n'affecte pas les ventes de produits
6. Si les eaux usées sont traitées de façon adéquate et ne pose aucune menace pour la santé publique

Du point de vue des agriculteurs, les critères ci-dessus sont essentiels dans la décision de développer un projet de réutilisation pour l'irrigation de l'agriculture.

En plus de ce qui précède et du point de vue de la structure de gouvernance en place, les critères suivants doivent également être respectés:

1. Une bonne compréhension de la pédologie et de l'hydrogéologie locale.

2. Possibilité d'appliquer les lois sur les restrictions relatives aux cultures, la manutention des cultures et la santé publique.
3. Capacité de surveiller la qualité de l'eau traitée, son utilisation par les agriculteurs, son effet sur les cultures (concentration de composés nocifs et pathogènes), son impact sur la santé publique et l'environnement (salinisation et colmatage des sols et contamination de surface et des eaux souterraines).
4. Possibilité de fournir l'eau traitée de qualité requise pour la réutilisation envisagée.
5. Capacité de fournir une protection médicale adéquate pour les agriculteurs, les manutentionnaires et les consommateurs.
6. Aptitude de développer et mettre en œuvre une campagne d'information et de sensibilisation ciblant les agriculteurs et les consommateurs.

Si les critères ci-dessus ont été remplis, la prochaine étape serait la faisabilité et l'analyse de rentabilité du projet. L'analyse des coûts-avantages des projets agricoles devrait également intégrer les facteurs sociaux, financiers et économiques. La plupart des PP subventionnent l'eau d'irrigation fournie aux agriculteurs. Les frais perçus couvrent rarement le coût de l'opération d'irrigation. Par conséquent, il est rare de trouver un projet d'irrigation avec une étude de faisabilité positive.

L'irrigation des espaces verts utilisant les eaux usées récupérées est un projet plus facile à réaliser que l'agriculture irriguée. Il n'y a pas de produit destiné à être consommé par les personnes ; le contact humain avec les eaux usées est réduit par rapport à l'irrigation agricole, les normes de qualité récupérées sont plus basses que celles requises pour une irrigation agricole, il n'y a aucune opposition sociale et besoin inférieur pour l'application de la loi.

L'encadré suivant présente les scénarios de référence mis au point par la Banque Mondiale pour la réutilisation des eaux usées dans l'irrigation.

Le Guide de la Banque Mondiale pour les Planificateurs de la Réutilisation des Eaux Usées en Agriculture (Khouri et al 1994) suggère les scénarios de référence suivants pour l'évaluation de la réutilisation de l'eau pour l'irrigation:

1. **Aucune irrigation existante:** Là où il n'y a pas d'agriculture existant ou la seule irrigation provient de la pluie, les bénéfices consisteraient à introduire la production agricole ou augmenter la production à partir des fermes existantes. Les coûts comprendraient ceux pour (a) la mise en place du système d'irrigation, et (b) le transport et le traitement des eaux usées (mais seulement le coût en sus est nécessaire pour le décharger dans les eaux réceptrices). Lorsque son élimination dans l'environnement est appliquée, le coût du traitement pour la réutilisation peut être inférieur à celui de décharge directe, auquel cas la valeur de (b) serait négative - un bénéfice.
2. **Irrigation existante:** Lorsque les eaux usées peuvent fournir l'irrigation supplémentaire, elles pourraient permettre une transition vers des cultures plus rentables (telles que grains et légumes) ou des saisons de croissance plus longues. Les revenus supplémentaires de cette expansion moins ses coûts en seraient les avantages. Les coûts associés aux eaux usées seraient les mêmes que ceux en (1).
3. **Irrigation existante:** Lorsque les eaux usées peuvent remplacer les sources d'eau douce peu abondantes, un scénario de non-action impliquerait (dans le moyen ou long terme) la réduction ou l'abandon des zones irriguées pour augmenter l'approvisionnement en eau potable pour la consommation domestique; la production agricole sauvée serait le bénéfice. Les eaux usées associées aux coûts seraient les mêmes que ceux de (1).
4. **L'irrigation des eaux usées existantes non contrôlées:** Il s'agit d'une situation assez souvent rencontrée dans les pays en voie de développement. Le passage à une opération contrôlée utilisant des eaux usées traitées aboutirait à des améliorations de l'environnement et de la santé publique. Ces améliorations devraient avoir un poids important dans le développement du projet, même si elles sont difficiles à quantifier. Deux situations peuvent augmenter davantage la faisabilité globale de l'option de la réutilisation contrôlée. Tout d'abord, l'épandage des effluents traités pourraient faire partie de la solution la moins coûteuse de traitement des eaux usées. Deuxièmement, l'irrigation avec des eaux usées traitées peuvent conduire à la production de cultures plus rentables.
5. **L'irrigation d'eau douce existante ou nouvelle des parcs publics ou des ceintures vertes:** Lorsque cela est le cas, le passage à l'irrigation des eaux usées serait uniquement justifié si elle coûte moins que le rejet des eaux usées dans les eaux de surface et / ou si elle offre des avantages environnementaux, correspondant au coût de réclamation et investissements de l'irrigation. Ceux-ci pourraient être quantifiés ou au moins décrits de façon qualitative. Un autre avantage serait la valeur de l'eau potable sauvegardée, ce qui pourrait être important dans les villes où l'eau est rare.
6. **Pas d'irrigation existante, l'application des eaux usées pour le traitement des sols:** Dans cette situation, il n'y a pas de besoin existant ou une demande en eau d'irrigation. La solution la moins coûteuse de traitement des eaux usées, cependant, comprendrait la dispersion des eaux usées traitées sur le sol. Le coût de l'ensemble du système, y compris l'irrigation, devrait être inclus dans les coûts associés aux eaux usées. Les avantages de l'irrigation pourraient améliorer la faisabilité du traitement des eaux usées. (Khouri et al. 1994)

2.4.2.2 Normes des eaux usées récupérées pour l'irrigation

En 2006, les directives de l'OMS pour la réutilisation des eaux usées encouragent les pays à établir leurs propres normes pour les eaux usées à réutiliser pour l'irrigation. Le «système à barrières multiples» introduit une marge de manœuvre pour établir des limites acceptables pour les contenus biochimiques et pathogènes des stations d'épuration des effluents des eaux usées. Les nouvelles directives reposent sur les «barrières» pour l'élimination des pathogènes. Ces obstacles comprennent les procédés de traitement, la manutention après la récolte du produit afin de permettre la mortalité microbienne, le lavage, la protection médicale, etc.

2.4.2.3 Technologie de traitement des eaux usées pour l'irrigation

Les types de cultures qui peuvent être irriguées avec des eaux usées récupérées sont dépendants du niveau de traitement atteint par la station d'épuration. Les cultures consommées crues nécessitent un traitement tertiaire des eaux usées, notamment la désinfection, pour l'élimination des pathogènes. Les eaux usées, cependant, peuvent être traitées aux niveaux primaires et secondaires et utilisées dans l'irrigation des forêts, terrains de golf, les grandes cultures et les cultures utilisées pour la production d'énergie par la biomasse. Certaines techniques d'irrigation peuvent contribuer à la réduction des pathogènes dans les eaux traitées. L'irrigation goutte à goutte, par exemple, peut réduire les pathogènes par 4 unités log. Lors de la planification des projets d'irrigation avec des eaux usées récupérées deux scénarios se présentent.

1. Station d'épuration existante
2. Station d'épuration à construire

Avec des stations de traitement existantes, deux choix existent:

1. Limiter les cultures à la capacité de traitement de la station
2. Mise à niveau de la station par l'ajout des procédés de traitement ou des changements dans la technologie afin qu'elle puisse offrir un niveau de traitement plus élevé

Avec des stations de traitement prévues, la conception de la station et le choix de la technologie dépendra des choix effectués pour l'irrigation.

2.4.2.4 Techniques d'irrigation

Dans cette section, nous aborderons les techniques d'irrigation à partir du point de vue de la réutilisation des eaux usées traitées. Lors de l'utilisation des eaux usées traitées, il est important de choisir une technique d'irrigation qui réduit, autant que possible, les risques de santé aux agriculteurs. Les techniques d'irrigation les plus utilisées sont les suivantes:

1. L'irrigation de surface
2. L'irrigation par aspersion
3. L'irrigation goutte à goutte

Les méthodes d'irrigation par aspersion et de surface présentent un risque élevé d'exposition humaine par contact direct avec l'eau d'irrigation dans les sillons ou au moyen d'aérosols produits par des asperseurs. L'irrigation goutte à goutte minimise le contact humain avec les eaux usées traitées. Elle permet également de réduire les pathogènes par 4 unités logarithmiques. L'irrigation goutte à goutte peut être installée sur la surface du sol ou enterré en dessous. L'irrigation goutte à goutte sous la surface (goutteurs enterrés) élimine tout contact humain avec les eaux usées traitées. L'irrigation goutte à goutte, cependant, n'est pas adaptée à toutes les cultures. Elle exige également des connaissances techniques par les agriculteurs pour fonctionner correctement. L'adoption de l'irrigation goutte à goutte par les agriculteurs qui sont habitués à l'irrigation de surface nécessitera le renforcement des capacités et du soutien. Finalement, l'irrigation goutte à goutte et en particulier l'irrigation goutte à goutte souterraine réduit la nécessité de la désinfection des eaux usées car le contact humain est minimal ou inexistant.

2.4.2.5 Santé publique

Les agriculteurs des PP utilisant des eaux usées traitées sont fortement exposés aux risques microbiens. Les équipements de protection sont rarement portés par les agriculteurs. La plupart des opérations agricoles se

produisent en été, lorsque les températures peuvent dépasser 40 °C. Des bottes en plastique, masques, chapeaux et gants deviennent insupportables lorsque les températures sont élevées. Par conséquent, les agriculteurs, leurs femmes et leurs enfants, dans de nombreux cas, sont en contact direct avec l'eau d'irrigation.

La disponibilité des protocoles de la protection de la santé et de la vaccination préventive est variable selon les pays, et les agriculteurs ne profitent pas toujours d'eux. Il y a aussi un manque de sensibilisation, des agriculteurs, des risques potentiels associés à l'utilisation des eaux usées traitées pour l'irrigation. Plusieurs organisations internationales ont organisé des activités de sensibilisation à la santé et des programmes autour de l'utilisation des eaux usées traitées pour l'irrigation, mais il semble que le niveau d'appréciation du risque potentiel est faible. Même les agriculteurs qui utilisent des eaux usées non traitées dans certains PP, ne portent aucun équipement de protection, et n'obtiennent aucune protection médicale préventive.

Les agriculteurs qui utilisent des eaux usées traitées sont rarement protégés contre les risques potentiels d'exposition aux pathogènes. En conséquence, et lorsque cela est possible et réalisable, il est conseillé de désinfecter les eaux usées traitées ou utiliser l'irrigation goutte à goutte pour réduire tout risque d'infection microbienne. Si les eaux usées ne sont pas désinfectées s'il y a un contact avec des eaux usées, les agriculteurs et leurs familles risquent de contracter des maladies d'origine microbienne ou virale.

2.4.2.6 Conclusion et recommandations pour l'irrigation

Basé sur l'analyse précédente, on peut conclure et recommander que, dans le cas de la réutilisation des eaux usées pour l'irrigation agricole, la sélection des cultures et la méthode d'irrigation a une influence directe sur le choix des technologies de traitement des eaux usées. Le choix d'une technologie de traitement des eaux usées dépend du type d'irrigation (agriculture ou paysage), le type de culture, la technologie d'irrigation, la santé et les mesures de sécurité environnementale en place. Le promoteur du projet doit avoir une vision globale de la situation locale pour le choix le plus approprié de la technologie.

2.4.3 Recharge des eaux souterraines

La recharge des eaux souterraines est l'une des possibilités de réutilisation des eaux usées traitées. Les aquifères d'eau douce, dans la plupart des PP, sont exploités au-delà de leur rendement durable. La surexploitation a également conduit à l'intrusion d'eau salée dans les aquifères côtiers. Les eaux souterraines avec les eaux usées traitées présentent plusieurs avantages:

1. Recharge des aquifères épuisés
2. Stockage de l'eau pour un usage futur à moindre coût que les barrages
3. Réduction du volume des effluents des eaux usées
4. Réduction de l'intrusion d'eau salée dans les aquifères d'eau douce

2.4.3.1 Critères de sélection des projets de recharge des eaux souterraines

Le succès des projets de recharge des eaux souterraines dépend des critères suivants:

1. Acceptation de la population locale et des décideurs
2. Saison d'irrigation de moins de 12 mois et volume d'eau restante pour la recharge
3. Intrusion d'eau salée dans les aquifères
4. Très bonne connaissance de l'hydrogéologie locale
5. Possibilité de fournir des eaux usées traitées avec une qualité adéquate pour la recharge
6. Faisabilité positive financière
7. Bon système de surveillance globale en place

2.4.3.2 Normes des eaux usées pour la recharge des eaux souterraines

Les normes pour la recharge des eaux souterraines varient selon le système de recharge utilisé. Les bassins d'infiltration recouvrant une couche de sol profond peuvent contribuer au traitement des eaux usées similaire aux systèmes de passage par le sol. Une bonne connaissance de l'hydrogéologie locale est essentielle pour déterminer la qualité des effluents provenant des stations d'épuration. Pour l'injection directe, les eaux usées traitées doivent être d'une qualité très élevée. Aux États-Unis, bioréacteurs à membrane et osmose inverse sont utilisés pour prétraiter les eaux usées avant la recharge des aquifères.

2.4.3.3 Techniques pour la recharge des aquifères

Il existe trois techniques pour la recharge des aquifères:

1. Des bassins d'infiltration
2. Des puits d'injection dans la zone vadose
3. Des puits d'injection directement dans l'aquifère

En gardant à l'esprit les caractéristiques des zones rurales dans les PP, il est conseillé de choisir les techniques qui sont moins chères à installer et à utiliser et ne nécessitant pas de main-d'œuvre hautement qualifiée à gérer. La seule technique qui est adaptée aux zones rurales dans ces conditions est les bassins d'infiltration. Les puits d'injections nécessitent un personnel qualifié et des ingénieurs pour la construction et l'exploitation.

2.4.3.3.1 Bassins d'infiltration

Les bassins d'infiltration sont des réservoirs en terre dimensionnés en fonction des critères de conception spécifiques et utilisés pour occasionner l'infiltration des eaux usées traitées dans les aquifères d'eaux souterraines. Même si c'est la technique la plus simple de recharge des eaux souterraines, les bassins d'infiltration nécessitent certaines connaissances techniques pour bien les exploiter. Il y a un besoin pour une bonne compréhension de l'hydrogéologie locale et un bon système de surveillance de la qualité de l'eau afin d'éviter les accidents de pollution des aquifères. La principale préoccupation concernant la recharge des eaux souterraines avec les eaux usées traitées est le fait que les aquifères contaminés ne sont pas faciles à nettoyer. L'entretien adéquat par un nettoyage est essentiel afin de maintenir les taux d'infiltration acceptables. Dans certains cas, plusieurs bassins sont utilisés alternativement, afin de permettre des périodes de nettoyage et d'entretien.

2.4.3.4 Conclusions et recommandations pour la recharge des eaux souterraines

La recharge des eaux souterraines est une option de réutilisation des eaux usées qui peut mettre à la disposition de l'eau supplémentaire au cours de longues périodes de temps. Cette option de réutilisation, cependant, nécessite une évaluation minutieuse de plusieurs points de vue, y compris la faisabilité économique, les risques d'accidents environnementaux et de santé publique, et l'acceptabilité. La plupart des décideurs craignent la recharge des eaux souterraines par les eaux usées traitées en raison des craintes de pollution d'aquifère des eaux douces irrécupérables.

3 Critères de sélection des technologies de traitement des eaux usées

3.1 PORTÉE

Cette section listera des critères qui peuvent être utilisés pour la sélection de la technologie de traitement des eaux usées la plus appropriée ou la chaîne de traitement adaptée aux zones rurales avec la possibilité de fournir de l'eau recyclée pour la recharge des eaux souterraines. Chaque critère sera lié à un critère générique qui l'influence.

3.2 CRITÈRES ADMINISTRATIFS

3.2.1 Procédures et processus:

Les procédures et processus requis pour la construction des stations d'épuration des eaux usées influent sur le choix de la technologie. Contrairement aux systèmes de traitement naturel, les systèmes de traitement mécaniques sont relativement compris par les administrateurs et les procédures et procédés de permis de construction sont dans la plupart des cas existants. La procédure et le processus influence l'acceptabilité de la technologie.

3.2.2 Facteurs réglementaires

Semblable aux procédures et processus et grâce à une meilleure compréhension des systèmes mécaniques, le cadre réglementaire des systèmes mécaniques est plus évolué que celui des systèmes naturels. Lorsque des études d'EIE sont nécessaires, les systèmes naturels, les zones humides spécialement construites, ont un moindre impact sur l'environnement par rapport aux systèmes mécaniques. Les filtres à roseaux pourraient même contribuer à améliorer l'environnement à travers la création d'habitats. Par conséquent, lorsque les règlements stipulent des études d'EIE, il pourrait être plus facile de sélectionner les systèmes de traitement naturels pour des permis rapides et plus faciles. Les facteurs réglementaires influent sur l'acceptabilité de la technologie.

3.2.3 Configuration et responsabilités nationale et locale de la gestion

Les systèmes de gestion de stations de traitement des eaux usées ont une influence directe sur le choix du système. Lorsque la responsabilité de la gestion des stations d'épuration des eaux usées incombe aux agences centrales qui sont situées loin des centres urbains, il est donc conseillé de choisir un système nécessitant peu d'entretien. En raison de la nécessité de voyages de longue distance, la supervision du gouvernement central des stations d'épuration devient laxiste avec la réduction conséquente de la qualité de fonctionnement. Les systèmes de traitement naturels sont des systèmes rudimentaires à faible maintenance. Les facteurs réglementaires influent sur la nécessité de la technologie pour la surveillance étroite et l'exploitation qualifiée.

3.3 CRITÈRES ENVIRONNEMENTAUX

3.3.1 Climat

Les zones rurales situées dans les climats désertiques sont soumises à de grandes variations diurnes de la température. Comme la plupart des systèmes de traitement des eaux usées reposent sur des processus biologiques pour traiter les eaux usées, et puisque le niveau de l'activité de microorganisme est affecté par les variations de température, il est donc d'une importance capitale de sélectionner une technologie de traitement qui n'est pas affectée par les variations de température. Le climat influe sur les choix de la technologie.

3.3.2 Zones écosensibles et héritage culturel

La présence de zones écosensibles a un impact sur la sélection de la technologie à travers la nécessité de normes de rejet très précises, la plus petite empreinte spatiale et la construction avec le moindre

dérangement du paysage. Le bruit de fonctionnement et de construction, les lignes électriques, le transport de produits chimiques, les pièces et la main-d'œuvre devraient également être pris en compte dans la sélection. Les systèmes de traitement naturels peuvent avoir un impact positif sur les zones humides sensibles grâce à l'amélioration et / ou la création de l'habitat. Une étude d'EIE de la station de traitement des eaux usées devrait être obligatoire dans le cas des zones rurales qui sont à proximité des écosystèmes sensibles. Ce qui s'applique aux zones écologiques est également valable pour le patrimoine culturel et historique. La sélection de la technologie doit prendre en considération la nécessité de préserver et de protéger ce patrimoine.

3.3.3 Hydrogéologie

La géologie locale est un facteur déterminant dans la sélection du système. Le traitement par passage par le sol, par exemple, nécessite des profondeurs du sol de plus de 15 mètres afin d'atteindre un traitement approprié des effluents d'eaux usées. Les géologies karstiques permettent l'infiltration d'eau très rapide aux aquifères. Par conséquent, il faut prendre soin de ne pas sélectionner les technologies de traitement fondées sur les transferts de sol. En outre, il est important de mettre en place une protection adéquate contre les fuites et le débordement du système afin d'éviter la contamination des aquifères.

3.3.4 Plans d'eau douce

La sensibilité écologique des plans d'eau douce et la nécessité de leur protection a été discuté plus tôt. La présence des plans d'eau douce, cependant, pourrait encourager la réutilisation. Les gens l'acceptent davantage si de l'eau, même déchargée d'une station d'épuration des eaux usées, est collectée à partir d'un courant d'eau et pas d'une tuyauterie d'une usine de traitement. On a l'impression que c'est plus «naturel». Par conséquent, la sélection de la technologie doit tenir compte de la présence de plans d'eau avoisinants afin d'améliorer la réutilisation.

3.4 CONSIDÉRATIONS DE PROFIL COMMUNAUTAIRE, Y COMPRIS

3.4.1 Niveaux de pauvreté, le revenu moyen par famille, et l'abordabilité des services

Les coûts d'investissement et d'opération spécialement peuvent faire passer ou casser un système. Le choix doit toujours être fait pour la technologie la moins coûteuse qui peut fournir les niveaux de traitement requis. Les coûts O & M devraient être recoupés avec les revenus réels et les niveaux de dépenses de base pour déterminer l'abordabilité. Dans les communautés de faible revenu / pauvreté élevée, les coûts du système devraient être subventionnés par le gouvernement central.

3.4.2 Volonté de payer

La volonté de payer peut être affectée par les niveaux de revenus ainsi que la compréhension de la nécessité du traitement des eaux usées et l'acceptabilité du système. Les communautés doivent être consultées pour leur compréhension du service et l'acceptation du choix de la technologie. Les systèmes de traitement mécanique sont encore plus acceptés que les systèmes naturels. La volonté de payer l'étude devrait être entreprise avant la sélection du système et comme ci-dessus le plus haut coefficient d'échelle de traitement doit être sélectionné.

3.4.3 Niveau d'éducation

Le niveau d'éducation de la communauté a une forte influence sur l'acceptation de la nécessité du traitement des eaux usées, le choix du système et la réutilisation de l'eau. Les communautés éduquées et informées acceptent mieux les projets de traitement des eaux usées et de réutilisation. Le niveau d'études a également une forte influence sur le choix de la spécification de systèmes.

3.4.4 Contraintes culturelles

Les contraintes culturelles affectent principalement les projets de réutilisation. Les croyances religieuses pourraient représenter un obstacle à la réutilisation des eaux usées. Bien que les fatwas religieuses (conseil religieux) aient permis la réutilisation des eaux usées traitées, de nombreuses communautés sont réticentes à l'accepter.

3.4.5 Degré d'implication et de participation

La participation conduit à la décision éclairée et une meilleure acceptation. La participation des communautés locales peut conduire à une meilleure acceptation de la nécessité pour le traitement et la réutilisation et le choix du système.

3.4.6 Densité de population dans la ville / village / règlement

Le choix du système de traitement dépend des écoulements des eaux usées. Certains systèmes ont un écoulement minimal et des limites de variations d'écoulement. N'importe quel type de technologie peut traiter les eaux usées des grandes communautés en réseau; la même chose ne s'applique pas aux petites populations dispersées avec un nombre très variable de résidents.

3.4.7 Demande et fourniture actuelle et future des eaux

Le besoin de l'eau traitée sera un facteur décisif pour la mise en œuvre d'un projet de réutilisation des eaux usées traitées. La demande en eau actuelle et future peut augmenter le stress hydrique et par conséquent la demande pour les sources d'eau non conventionnelles. Le traitement des eaux usées est une exigence pour la sécurité de la santé publique et la protection de l'environnement et des ressources en eau. Il est important, cependant, d'évaluer l'utilité d'un projet de réutilisation basée sur la demande en eau pour l'irrigation et la recharge des eaux souterraines et les risques associés à la contamination des aquifères en raison de la recharge des aquifères défectueux.

3.4.8 Caractéristiques et flux d'eaux usées actuels et prévus

Les populations étant le facteur déterminant pour la demande en eau et la fourniture des eaux usées, par conséquent, les stations d'épuration sont dimensionnées et conçues en fonction de la population actuelle et future en utilisant un facteur de croissance de la population. Dans certains cas, la croissance démographique a dépassé les estimations moyennes nationales ou régionales et par conséquent la station d'épuration est devenue trop petite et incapable de fournir des eaux usées conforme à la norme requise. La mise à niveau du traitement naturel pour absorber l'augmentation des flux et les charges d'eaux usées est relativement plus facile qu'un traitement mécanique classique. En cas d'indices élevés de croissance de la population, il est important de choisir des technologies qui sont évolutives.

3.4.9 Réseaux des eaux usées

La non-existence d'un réseau de collecte des eaux usées et de transport rétrécit le choix des technologies aux systèmes de restauration pour les ménages ou les logements individuels. Une analyse technique et de la faisabilité du coût devrait être entreprise par les promoteurs du projet pour évaluer le choix entre les systèmes de traitement individuels ou l'installation d'un réseau d'égouts et une station de traitement collectif. Il est à noter que le coût du réseau de transport des eaux usées équivaut à 80% du système de traitement et de transport.

3.4.10 Acceptabilité publique

L'acceptabilité publique de la station de traitement des eaux usées et de la technologie est un facteur déterminant pour entreprendre un projet de traitement et le choix des systèmes. Les communautés pourraient s'opposer à l'installation de la station d'épuration et le choix de la technologie. Une bonne compréhension de la communauté locale et de ses craintes et aspirations, l'information publique et la sensibilisation et la participation sont des éléments clés pour l'avancement du projet.

3.5 CONSIDÉRATIONS ENVIRONNEMENTALES

Les zones humides, rivières, zones de biodiversité hautement sensibles ou aquifères karstiques ou peu profonds, et zones de biodiversité sensibles doivent être prises en considération dans la sélection de la technologie. Le système choisi peut endommager l'environnement immédiat ou contribuer à l'améliorer, comme dans le cas des zones humides artificielles et de leur impact positif sur les populations d'oiseaux à travers la création d'habitats. Les premières études environnementales ou une évaluation complète d'impact environnemental pourraient être nécessaires avant la sélection finale du système.

3.6 CONSIDÉRATIONS TECHNOLOGIQUES

3.6.1 Capacité de traitement

La capacité de la technologie pour réaliser des réductions requises des polluants est le critère de sélection le plus important. Des normes établies pour les effluents traités nécessitent d'être respectées par le système de traitement, en particulier lorsque l'eau est réutilisée dans l'irrigation et surtout pour la recharge des aquifères. La sélection de la technologie de traitement doit être basée essentiellement sur sa capacité d'atteindre les taux d'élimination nécessaires.

3.6.2 Production des boues

Les boues sont produites par presque toutes les technologies de traitement des eaux usées et doivent être traitées entraînant une charge supplémentaire dans le processus. Toutes choses égales, la technologie qui produit moins de boues doit être sélectionnée.

3.6.3 Génération de nuisances

Les odeurs, les moustiques et les bruits produits par une station d'épuration entraînent une acceptabilité publique réduite et même le démantèlement des stations existantes. Les systèmes comportant le moins de nuisances possibles devraient être sélectionnés afin d'éviter le mécontentement futur de la communauté desservie. L'emplacement de la station d'épuration peut également jouer un rôle dans la réduction de l'impact des nuisances. La station d'épuration doit être placée aussi loin que possible des habitations et des maisons.

3.6.4 Impact des fluctuations de flux

Les fluctuations du débit liées principalement aux changements dans les populations peuvent fortement affecter le bon fonctionnement de la station d'épuration en particulier les systèmes mécaniques conventionnels. Les stations d'épuration sont conçues pour prendre en charge les changements quotidiens des flux aux heures de pointe atteignant deux fois le débit moyen. Les charges de choc et / ou la contamination des eaux usées influentes avec des produits chimiques toxiques, y compris les variations drastiques de pH pourraient provoquer un effondrement grave des systèmes de traitement biologiques. On prévoit également les augmentations normales des populations au cours des années de vie de la station. Dans les zones rurales, cependant, les migrations saisonnières peuvent modifier radicalement le nombre de résidents avec la modification consécutive des flux d'eaux usées. Une station d'épuration mécanique classique serait conçue pour répondre aux plus hauts flux attendus, mais ne fonctionne pas correctement lorsque les débits sont très faibles avec une grave détérioration de la qualité des effluents. Les systèmes de traitement naturels, cependant, peuvent facilement prendre une variation du débit et ne sont pas affectés par les changements dans la population.

3.6.5 Expérience existante dans la campagne / régions rurales

L'exploitation d'une station d'épuration, en particulier les systèmes conventionnels, requiert des techniciens et ingénieurs qualifiés qui possèdent une solide connaissance et une expérience dans les procédés de traitement des eaux usées. Les plombiers et les électriciens comprennent le fonctionnement des différents composants tels que les pompes et les commandes et les tableaux électriques. Ce type de connaissance par lui-même n'est clairement pas suffisant à l'exécution correcte d'une station. Les zones rurales sont malheureusement privées de main-d'œuvre qualifiée résidente. Les contrats de maintenance peuvent combler le vide de l'absence de techniciens résidents compétents mais ont tendance à devenir coûteux et inabordable en raison de la nécessité de voyages de longue distance. Par conséquent, tous les facteurs étant égaux, le système choisi doit être en mesure de s'appuyer sur les compétences disponibles pour O & M ; autrement des pannes partielles ou complètes et une défaillance de processus se produiront menant à la décharge de la qualité de l'effluent inférieure.

3.6.6 Fiabilité et risque

Certaines technologies peuvent atteindre les niveaux de traitement requis, mais le contrôle de processus n'est pas exact entraînant la modification consécutive de la qualité de l'effluent. Le niveau de risque dépend de la sensibilité du support de réception d'effluent aux fluctuations de la qualité de l'effluent. La fiabilité de la technologie des eaux usées et sa capacité de constamment produire les mêmes résultats, lorsqu'elle est correctement utilisée et entretenue, doivent être pris en compte dans le processus de sélection de la technologie.

3.6.7 Facilité d'exploitation et d'entretien

Plus l'exploitation et la maintenance de la station de traitement est facile, mieux c'est. La facilité de l'O & M conduit à une réduction des coûts, moins de pannes, et une réduction des besoins en main-d'œuvre qualifiée.

3.6.8 Utilisation d'énergie

La consommation d'énergie par une station d'épuration est une question d'économie, d'environnement et de fiabilité. Plus la consommation est basse, moins le coût et les émissions sont élevés; si la source d'énergie est un combustible fossile, la fiabilité est supérieure dans les localités où l'accès à l'électricité est intermittent. Les stations à faible consommation d'énergie peuvent être facilement alimentées en électricité à partir d'une source d'énergie alternative pour assurer un fonctionnement constant.

3.7 CRITÈRES FINANCIERS

3.7.1 Coûts de maintenance, capital et exploitation

Choissant entre les différentes technologies capables de fournir les mêmes résultats, il est évident que le choix le moins cher en termes du coût d'investissement et de fonctionnement sera le choix le plus approprié. Les coûts devraient être subventionnés pour correspondre aux niveaux de revenus de la communauté locale ; sinon le système échouera en raison du manque de financement.

4 Évaluation de l'aptitude communauté pour la réutilisation des eaux usées dans les zones rurales

Les critères suivants peuvent être utilisés comme un outil d'aide à la décision pour le choix des collectivités qui bénéficieront d'un projet de réutilisation. S'ils ne sont pas respectés, le projet de réutilisation ne pourra pas réussir.

4.1 PORTÉE

Le but de cette section est de définir les critères à appliquer pour profiler les communautés afin de déterminer si elles ont besoin d'un projet de réutilisation des eaux usées traitées et s'il être engagé. Les critères ci-dessous doivent être remplis pour s'assurer que le projet va réussir.

4.2 TYPE D'EAUX USÉES

Si les eaux usées municipales sont mélangées avec les eaux usées industrielles, la réutilisation des eaux usées pour l'irrigation et l'alimentation des nappes souterraines est donc interdite, sauf si un système de traitement fiable est en place. Dans la plupart des cas dans les PP, les eaux usées industrielles sont illégalement rejetées dans les réseaux d'égouts municipaux et se retrouvent dans la station d'épuration qui n'est pas initialement conçue pour traiter ce type d'affluent. S'il existe un risque d'intrusion des eaux usées industrielles dans le réseau municipal, la réutilisation devrait donc être interdite.

4.3 SOURCE PRINCIPALE DE REVENU

La réutilisation dans l'irrigation ne peut réussir que si l'agriculture est la principale source de revenu dans la localité. Il existe deux types d'agriculteurs dans la région de SWIM; ceux qui vivent de l'agriculture et ceux qui pratiquent l'agriculture comme seconde source de revenu. Les projets de développement agricole qui introduisent l'innovation et le changement ont uniquement réussi lorsque la source de revenu principale est l'agriculture.

4.4 TYPE DE PRODUITS

La sélection des cultures à planter est axée sur la communauté. Les types de cultures plantées seront un facteur décisif dans la sélection du processus de traitement et de niveau (primaire, secondaire ou tertiaire). La plupart des PP ont interdit l'irrigation des cultures consommées crues avec des eaux usées traitées. Les directives de l'OMS de 2006 associent le type de culture et son utilisation avec la qualité des effluents d'irrigation. La qualité des effluents entraîne le choix de la technologie et du niveau de traitement grâce à la capacité du système à fournir le niveau requis des effluents.

4.5 DISPONIBILITÉ DE L'EAU DOUCE

Lorsque la communauté locale a accès à l'eau douce, elle n'utilisera pas des eaux usées traitées. Les eaux usées traitées ne seront utilisées que si l'eau douce n'est pas disponible.

4.6 SAISON D'IRRIGATION

La durée de la saison d'irrigation dans la communauté sélectionnée déterminera la nécessité d'un projet de réutilisation soit dans l'irrigation ou la recharge des eaux souterraines. Si la saison est longue et couvre la plupart de l'année, il n'y a donc plus d'eau pour la recharge des aquifères puisque toutes les eaux usées traitées seront consommées pour l'irrigation.

4.7 STRESS HYDRIQUE

Plus le stress hydrique est élevé plus la nécessité d'autres sources non conventionnelles d'eau est accru. La concurrence pour l'eau par différents utilisateurs avec une priorité à l'eau potable poussera les agriculteurs à

s'appuyer davantage sur les nouvelles sources d'eau et les décideurs à accepter l'alimentation des nappes souterraines pour stocker l'eau.

4.8 GÉOLOGIE LOCALE ET HYDROLOGIE

Les projets d'alimentation des eaux souterraines dépendent de la géologie locale et de l'hydrogéologie. La profondeur du sol dans les eaux souterraines est un facteur déterminant de la qualité de l'eau qui sera utilisée pour la recharge. Une profondeur de sol de 20 mètres peut assurer le traitement des effluents provenant des stations de traitement primaire au niveau des normes pour l'eau potable.

4.9 SYSTÈME DE SURVEILLANCE

L'existence d'un système de contrôle est cruciale pour le bon fonctionnement de la station d'épuration. Même les systèmes de traitement à faible technologie auront besoin de contrôle. En conséquence, l'existence ou l'accès à un système de contrôle est un facteur déterminant pour la réalisation d'un projet d'alimentation essentiellement des nappes souterraines et un projet d'irrigation.

5 Tableau de sélection des communautés pour les eaux usées dans l'agriculture et la recharge des eaux souterraines

5.1 ÉVALUATION ET SÉLECTION DES MEILLEURES TECHNOLOGIES DISPONIBLES

Toutes les technologies disponibles d'épuration des eaux usées peuvent, en principe, être utilisées dans les zones rurales. Cependant, compte tenu des caractéristiques des zones rurales présentées précédemment, cet examen a réduit le choix aux technologies les plus courantes mais a gardé la sélection ouverte de telle sorte qu'il s'adapte à la multitude de contextes nationaux et régionaux qui sont présents dans les PP. Le tableau 2 ci-dessous évalue les caractéristiques de certaines technologies de traitement selon les caractéristiques des zones rurales.

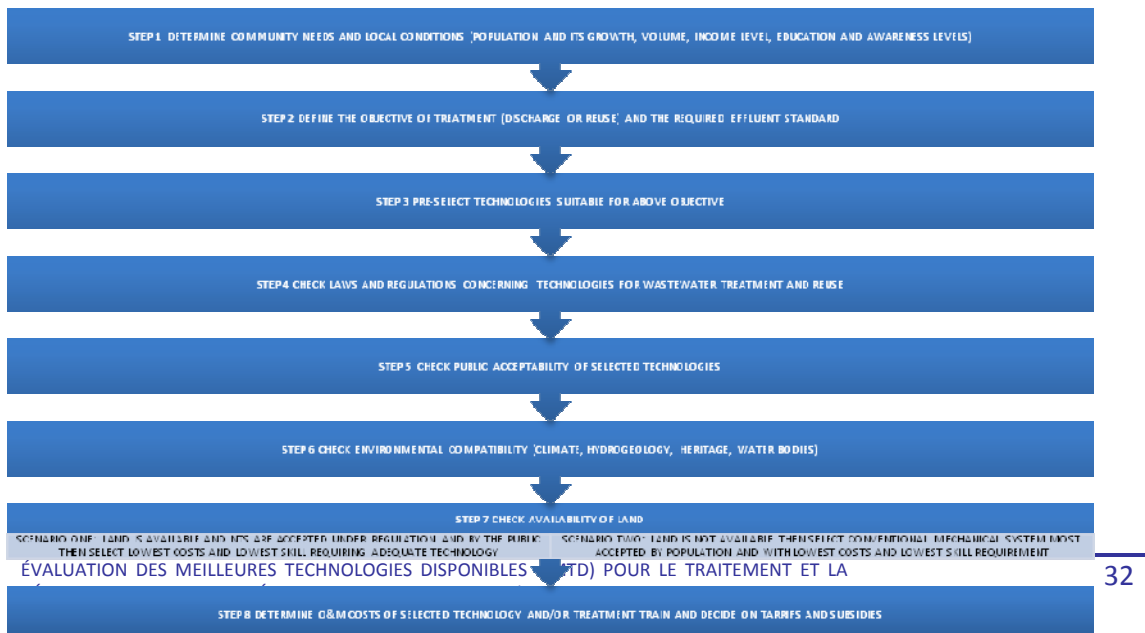
Critère de sélection	TECHNOLOGIE DE TRAITEMENT SECONDAIRE											
	Séparation à la source	Boues activées	Disques biologiques	Filtres bactériens	Lagunes aérées	Filtration de membrane	Station aérobie en package	Fosses septiques	Lagunes	Zones humides construites	Traitement au sol	Station anaérobie en package
Fiabilité et risque	Certaines technologies sont fiables; les risques apparaissent lorsque l'opération n'est pas conforme aux spécifications. Les systèmes naturels créent moins de risques que les mécaniques											
Type de gestion	Aucun	Suivi attentif	Suivi attentif	Suivi attentif	Suivi moyen	Suivi attentif	Suivi minimal	Suivi minimal	Suivi minimal	Suivi minimal	Suivi minimal	Suivi minimal
Coûts de capital /PE	Très bas	Très élevés	Très élevés	Élevés	Moyens	Très élevés	Très élevés	Très élevés	Très dépendant des coûts du terrain	Très dépendant des coûts du terrain	Élevés	Très élevés
Coûts d'opération /PE	Nuls	Très élevés	Élevés	Élevés	Élevés	Très élevés	Bas	Très bas	Très bas	Bas	Moyens	Bas
Empreinte /PE	S/O	Basse	Basse	Basse	Élevée	Très basse	Basse	Moyenne	Très élevée	Très élevée	Élevée	Basse
Nécessite énergie pour fonctionner	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui	Non	Non	Non	Oui	Non
Construction	Facile	Qualifiée	Qualifiée	Qualifiée	Qualifiée	Qualifiée	Facile	Facile	Facile	Facile	Qualifiée	Facile
Production de boue	Non	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui	Non	Non	Non	Non
Affecté par les variations de flux	Non	Oui	Oui	Oui	Non	Non	Oui	Non	Non	Non	Non	Non
Nécessite compétences pour opérer	Non	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui	Non	Non	Non	Non	Oui	Non
S'adapte à différents types de structures d'habitations	Oui	Non	Oui	Non	Non	Oui	Non	Non	Non	Oui	Non	Non
Mise à niveau	S/O	Pas	Oui	Oui	Oui	Oui	Non	Oui	Oui	Oui	Oui	Non
Socialement	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui	Pas	Non	Oui

t accepté											bien encore compris	
N'est pas affectée par les variations de température	Non	Oui	Oui	Oui	Oui	Non	Non	Non	Oui	Non	Non	Non
Génère des nuisances	Non	Oui (Bruit et parfois odeur)	Oui (Bruit et parfois odeur)	Parfois odeur	Moustiques	Aucun		Aucun	Moustiques	Parfois des odeurs	Aucun	Aucun
Hydrogéologie affecte le système	Non	Non	Non	Non	Non	Non	Non	Oui	Non	Non	Oui	Non
Convient aux zones écologiquement sensibles	Toutes les technologies de traitement peuvent fournir une qualité nécessaire pour protéger le patrimoine. Les systèmes mécaniques causent des troubles visuels et sonores							Les systèmes naturels fusionnent davantage avec le paysage et pourraient améliorer l'habitat				

La sélection de la technologie la plus adaptée aux zones rurales n'est pas simple. Supposant que toutes les technologies peuvent offrir la qualité requise des effluents, et compte tenu des coûts O & M, les compétences nécessaires pour construire et exploiter et le besoin en électricité comme premiers critères de sélection, le choix définitif est donc les systèmes de traitement naturels. Ces systèmes sont cependant très consommateurs de terrain et nécessitent de grands espaces. Si le terrain n'est pas disponible à un coût raisonnable, les systèmes de traitement naturels deviennent sans rapport.

Étant donné qu'il n'existe pas de technologie précise qui s'adapte à toutes les conditions de traitement des eaux usées, un processus de sélection devrait donc être suivi chaque fois qu'un projet est en cours de planification. Le processus de sélection est comme suit:

PROCESSUS DE SÉLECTION DE LA TECHNOLOGIE



5.2 CONCLUSION

Comme indiqué précédemment, il n'est pas simple de sélectionner une technologie de traitement comme solution définitive dans les zones rurales ; cependant, il faut toujours choisir la solution la moins chère qui nécessite le minimum de compétences pour son utilisation et présente les coûts d'exploitation et d'entretien les plus faibles. Les investissements en immobilisations sont assumés la plupart du temps par des donateurs ou l'État tandis que les coûts O & M sont assumés par la population locale. Dans le cas de l'existence de terrains, cet examen favorise les systèmes de traitement naturels. Ils s'adaptent à presque tous les critères de succès d'un système «rural» de traitement des eaux usées. Les lagunes et les marais artificiels ont prouvé leur capacité, au cours des décennies, de traiter les eaux usées aux normes requises qui peuvent même atteindre des niveaux de traitement tertiaire.

6 Directives sur l'intégration des MTD des eaux usées dans les zones rurales / locales dans des programmes nationaux de gestion des ressources d'eau

Pour que toute action réussisse, elle doit être proprement soutenue par les politiques nationales, la réglementation et la législation. Les PP diffèrent quant au niveau de développement politique et réglementaire lié au traitement des eaux usées et leur réutilisation. Il est important que les PP entreprennent une évaluation politique nationale de traitement et de réutilisation des eaux usées en vue d'identifier les lacunes des politiques. Les éléments de politique proposés ci-dessous peuvent être extraits de l'examen de la littérature et des interactions avec les intervenants nationaux. Ils peuvent servir de référence pour l'examen de la politique. Il est important de noter que les stratégies nationales pour l'agriculture, l'éducation, l'information, l'environnement, l'eau, etc. doivent être intégrées aux stratégies nationales de réutilisation des eaux usées. Les éléments de politique proposés sont les suivants:

6.1 IMPLICATION DU PUBLIC

6.1.1 GESTION DE DEMANDE

La réutilisation des eaux usées traitées dans l'agriculture vise à accroître la disponibilité de l'eau et à maximiser les avantages découlant de l'utilisation d'une ressource rare dans l'agriculture et d'autres activités économiques. L'amélioration de l'efficacité de l'utilisation de l'eau grâce à la gestion de la demande est essentielle pour le bénéfice accru et la rentabilité des projets de la réutilisation des eaux usées traitées. Par conséquent, toutes les politiques de la réutilisation de l'eau récupérée devraient être accompagnées par des politiques de gestion de la demande, les stratégies et les actions ; sinon, l'eau non conventionnelle produite par les stations de traitement sera perdue par une utilisation inefficace. En termes de réutilisation dans l'irrigation, la tendance est d'augmenter autant que possible la quantité des cultures par goutte d'eau afin de réduire la demande mondiale de l'eau d'irrigation, actuellement à une moyenne de 70% de la consommation totale d'eau. Les politiques de plus de cultures par goutte d'eau devraient être appliquées aux projets de réutilisation de l'eau récupérée.

6.1.2 ÉDUCATION

Comme indiqué précédemment, l'éducation améliore l'acceptabilité publique de la nécessité de traiter les eaux usées et la réutilisation des eaux traitées pour l'irrigation et la recharge des eaux souterraines. Les aversions contre la réutilisation des eaux usées traitées pour l'irrigation causées par le manque de connaissances sur les capacités de traitement des stations d'épuration et les taux réalisables d'élimination des contaminants ont constitué un obstacle majeur à l'utilisation d'eau recyclée pour l'irrigation et la recharge des eaux souterraines. L'éducation donne de meilleurs résultats au changement de comportement que la sensibilisation. Par conséquent, pour la réussite des projets de traitement des eaux usées et de réutilisation, il s'agit d'élaborer des programmes d'éducation à partir du niveau scolaire sur le traitement et la réutilisation des eaux usées et ses avantages associés.

6.1.3 SENSIBILISATION DE COMMUNICATION

De même que l'éducation, la communication et la sensibilisation jouent un rôle important dans la promotion de projets de réutilisation de l'eau récupérée. La sensibilisation cible le grand public, en particulier le segment qui est hors de l'école et non accessible par les programmes scolaires. Les programmes continus et fréquents de communication basés sur les faits proposés par les autorités responsables des stations d'épuration et la sécurité alimentaire ont conduit à l'acceptation par les agriculteurs et le grand public des projets du traitement et de réutilisation des eaux usées. En Jordanie, les agriculteurs qui utilisent les eaux usées traitées pour l'irrigation fournie par le barrage de King Talal reçoivent des fiches de données sur la qualité de l'eau tous les trois mois. Ces fiches techniques les rassurent quant au fait que les normes de qualité de l'eau récupérée sont respectées et les aident à calculer la quantité de l'engrais présent dans l'eau afin qu'ils réduisent l'épandage

d'engrais chimique sur leurs terrains. Un système de surveillance des cultures que étudie et analyse les cultures produites à l'aide des eaux usées traitées a permis de regagner la confiance des consommateurs dans les produits. Les résultats du système de surveillance des cultures sont à la disposition du public. En conséquence, la mise en place d'une campagne de sensibilisation et de communication à long terme basée sur les faits devrait être intégrée dans les stratégies de réutilisation des eaux usées.

6.1.4 PARTICIPATION PUBLIQUE RÉGULÉE

La participation du public et l'engagement communautaire dans le processus décisionnel qui concerne l'initiation d'un projet de traitement des eaux usées a joué un rôle crucial dans son avancement et son succès. La participation du public doit être soutenue par des informations suffisantes et de la communication afin que les décisions soient basées sur des faits et non fondées sur des impressions et des idées fausses. La participation du public doit être réglementée et couverte par la législation. Elle ne devrait pas être laissée à la volonté du promoteur pour engager et impliquer la communauté locale. Un processus défini pour la participation devrait être codifié et appliqué par les autorités locales. Les politiques de réutilisation des eaux usées devraient promouvoir la participation du public au processus décisionnel.

6.1.5 IMPLICATION DES FEMMES

Les décisions liées aux ménages sont habituellement prises par les femmes dans la maison. Ce sont les femmes qui achètent habituellement les fruits et les légumes pour la consommation et l'utilisation de l'eau à la maison. Le consentement à l'utilisation des eaux usées traitées par les agriculteurs est étroitement lié à l'acceptation par les consommateurs de l'achat de ses produits. En ce qui concerne les femmes, et pour accepter l'utilisation des eaux usées recyclées pour ses travaux, il est nécessaire qu'elles soient convaincues que la qualité de l'eau ne présente aucun risque. Par conséquent, le rôle du genre féminin dans le soutien des projets de traitement et de réutilisation des eaux usées est crucial ; de même, leur rôle dans le processus décisionnel ne doit pas être négligé. Les politiques pour le traitement et la réutilisation des eaux usées devraient fortement soutenir la participation des femmes dans l'éducation, la sensibilisation, la communication et les processus de prise de décision liés au traitement et la réutilisation des eaux usées.

6.1.6 PROGRAMMES DE SANTÉ

L'une des barrières proposées par les nouvelles directives de l'OMS 2006 sont les programmes de protection médicale pour les agriculteurs, les manutentionnaires et les consommateurs de produits irrigués avec des eaux usées traitées. Même avec des eaux usées traitées correctement, les agriculteurs, les gestionnaires et les consommateurs sont exposés aux risques dus au dysfonctionnement de la station d'épuration et aux insuffisances du système de surveillance. Les agriculteurs des PP, sont extrêmement réticents à porter des vêtements et équipements de protection car les températures élevées les rendent insupportables. Par conséquent, ils deviennent très exposés aux pathogènes. Une évaluation des risques potentiels pour la santé devrait être entreprise par les autorités compétentes ; sur la base des résultats, des programmes de protection médicale de prévention et curatifs doivent être développés et mis en œuvre. La mise en œuvre de ces programmes devrait être activement poursuivie par les autorités de la santé car les agriculteurs respectent rarement les programmes de santé comme les protocoles de vaccination. Le développement et la mise en œuvre effective d'un programme de protection sanitaire adéquate devrait être une priorité des stratégies du traitement et de réutilisation des eaux usées.

6.2 LÉGISLATION ET RÉGLÉMENTATION

6.2.1 RÉGLEMENTATION CONCERNANT LA RÉUTILISATION DES EAUX USÉES

La législation a largement soutenu l'utilisation de l'eau douce selon les lois, décrets. Il existe cependant un écart juridique quant à la réglementation de réutilisation des eaux usées traitées. Cette pratique indéfinie et non codifiée a conduit à l'échec d'un projet de traitement et de réutilisation des eaux usées dans l'un des PP. Les eaux usées non traitées utilisées par les agriculteurs pour l'irrigation ont été recueillies dans un collecteur et transmises à la station d'épuration. Les agriculteurs ont été privés des eaux usées, ce qui les a amenés à briser le collecteur d'égout pour récupérer l'eau. Par conséquent, la station d'épuration fonctionne à présent à 10% de sa capacité initiale. La collecte d'assainissement doit être protégée contre les prélèvements illégaux alors que l'accès et la réutilisation des eaux usées traitées adéquatement doivent être codifiés dans la législation.

6.2.2 STANDARDS ET NORMES

Les standards et les normes devraient englober la qualité des eaux usées traitées en même temps que la qualité des récoltes, afficher la technique de récolte et de traitement et de réutilisation des infrastructures. Selon l'OMS, les directives de la réutilisation ne sont pas une obligation légale forcée aux pays, mais elles sont seulement une ligne directrice proposée. En 2006, de nouvelles directives sont moins sévères par rapport aux lignes directrices de 1998 et offrent aux pays une marge pour adapter les normes à leurs conditions et aux besoins locaux. Les politiques nationales devraient fournir un cadre pour le développement de normes nécessaires et définir les limites acceptables en fonction de la capacité du pays pour assurer l'application et contrôler la conformité aux normes.

6.2.3 SUIVI

La mise en œuvre d'un programme de surveillance adéquat couvrant, sans s'y limiter, la qualité des eaux usées traitées, des cultures, de l'eau dans les aquifères et le sol, est cruciale pour la prévention des accidents de santé publique et de l'environnement et contre la détérioration à long terme de l'eau douce, des sols et de la santé. Les politiques devraient permettre le développement de programmes de surveillance et devraient définir la portée et les limites en fonction des conditions et des capacités locales à faire respecter la conformité et les ressources disponibles pour la mise en œuvre du programme.

6.2.4 BESOIN D'INVESTIGATIONS ENVIRONNEMENTALES

Selon l'ampleur des plantes et de la sensibilité environnementale de la région, l'évaluation de l'impact environnemental des usines de traitement des eaux usées est une activité prioritaire qui doit être entreprise avant la décision finale de poursuivre le projet. Les communautés dans les zones rurales pourraient être installées à proximité de zones écologiquement sensibles. Le rôle de la station d'épuration est de réduire les dommages à l'environnement par la réduction de la pollution et elle ne doit pas être elle-même une cause de dommage. Les technologies de traitement naturel peuvent contribuer à l'amélioration de l'environnement comme la création d'un habitat pour la faune et les oiseaux spécialement dans les zones humides artificielles. L'étude de l'environnement étant une étude EIE ou IEI sera un moyen de communiquer avec les intervenants en mettant en valeur les avantages du système d'un point de vue écologique. Les politiques devraient indiquer explicitement la nécessité d'une enquête d'impact environnemental pour les projets de traitement des eaux usées.

6.3 INSTITUTIONNEL

6.3.1 RESPONSABILITÉS INSTITUTIONNELLES

Les responsabilités institutionnelles portant sur l'utilisation des eaux usées traitées pour l'irrigation et la recharge des eaux souterraines peuvent être partagées et / ou dupliquées. Beaucoup de ministères tels que ceux chargés de l'eau, l'irrigation, l'agriculture, l'environnement, etc. auront un intérêt dans le projet. Par conséquent, il est essentiel pour la fourniture de services adéquats, de s'assurer que les responsabilités sont clairement définies. La gestion décentralisée locale, comme les associations d'utilisateurs d'eau (AUE) se révèle être un moyen efficace à la prestation de services, à la réduction des pertes et à une administration améliorée des projets d'irrigation. Les AUE pourraient être impliqués dans la gestion du traitement des eaux usées et des projets de réutilisation. Les politiques devraient comprendre une description du cadre institutionnel régissant la gestion du projet de traitement et de réutilisation des eaux usées.

6.3.2 FINANCEMENT, TARIFS ET RECOUVREMENT DES COÛTS

Les politiques devraient définir les responsabilités pour le financement du capital et les coûts d'exploitation des programmes de traitement des eaux usées et des projets de réutilisation. Les coûts de l'eau d'irrigation pourvue aux agriculteurs dans les PP sont généralement subventionnés. Il est rare de trouver un projet d'irrigation où le recouvrement intégral des coûts est atteint. Les coûts devraient être calculés en tenant compte du fait que le pollueur est le payeur principal. Les coûts de traitement doivent être payés, en substance, par le pollueur. Les coûts supplémentaires pour le traitement nécessaire permettant de rendre l'eau propre à l'irrigation sont alors couverts par l'agriculteur.

6.3.3 COORDINATION INTER-ORGANISMES

Une multitude d'agences et d'administrations sont chargées, dans une certaine mesure, du traitement et de la réutilisation des eaux usées. La planification intersectorielle et les approches de gestion intégrées permettront

d'améliorer l'efficacité et l'efficience de la gestion de l'eau. Par conséquent, il est essentiel que les agences en charge planifient ensemble et coordonnent leurs plans. Les politiques doivent être élaborées en coordination avec toutes les parties concernées afin qu'elles favorisent l'intégration et créent un mécanisme défini et clair de gestion intégrée.

6.3.4 DÉVELOPPEMENT DES CAPACITÉS

Bien que pratiqué par les Grecs et les Romains depuis des millénaires, certains PP ne disposent toujours pas des capacités dans la gestion des projets de traitement et de réutilisation des eaux usées. Une évaluation des besoins devrait être effectuée et basée sur ses résultats; un programme de renforcement des capacités devrait être élaboré et mis en œuvre. Les politiques devraient indiquer la nécessité de développer les capacités de projets de traitement et de réutilisation des eaux usées.

6.3.5 DÉVELOPPEMENT DE COMPÉTENCE

Les institutions académiques, dans les PP, ont commencé à inclure le traitement et la réutilisation des eaux usées dans leurs programmes d'études. Il reste encore, cependant, le manque de compétences dans certains des PP quant au fonctionnement et à la gestion des stations d'épuration des eaux usées. Dans les zones rurales, le manque d'expertise a conduit à l'échec des stations d'épuration. Le développement des compétences doit se concentrer sur la formation de techniciens à des niveaux inférieurs aux niveaux académiques comme la formation professionnelle technique, qui peut combler le déficit d'expertise dans les zones rurales. Les politiques devraient soutenir le développement et l'amélioration des compétences et cibler les carences de façon stratégique afin que le manque de compétences ne constitue pas un obstacle à la promotion des projets de traitement et de réutilisation des eaux usées.

6.4 ÉTUDES, RECHERCHE ET DÉVELOPPEMENT

6.4.1 COMPRÉHENSION LOCALE DE LA GÉOLOGIE ET L'HYDROGÉOLOGIE

Une bonne compréhension de la pédologie, la géologie et l'hydrogéologie au niveau local est essentielle dans le processus de décision concernant l'initiation du traitement des eaux usées et spécialement les projets de réutilisation. Le succès des projets de recharge des eaux souterraines dépend fortement de la connaissance des formations géologiques, couches perméables et imperméables, nappes, etc. Les enquêtes hydrogéologiques devraient être achevées avant l'approbation des projets de réutilisation. La connaissance de la capacité des sols locaux pour soutenir la croissance des plantes lorsqu'elles sont irriguées avec des eaux usées et sous la salinité accrue aidera à promouvoir l'agriculture avec des eaux usées traitées. Les politiques devraient fortement encourager la recherche et les études dans le but de créer les bases scientifiques nécessaires pour prendre des décisions éclairées.

6.4.2 DEVELOPPEMENT D'UN SYSTEME AMELIORE DE TRAITEMENT ET REUTILISATION

Les technologies de traitement, et en particulier les systèmes de traitement naturels, sont impactés par les conditions locales et peuvent faire usage d'espèces de macrophytes locaux comme pour les zones humides artificielles. L'efficacité du traitement et la qualité de l'eau usée sont liées aux exigences locales de la qualité de l'eau récupérée pour la décharge et la réutilisation. Ces exigences varient d'un pays à l'autre. Les conditions locales socio-économiques varient au sein des pays. Par conséquent, il est important de trouver les technologies les plus appropriées et adaptées et / ou des chaînes de traitement différentes qui correspondent le mieux au contexte local et de fournir les meilleures performances de traitement pour le coût le plus bas possible. Les politiques devraient soutenir la recherche et le développement afin d'améliorer les performances et éventuellement réduire les coûts.

7 Liste des références citées dans l'ordre alphabétique (environ une page).

1. Choukr-Allah, R. & Hamdy, A. 2005. Wastewater treatment and reuse as a potential water resource for irrigation. International center for advanced Mediterranean Agronomic Studies, Options méditerranéennes, Series A: Mediterranean seminars, 66, 101-124
2. Khouri, N.; J. M. Kalbermatten and C. R. Bartone 1994: Reuse of Wastewater in Agriculture: A Guide for Planners. Water and Sanitation Report 6. UNDP-World Bank Water and Sanitation Program. Washington, DC: The World Bank. [HTTP://WWW-WDS.WORLDBANK.ORG/SERVLET/WDS_IBANK_SERVLET?PCONT=DETAILS&EID=000009265_3961006165519](http://WWW-WDS.WORLDBANK.ORG/SERVLET/WDS_IBANK_SERVLET?PCONT=DETAILS&EID=000009265_3961006165519)
3. Kramer, Annika; Petta, Luigi; Post, Julika; Wendland, Claudia (2007): EMWaterGuide: Improving wastewater treatment and reuse practices in the Mediterranean countries -A Practical Guide for Decision-Makers. Prepared within the EMWater Project, InWEnt – Capacity Building International, [HTTP://WWW.EMWATER.ORG](http://WWW.EMWATER.ORG)
4. Tchobanogoulos, G, & Burton, F, 1991. *Wastewater Engineering: Treatment, Disposal and Reuse*. Third edition. New York, McGraw-Hill-Inc.

Références utiles

1. WHO 2006: Guidelines for the safe use of wastewater, excreta, and greywater. Volume 2: Wastewater use in agriculture. Geneva: World Health Organisation. [HTTP://WWW.WHO.INT/WATER_SANITATION_HEALTH/WASTEWATER/GSUWEG2/EN/INDEX.HTML](http://WWW.WHO.INT/WATER_SANITATION_HEALTH/WASTEWATER/GSUWEG2/EN/INDEX.HTML)
2. Mara, D. D. 2000: The production of microbiologically safe effluents for wastewater reuse in the Middle East and North Africa. *Water, Air, and Soil Pollution* 123, pp. 595–603. [HTTP://WWW.LEEDS.AC.UK/CIVIL/CERI/WATER/TPHE/PUBLICAT/REUSEFILES/SAFEFF.PDF](http://WWW.LEEDS.AC.UK/CIVIL/CERI/WATER/TPHE/PUBLICAT/REUSEFILES/SAFEFF.PDF)
3. Neubert, S. 2002: Wastewater Reuse in Agriculture – A Challenge for Administrative Coordination and Implementation. In: S. Neubert, W. Scheumann and A. van Edig (eds.): *Reforming Institutions for Sustainable Water Management*. German Development Institute, Reports and Working Papers 6/2002. [HTTP://WWW.DIEGDI.DE/DIE_HOMEPAGE.NSF/0/239E1156FCC4C4AFC1256C480033C548?OPEN](http://WWW.DIEGDI.DE/DIE_HOMEPAGE.NSF/0/239E1156FCC4C4AFC1256C480033C548?OPEN)
4. UNICEF 1999: A Manual on Communication for Water Supply and Environmental Sanitation Programs. *Water, Environment and Sanitation Technical Guidelines Series No.7*. New York:UNICEF. [HTTP://WWW.UNICEF.ORG/WES/FILES/COM_E.PDF](http://WWW.UNICEF.ORG/WES/FILES/COM_E.PDF)