



الديوان الوطني للتطهير
OFFICE NATIONAL DE L'ASSAINISSEMENT



WATER
PARTNERSHIP
PROGRAM



WORLD BANK GROUP
Water

ETUDE PREALABLE A UN PLAN NATIONAL 'REUTILISATION DES EAUX USEES TRAITEES' POUR LA TUNISIE

-
DIAGNOSTIC DE L'EXISTANT

**LIVRABLE N°1/7 : ETAT DE L'ART
DE LA REUT EN TUNISIE**

FEVRIER 2018



FICHE DE SUIVI DE DOSSIER

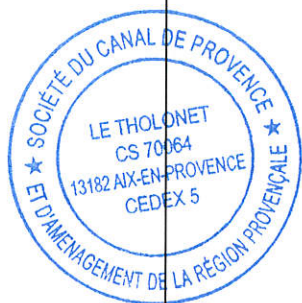
(A insérer après la page de couverture)

Emetteur : **DIS – Département énergies renouvelables et traitement de l'eau**

Référence : 2017_06_03-TN-DIAG REUSE TUNISIA

Intitulé du dossier : ETUDE PREALABLE A UN PLAN NATIONAL 'REUTILISATION DES EAUX USEES TRAITEES' POUR LA TUNISIE - DIAGNOSTIC DE L'EXISTANT

LIVRABLE 1 : Etat de l'art en Tunisie

	X		23/2/18		Jacques BERAUD 	Jean-François CLOAREC 
						
Provisoire	Définitive	Révision	Date	Désignation de la révision	Rédigé par	Vérifié par
Version						

RESUME

AUTEURS

Ont contribué à la rédaction de ce rapport :

- J BERAUD, expert agronome, chef de projet
- T JALABERT, expert assainissement, chef de projet adjoint
- JC LACASSIN, expert pédologue, chef de projet adjoint
- I BEN REHOUMA, coordinatrice locale
- AA EL ARDHAOUI et B NOURY, experts gouvernance et gestion sociale de l'eau,
- M MASTOURI, experte agronome
- I TROULHIAS, expert assainissement.

PREAMBULE

Le présent rapport s'inscrit dans un travail de diagnostic sur la Réutilisation des Eaux Usées Traitées (REUT) en Tunisie, en préalable à un plan national.

La mission a été commanditée par le Ministère de l'agriculture des ressources hydrauliques et de la pêche, l'ONAS, et le Ministère de la santé, sur un financement du Water Partnership Program de la Banque Mondiale. Elle s'articule autour **sept livrables** différents :

1. Etat de l'art de la REUT en Tunisie : cadre institutionnel, opérations actuelles, aménagement projetés, état de la recherche...
2. Retour d'expérience international
3. Diagnostic du système de contrôle de la qualité des eaux
4. Campagne d'analyse de la qualité des eaux, des sols et des produits agricoles
5. Base de données géomatique des opérations tunisiennes de REUT
6. Diagnostic spécifique du fonctionnement des cas de REUT El Hajeb (STEP de Sfax Sud) et de Borj Touil (STEP du Grand Tunis)
7. Rapport de synthèse

Le présent rapport correspond à la tâche 1 « Etat de l'art de la REUT en Tunisie ».

METHODE EMPLOYEE

En termes de méthode, différentes analyses sont combinées, portant :

- Sur la gouvernance de la REUT en Tunisie et le jeu d'acteurs,
- Sur une évaluation essentiellement quantitative des opérations actuelles, à partir de données de l'ONAS et de la DGGREE,
- Sur les principales études structurantes ayant trait au sujet, la plupart du temps commanditées par le Ministère de l'Environnement (DGQV), celui de la Santé (DGHMP et Agence nationale de contrôle sanitaire et environnemental des produits), le Ministère de l'agriculture (DGGREE) et l'ONAS ; ces études font l'objet de fiches présentées en annexe
- Sur l'état de la recherche, en remontant jusqu'aux années 1980, qui semblent avoir été un premier 'âge d'or' de la REUSE en Tunisie ; les principaux travaux de

recherche font l'objet de fiches, les autres d'un tableau de synthèse, présentés en annexe.

QUELQUES CHIFFRES

La réutilisation des eaux usées traitées a démarré en **1965** en Tunisie, sur le périmètre irrigué des vergers d'agrumes de La Soukra, à proximité de Tunis. La mobilisation de cette ressource a répondu à une problématique de salinisation de l'eau de nappe jusqu'alors employée.

En 2017, **66 stations d'épurations** pratiquent la REUT, sur les 115 exploitées par l'ONAS. Les volumes d'EUT réutilisés annuellement représentent 62 Mm³, sur les 330 Mm³ produites par l'ensemble du parc épuratoire, soit **19%**.

En 2016, les volumes étaient dirigés à 54% vers un usage environnemental (alimentation de zones humides), 33% vers l'irrigation, 11% vers l'arrosage des golfs, le reste pour l'industrie ou les espaces verts.

Concernant l'usage agricole, un grand nombre de **périmètres publics irrigués (PPI)** à partir d'EUT ont vu le jour dans les années 1980 – 2000. En 2017, la surface irrigable avec les EUT couvre **8 474 ha**, sur **32 périmètres**. De nouveaux périmètres irrigués sont en projet, de même que l'extension et/ou la réhabilitation de périmètres existants. Ces chiffres sont à comparer avec les périmètres conventionnels, qui couvrent 470 000 ha.

La consommation d'EUT par l'agriculture est de 20.5 Mm³, ce qui ne représente que **1% de la consommation en eau globale de l'agriculture irriguée**, 2 080 Mm³.

En termes d'usage agricole et en surface cultivée, l'arboriculture fruitière (45% de la superficie totale), notamment **l'olivier**, et **les fourrages** (51%), représentent la majorité des productions. Les grandes cultures ne représentent que 4% de la superficie présentée.

On note l'existence de plusieurs **petits périmètres irrigués REUT 'modèles'**, nouvellement créés ou issus de la réhabilitation de périmètres plus anciens, qui constituent aujourd'hui la vitrine de la pratique agricole. C'est le cas de Ouerdanine, Oued Soukhil à Nabeul, El Aguila. Ces périmètres ont récemment été équipés d'unités de filtration qui améliorent sensiblement la qualité de l'eau, et permettent de tester des cultures qui valorisent mieux les EUT.

L'usage pour l'arrosage des **golfs** est largement répandu, mais pas exclusif (d'autres ressources sont mobilisables). L'usage **en industrie et en espaces verts** est encore rare. La comptabilisation des volumes réutilisés pour un **usage environnemental** de préservation de zones humides, quoiqu'important statistiquement, est **discutable** selon nous.

UN CONSTAT MITIGÉ

La REUT est un sujet maîtrisé en Tunisie, en particulier du fait **d'un personnel impliqué et compétent** au sein des différentes structures étatiques (ONAS, Ministère de l'Agriculture, Ministère de la Santé, Ministère de l'Environnement, Instituts de formation et de recherche comme l'INRGREF, le CERTE, l'INAT ou l'Université de Sfax...).

Le recul sur plus de 30 ans de REUT représente pour la Tunisie **un retour d'expérience assez rare** dans le pourtour méditerranéen.

Toutefois, on constate aujourd'hui dans le dispositif tunisien plusieurs déficiences, techniques, sanitaires ou organisationnelles, qui expliquent la stagnation de la pratique et un certain manque de confiance des acteurs de terrain :

- Le **mauvais état de nombreuses STEP et PPI**, implantés dans les années 1980, et qui aujourd'hui entrent dans une phase de réhabilitation,
- Un **prix de l'énergie** qui a considérablement augmenté au cours des dernières années, ce qui conduit les opérateurs des STEP et des PPI à piloter au plus juste leur consommation électrique, au détriment du traitement de l'eau et de sa desserte,
- Conséquence des deux premiers points, une **détérioration de la qualité de l'eau**, qui reste correcte pour ce qui est du traitement de la matière organique DBO₅, DCO, MES (Cf. livrable n°4/7), mais se détériore dans les réseaux, occasionne des odeurs et des dépôts, amplifie le risque sanitaire et menace parfois la pérennité des cultures (Cf. livrable n°6/7)
- Une **organisation institutionnelle** à optimiser, avec de nombreux acteurs pas toujours coordonnés, et une réglementation basée sur deux normes finalement assez peu adaptées à la problématique (Cf. livrable n°3/7),
- Un **prix de l'EUT** vendu aux irrigants fixé à 20 millimes / m³, trop bas pour permettre de couvrir les charges d'exploitation des réseaux, sans même parler de leur maintenance,
- Des **GDA**, chevilles ouvrières de la gestion des PPI, qui manquent de moyens, en partie en raison du point précédent,
- Conséquence des points précédents, un **taux d'intensification des PPI** (ratio entre le périmètre réellement irrigué et le périmètre potentiellement irrigable) qui baisse, passant de 36% en 2006 à 32% en 2016.

UNE DYNAMIQUE ET DES ETUDES STRUCTURANTES MENEES POUR PREPARER L'AVENIR

D'importants **programmes de réhabilitation** sont en cours, pour les stations d'épuration côté ONAS, et de périmètres irrigués côté DGGREE. Ces nouvelles infrastructures doivent pouvoir contribuer à une relance de la REUT.

Par ailleurs, l'Etat tunisien, et en particulier le Ministère de l'Environnement, a mené à bien récemment **de nombreuses études** qui proposent un diagnostic et ouvrent des perspectives sur **différentes problématiques ou opportunités** rencontrées par la REUT (exemples : recharge de nappe, transfert des eaux, sensibilisation des acteurs et des usagers, enquête sanitaire, plans stratégiques...).

Ces études témoignent de **la volonté des acteurs publics** de bien caractériser les multiples facettes de la problématique avant de lancer une nouvelle dynamique. Des fiches de synthèse de ces études sont proposées en annexe.

Enfin, **la recherche tunisienne** en matière de REUT, menée essentiellement par le CERTE, l'INRGREF et l'Université de Sfax, et souvent avec l'appui de structures européennes, a apporté ces dernières années de nombreuses données concernant l'efficacité des systèmes de traitement de l'eau, l'optimisation technico-économique des agrosystèmes REUT, ou encore l'impact environnemental et sanitaire de la pratique. Ces données sont globalement rassurantes et doivent être mieux partagées avec les parties prenantes.

Partant de ce constat et des conclusions des livrables suivants, nous proposons dans le livrable n°7/7 un rapport de synthèse, analyses et recommandations.

SOMMAIRE

INTRODUCTION	7
1 GOUVERNANCE	8
1.1 DESCRIPTION DES STRUCTURES ET DES ROLES	8
1.1.1 <i>Le Ministère de l'agriculture des ressources hydrauliques et de la pêche.....</i>	8
1.1.2 <i>Le Ministère des affaires locales et de l'environnement.....</i>	11
1.1.3 <i>Le Ministère de la santé</i>	12
1.1.4 <i>Les autres structures étatiques</i>	13
1.1.5 <i>Autres acteurs hors ministères : collectivités, privés, société civile, recherche... ..</i>	14
1.2 REGLEMENTATIONS ET NORMES.....	16
1.2.1 <i>Premiers principes</i>	16
1.2.2 <i>1989, année charnière.....</i>	16
1.2.3 <i>Révisions envisagées mais freinées depuis le début des années 2000</i>	17
1.3 ANALYSE DU JEU D'ACTEURS – MECANISMES DE GOUVERNANCE.....	18
1.3.1 <i>Définition des objectifs stratégiques.....</i>	18
1.3.2 <i>Mécanismes de concertation.....</i>	19
1.3.3 <i>Arrangements institutionnels</i>	19
1.3.4 <i>Processus de décisions.....</i>	20
1.3.5 <i>Transparence de l'information, base SINEAU.....</i>	20
1.3.6 <i>Renforcement des capacités, communication, vulgarisation</i>	21
1.3.7 <i>Gestion des litiges</i>	21
1.3.8 <i>Capacités financières</i>	21
1.3.9 <i>Suivi évaluation.....</i>	23
2 ETAT DES LIEUX DES OPERATIONS DE REUT	24
2.1 DONNEES GENERALES.....	24
2.1.1 <i>Les ressources en eau et les usages en Tunisie</i>	24
2.1.2 <i>La place de la REUT.....</i>	26
2.2 PARC EPURATOIRE CONCERNE PAR LA REUT.....	27
2.2.1 <i>Données quantitatives : nombre de STEP et volumes traités.....</i>	27
2.2.1 <i>Données qualitatives : respect des normes</i>	30
2.3 USAGE AGRICOLE : PERIMETRES IRRIGUES.....	33
2.3.1 <i>Surfaces et taux d'intensification des PI en EUT</i>	35
2.3.2 <i>Cultures pratiquées au niveau des PI en EUT</i>	36
2.3.3 <i>Volumes consommés</i>	38
2.3.4 <i>Retour de terrain des GDA : ateliers de l'été 2017.....</i>	39
2.4 USAGE RECREATIF : GOLFS ET ESPACES VERTS.....	42
2.5 USAGE INDUSTRIEL	44
2.1 USAGE ENVIRONNEMENTAL	45
3 ETUDES STRUCTURANTES PORTANT SUR LA REUT	46
3.1 PRESENTATION DES ETUDES.....	46
3.2 STRATEGIE ONAS PAR SERAH (2002) : UN OPTIMISME DEMENTI PAR LES FAITS.....	47
3.3 IMPACT DE LA QUALITE SANITAIRE DES EAUX (2008) : UN CONSTAT MITIGE	48
3.4 FAISABILITE DE LA RECHARGE (2009) : DES SITES FAVORABLES IDENTIFIES.....	48
3.5 TRANSFERT DES EAUX DU GRAND TUNIS (2009) : EFFICACE MAIS COUTEUX	49
3.6 ETUDE STRATEGIQUE FAO (2013) : DES PISTES D'AMELIORATIONS	49
3.7 ENQUETE SANITAIRE (2014) : LES NON CONFORMITES DES EUT	49
3.8 STRATEGIE DE SENSIBILISATION EUT ET BOUES (2015) : IMPLIQUER LES USAGERS.....	49
3.9 RECHARGE DE LA NAPPE DE MORNAG (2016) : VERS UN SCENARIO OPTIMAL	50
3.10 TARIFICATION DES PPI EUT (2017) : UN DIAGNOSTIC ECONOMIQUE CONTRASTE	50
4 TRAVAUX DE RECHERCHE	52
4.1 PRESENTATION GENERALE : AXES ET THEMES DE RECHERCHE	52
4.2 IMPACT ENVIRONNEMENTAL SUR LE SOL : SALINISATION, ACCUMULATION DES ETM	53

4.2.1	Risque de salinisation des sols	53
4.2.2	Risque d'accumulation des ETM dans les sols	53
4.2.3	Risque de détérioration de la qualité de l'huile d'olive	53
4.2.4	Impact sur la qualité microbiologique des récoltes en arboriculture	53
4.2.5	Projet global INRGREF 2002	54
5	ASPECTS PSYCHOSOCIAUX, ACCEPTABILITE	55
5.1	FREINS SOCIAUX ET FACTEURS DE REFUS.....	55
5.2	PERCEPTION ET REPRESENTATION SOCIALE DES AGRICULTEURS	56
ANNEXES		59
1.	FOCUS SUR UNE OPERATION SPECIFIQUE : OUERDANINE.....	59
	Contexte	59
	Composantes d'aménagement du périmètre	59
	Les cultures et les techniques d'irrigation pratiquées.....	60
	La gestion du périmètre de Ouerdanine	60
	Contraintes identifiées sur le périmètre.....	61
	Mesures correctives : rénovation du périmètre en 2007	61
	Suivi des paramètres économiques du périmètre irrigué	61
2.	FICHES DE SYNTHESE 'ETUDES'	62
	Etude de tarification pour les PPI EUT – phase 1 diagnostic – (2017)	62
	APS sur la recharge de la nappe de Mornag par les EUT (2016).....	64
	Stratégie nationale de communication et sensibilisation (2015)	66
	Enquête du Ministère de la santé sur qualité des EUT (2014).....	68
	Etude stratégique FAO (2013).....	70
	Transfert des EUT des STEP du Grand Tunis (2009).....	72
	Faisabilité technico économique de la recharge artificielle par les EUT (2009)	74
	Etude bibliographique sur l'aspect sanitaire des pratiques de REUT (2008).....	76
	Stratégie nationale de valorisation des EUT (2002).....	78
3.	FICHES DE SYNTHESE 'RECHERCHE'	80
	Impacts socio, éco et environnementaux de la REUT sur 3 sites (2015)	80
	Thèse de doctorat : impact de la REUT sur les sols d'El Hajeb (2010)	82
	Etat des lieux : enjeux et perspectives de la REUT en Tunisie (2002)	84
	Extrait de la BDD de l'INAT : publications et travaux d'étudiants.....	85
5.3	PROGRAMME DE TRAVAIL – RENCONTRES AVEC LES PARTIES PRENANTES (ETE 2017)	103

TABLEAUX

Tableau 1: Grille tarifaire ONAS – 2017	22
Tableau 2: Evolution de la mobilisation des ressources en eau en Tunisie depuis 1956	25
Tableau 3: Stations d'épuration concernées par la REUT, charges et usages	29
Tableau 4: STEP dont la qualité des EUT réutilisées est non conforme à la norme NT106-03	31
Tableau 6: STEP dont la qualité des EUT réutilisées est conforme à la norme NT106-03	32
Tableau 6: Superficies irriguées en Tunisie par les EUT – campagne 2015-2016	36
Tableau 6: répartition des cultures irriguées en EUT- Campagne agricole 2015-2016	37
Tableau 8: Répartition des cultures par PI	38
Tableau 8: Volume des EUT et réutilisés en 2016	38
Tableau 10: Synthèse des ateliers GDA REUT de juillet 2017	41
Tableau 11 : Pourcentage de volume d'EUT réutilisée dans les TG et les EV	42
Tableau 12: REUT en Irrigation des terrains de golf et des espaces Verts (Source ONAS, 2017)	43
Tableau 13 : Liste des golfs en Tunisie (source : agence foncière du tourisme)	44
Tableau 14 : Principales études nationales portant sur la REUT depuis 2002	46

FIGURES

Figure 1: Cartographie du jeu d'acteur	8
Figure 2: Facture SONEDE	23
Figure 3: Carte des périmètres irrigués à partir d'EUT (source : Ministère de la Santé, 2014)	34
Figure 4: localisation des PI par les EUT	35
Figure 5 : Répartition des cultures irriguées en EUT (%) Campagne 2015-2016	37
Figure 6 : Répartition de la consommation en EUT selon les régions (en %) ¹¹	38
Figure 7 : Consommation en EUT par PI - campagne 2015-2016	38
Figure 8 : Etude de tarification des PPI EUT (2017) : comparaison de 4 PPI	51
Figure 9: Carte cognitive des EUT chez les bénéficiaires du PPI de Oueljet El Khodr à Médenine	57
Figure 10: Inconvénients de la REUT	58
Figure 11: Avantages de la REUT	58
Figure 12: Plan du PI de Ouerdanine	60

INTRODUCTION

En vue de la préparation d'un plan national 'Réutilisation des eaux usées', les autorités en charge de l'Assainissement, de l'Agriculture et de la Santé ont souhaité réaliser une photographie de l'état de la REUT en Tunisie.

Ce travail a été réalisé sur une base bibliographique, ainsi qu'un travail d'enquête auprès de nombreux acteurs, il s'articule essentiellement autour de 4 chapitres :

- La description du contexte institutionnel et du jeu d'acteurs
- Des chiffres sur le système épuratoire tunisien et les opérations de REUT actuelles
- Une synthèse et analyse des études structurantes relatives à la REUT sur ces dernières années
- Une analyse des travaux de recherche menés par les principaux centres de recherche impliqués

1 GOUVERNANCE

1.1 Description des structures et des rôles¹

La gouvernance de la réutilisation des eaux usées traitées (REUT) implique un très grand nombre d'acteurs en Tunisie. Les institutions étatiques ont un rôle central dans le processus de décision de la REUT et cela quel que soit son usage : agricole, espace vert (touristique et municipal), golf et le rechargement de nappes. La recherche, les bailleurs de fonds, les industriels, des groupements d'utilisateurs ainsi que des associations de la société civile implantées au niveau des régions viennent compléter le panorama des parties prenantes de la REUT en Tunisie.

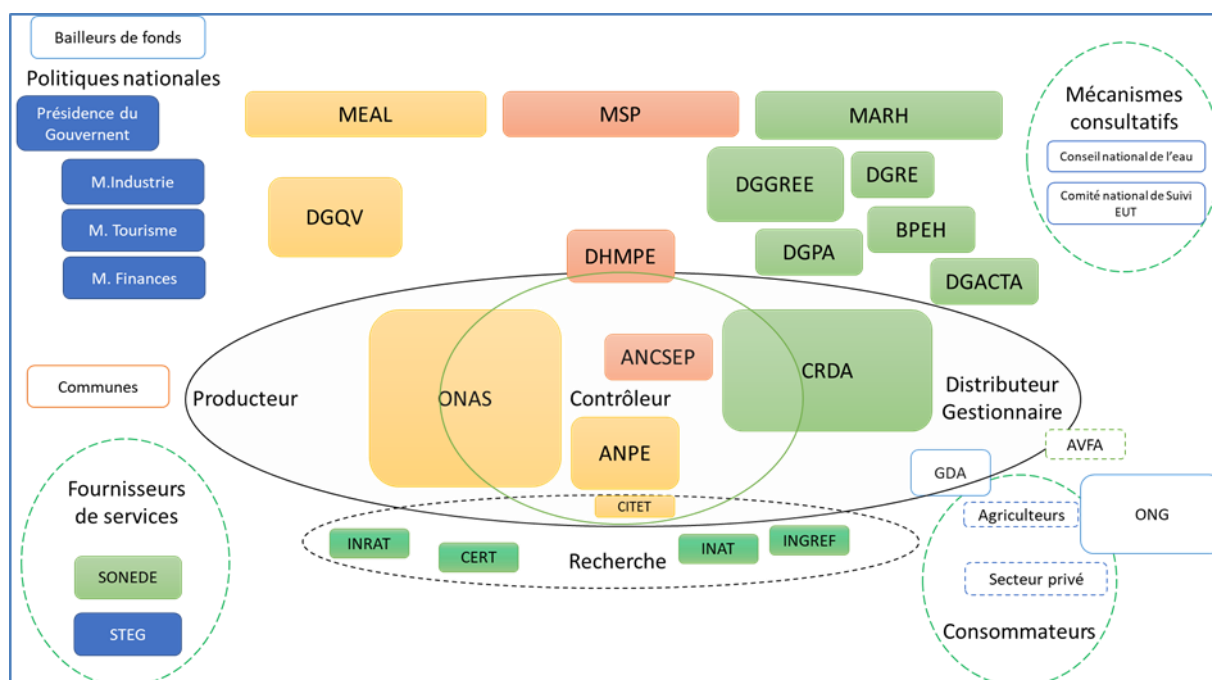


Figure 1: Cartographie du jeu d'acteur

On note également l'implication d'acteurs étatiques au niveau régional, dans des instances de coordination présidées par le gouverneur : Commission régionale de protection de l'environnement, Commission régionale des organisations professionnelles (GDA).

Le jeu d'acteur et les interactions entre ces structures sont précisés dans le chapitre 2.3.

1.1.1 Le Ministère de l'agriculture des ressources hydrauliques et de la pêche

Le Ministère de l'agriculture, des ressources hydrauliques et de la pêche (que nous appellerons par la suite 'Ministère de l'agriculture') est d'après le code de l'eau tunisien l'institution qui a la responsabilité d'administrer le domaine public hydraulique. Le ministère

¹ Sources utilisées : Portail du gouvernement tunisien (www.tunisie.gov.tn), Site du Semide (www.semide.tn/bodyinstitution.htm), sites internet des différentes institutions citées, OECD (2014), FAO, BPEH (2014), IWMI (2016)

planifie la mobilisation et l'affectation des ressources en eau. Plusieurs directions générales et structures de tutelle ont des attributions spécifiques à la REUT.

➔ **La Direction Générale du Génie Rural et de L'Exploitation des Eaux (DGGREE)**

La DGGREE est chargée de réaliser les études d'ordre stratégique relatives au secteur du génie rural et de l'exploitation des eaux dans le secteur agricole. Elle est responsable de l'approvisionnement en eau potable des agglomérations rurales dispersées et loin des adductions de la SONEDE, qui sont alimentées par les GDA AEP supervisés par les CRDA (DHER/ AGR/ Cellule GDA).

La DGGREE a aussi un rôle central sur le déploiement de la REUT dans le domaine agricole car la DGGREE :

- Contribue à la planification des ressources en eau avec BPEH et DRE
- Rationalise l'utilisation des eaux
- Suit et évalue l'aménagement des périmètres irrigués (irrigation et drainage agricoles, ainsi que les programmes d'exploitation et de maintenance)
- Accompagne la valorisation des eaux non conventionnelles en agriculture
- Élabore et met en œuvre les instruments de gestion de la demande en eau (GDE) dans le secteur agricole et l'encadrement des GDA agissant dans le domaine de l'eau.

➔ **La Direction Générale des Ressources en Eau (DGRE).**

Cette direction met en place et gère les réseaux de mesure et d'observation concernant les différentes composantes des ressources en eau du pays (hydrométrie et pluviométrie, hydrogéologique, qualité de l'eau des nappes). La DGRE va notamment élaborer les bilans généraux des ressources en eau ainsi que les principes et méthodes propres à la mobilisation et à l'exploitation de ressources hydrauliques.

Les différents annuaires publiés par la DGRE apportent des informations cruciales à la gestion des eaux usées traitées. De nombreuses informations sont ainsi collectées sur l'exploitation et la recharge (y compris artificielle) des nappes phréatiques

Enfin, la DGRE est également chargée de promouvoir les activités de recherche et d'expérimentation concernant les ressources en eau conventionnelles et non conventionnelles, en vue d'en assurer le développement.

➔ **La Direction Générale de l'Aménagement et de la Conservation des Terres Agricoles (DGAETA)**

Cette direction élabore les plans et les orientations pour la préservation des ressources naturelles en sols, végétation, eau et en terres agricoles. Elle intervient principalement dans le contrôle et le suivi de la qualité des sols irrigués par la REUT et la promotion des mesures permettant la conservation des eaux et du sol.

➔ **La direction générale de la protection et du contrôle de la qualité des produits agricoles (DGPCQA)**

La DGPCQA assure le contrôle et le suivi de la qualité des produits agricoles irrigués par les EUT et veille à la sécurité sanitaire de ces produits. Elle travaille en collaboration avec la DGDC pour la question de défense des cultures dans les cas où il y aurait des risques d'épidémies qui pourraient nuire aux cultures ou à la population.

Sinon au niveau local dans les PPI c'est les services de production végétale qui assurent ce contrôle

→ **Le Bureau de la Planification et des Équilibres Hydrauliques (BPEH)**

Le BPEH est l'agence de coordination des différents intervenants du système de l'eau, de planification pour la mobilisation des ressources en eau, d'allocation entre les usages et de suivi continu du fonctionnement du système de l'eau. Le BPEH dirige le développement de la Stratégie de l'eau à 2050. Il est chargé de :

- Fixer les ressources en eau conventionnelles et non conventionnelles.
- Fixer les besoins en eau des différents secteurs socio-économiques.
- Rassembler les informations relatives aux ressources en eau disponibles et exploitables.
- Rassembler et analyser les différentes demandes en eau.
- Proposer des plans et des programmes pour l'allocation des ressources en eau aux différents utilisateurs en tenant compte de l'offre et de la demande.

→ **Commissariats Régionaux au développement Agricole (CRDA)**

Les CRDA sont les directions régionales du Ministère de l'Agriculture dans chaque gouvernorat. Ils sont chargés, dans le cadre du gouvernorat, de la mise en œuvre de la politique agricole arrêté par le gouvernement. Ils assurent ainsi des missions de conservation de l'eau et des sols, de distribution de l'eau agricole ou bien de la gestion des équipements hydrauliques.

Dans les périmètres irrigués, les CRDA gèrent

- la distribution : ils vont notamment récupérer les eaux usées et les transportent aux zones agricoles irriguées.
- la maintenance : un suivi de l'état de l'ensemble des équipements hydrauliques est réalisé mensuellement sous forme de fiche d'analyses. Le CRDA peut avoir recours à des prestataires extérieurs pour la rédaction de ces fiches
- l'application du code de l'eau et notamment la Police des eaux (même si les moyens sont parfois insuffisants)
- la collecte des redevances, exploitation des périmètres publics irrigués (parfois déléguée à des GDA)
- le contrôle de la qualité des EUT utilisées dans les PI d'irrigation.

→ **Agence de la Vulgarisation et de la Formation Agricole (AVFA)**

L'AVFA est un établissement public à caractère administratif placé sous l'autorité du MARH. Elle veille à la réalisation des programmes afférents aux plans de développement économique et sociale et essentiellement en matière de formation et de vulgarisation. Elle est représentée au niveau local et régional par les Cellules Locales de Vulgarisation (CTV) et les Cellules de Rayonnement Agricole (CRA) qui assurent l'encadrement et l'information des agriculteurs par des actions programmées.

Ainsi, dans le domaine de la formation professionnelle agricole et de la pêche, l'AVFA est chargée de l'élaboration et du suivi des programmes et de toutes les activités en relation avec la formation initiale et continue.

En termes de vulgarisation, l'Agence est chargée de l'appui aux programmes de vulgarisation de terrain élaborés par les CRDA dans le but d'améliorer le niveau des compétences et du savoir-faire des vulgarisateurs. De plus, l'AVFA est chargée de l'élaboration des supports de vulgarisation de masse (supports audiovisuels, films documentaires, supports écrits.....).

L'AVFA a ainsi collaboré avec la DGGRE en mars 2013 pour élaborer un dépliant de sensibilisation des agriculteurs intitulé « EUT et champs d'usage en agriculture ». Au niveau

local les CTV et les centres de formation de l'AVFA ont une étroite collaboration avec les services des CRDA pour assurer la vulgarisation et la sensibilisation des agriculteurs dans les PI REUT.

Dans la Stratégie nationale de communication et de sensibilisation à l'utilisation des EUT et des boues de station d'épuration et initiation des activités de sensibilisation à l'échelle régionale publié en Juin 2014, AVFA est identifié comme un acteur clé de cette stratégie qui vise à amener les agriculteurs à utiliser les eaux usées traitées.

1.1.2 Le Ministère des affaires locales et de l'environnement

Le Ministère de l'Environnement a également un rôle central dans la gestion des eaux usées traitées car il a en charge la politique générale de l'Etat dans les domaines de la protection et valorisation de l'environnement en coopération avec les autres ministères. Dans le secteur de l'eau le Ministère est plus particulièrement en charge du contrôle de la qualité et de la protection de la ressource. Il va essentiellement intervenir au travers des organismes dont il a la tutelle :

➔ Office national de l'Assainissement (ONAS)

L'ONAS est un établissement public à caractère industriel et commercial, doté de la personnalité civile et de l'autonomie financière. Il a été créé en vertu de la loi n° 73/74 en date du 3 août 1974, avec pour mission d'assurer la gestion du secteur de l'assainissement en Tunisie. Depuis la loi n°93/41, datée du 19 avril 1993, la mission de l'ONAS est passé du rôle de gestionnaire du réseau d'assainissement à celui de principal intervenant dans le domaine de la protection du milieu hydrique et de la lutte contre toutes les sources de pollution.

En 2016², l'ONAS gère 115 stations d'épuration. 260 millions de m³ d'eaux usées ont été collectées. L'Office a pour principales missions :

- la lutte contre les sources de pollution hydrique ;
- la planification et la réalisation des projets d'assainissement ;
- la gestion, l'exploitation, l'entretien, le renouvellement et la construction de tout ouvrage destiné à l'assainissement des villes ;
- la promotion du secteur de distribution des eaux traitées et des boues des stations d'épuration ;
- la planification et la réalisation des projets d'assainissement ;
- l'élaboration et la réalisation de projets intégrés portant sur le traitement des eaux usées et l'évacuation des eaux pluviales.

Dans le système de réutilisation des eaux usées traitées, l'ONAS est donc le producteur qui fournit les eaux usées traitées aux différents usages. En tant que producteur, l'Office assure l'autocontrôle de la qualité microbiologique et chimique de ses eaux tout au long du processus d'épuration. Ce suivi régulier vise aussi bien les normes de rejets dans les milieux que les normes de la REUT.

Dans les gouvernorats, l'ONAS peut s'appuyer sur des centres régionaux d'assainissement pour la réalisation de ces missions.

➔ Agence Nationale pour la Protection de l'Environnement (ANPE)

L'ANPE participe à l'élaboration de la politique générale du gouvernement en matière de lutte contre la pollution et de protection de l'environnement, et à sa mise en œuvre par des

² Source : www.onat.tn

actions spécifiques et globales. Elle a le mandat de surveiller l'intégrité du processus pour la préparation, le suivi et l'approbation des évaluations et des pratiques environnementales en Tunisie. Ainsi :

- elle approuve les évaluations des incidences environnementales des STEP et des PPI,
- elle intervient dans le secteur de l'eau en termes de contrôle et suivi des milieux et de contrôle des sources de pollution.

Au-delà de ses réseaux de surveillance de la qualité des eaux l'Agence joue un rôle primordial en assainissement dans le contrôle des rejets des établissements industriels et de la conformité environnementale. Elle a également un rôle de conseil et d'incitation au travers la gestion du FODEP (Fond de Dépollution) qui permet de soutenir financièrement la dépollution industrielle par des subventions ou l'accès à des prêts bonifiés.

Enfin, l'ANPE a aussi un rôle important de sensibilisation et d'éducation.

➔ **Centre International des Technologies de l'environnement de Tunis (CITET)**

Le CITET est une institution publique créée en 1996 avec pour mission de renforcer les capacités nationales et de promouvoir le transfert technologique dans le domaine de l'environnement. Ces principales activités sont :

- Assistance technique à l'industrie
- Prestations de laboratoire d'analyses.
- Formation continue et perfectionnement des compétences dans le domaine de la gestion de l'environnement.
- Recherche & Développement et transfert des écotechnologies et promotion des technologies propres.
- Information, documentation et publication

➔ **Direction Générale de l'environnement et de la qualité de vie (DGEQV)**

La DGEQV a pour mission d'évaluer la situation générale de l'environnement, de proposer les grandes orientations de la politique nationale en matière de protection de l'environnement et d'amélioration de la qualité de la vie et d'élaborer les plans d'action pour la conservation des ressources naturelles, la réduction ou l'élimination de tous les phénomènes de pollution.

Cette direction considère tout type de pollution. La question des eaux usées est suivie à la sous-direction des déchets à la direction de l'environnement urbain.

1.1.3 Le Ministère de la santé

Le Ministère de la Santé, dans son rôle de la protection de la santé publique, intervient dans le secteur de l'eau au travers de sa Direction de l'hygiène, du milieu et de protection de l'environnement (DHMPE) qui est en charge du contrôle sanitaire des eaux (eau de boisson, eau minérale, eau usée brute et traitée et les eaux de baignade). Cette Direction assure ainsi une forme de contrôle de l'auto-contrôle effectué par les gestionnaires des installations (ONAS). La DHMPE a à la fois un rôle préventif et répressif avec la possibilité d'arrêter ponctuellement les pompes. Le Ministère de la Santé a aussi des représentations régionales auxquelles il délègue une partie de ses attributions.

Le Ministère de la Santé a des représentations régionales auxquelles il délègue une partie de ses attributions. Ainsi au niveau régional les services de santé assurent un suivi régulier des installations de l'ONAS dédiées à la production d'eau d'irrigation et en cas d'alerte, la DHMPE avise ses partenaires au niveau central et donne ses consignes au comité régional

présidé par le gouverneur qui réagit généralement au plus vite pour arrêter l'irrigation jusqu'à ce que les services de santé donnent le feu vert.

Placée sous la tutelle du Ministère de la Santé Publique, l'Agence nationale de contrôle sanitaire et environnemental des produits (ANCSEP) a pour mission d'assurer la coordination et la consolidation des activités de contrôle sanitaire et environnemental des produits exercées par les différentes structures de contrôle concernées.

Cette agence clé pour le dispositif national de veille sanitaire et environnemental pourrait être davantage sollicitée pour les usages agricoles de la REUT avec une attention portée à la qualité des produits et non pas seulement la qualité des intrants.

1.1.4 Les autres structures étatiques

→ La présidence du gouvernement

La réforme de la réglementation et la qualité réglementaire relèvent de la responsabilité de la Présidence du gouvernement. Sa mission principale est de centraliser tous les projets de loi soumis par les différents ministères, de s'assurer de leur conformité avec la loi, de recueillir tous les textes de loi devant être publiés dans le Journal officiel de la République tunisienne et de donner son accord à leur publication. Toutes réformes réglementaires sur l'eau et par conséquent la REUT impliqueront donc la présidence du gouvernement.

→ Le Ministère du tourisme et de l'artisanat

La réutilisation des eaux usées traitées est un enjeu important pour le secteur touristique en Tunisie. Ces eaux sont utilisées pour irriguer les golfs (environ 1 000 ha), les jardins hôteliers et les espaces verts (environ 450 ha) mais aussi pour améliorer la qualité des eaux de baignade.

Le Ministère du tourisme et de l'artisanat dont le mandat est de développer l'activité touristique est directement impliqué sur ces problématiques. Il l'est d'autant plus que certains golfs (Carthage, Monastir, Hammamet) sont gérés par des entreprises sous sa tutelle. Il existe par ailleurs une convention cadre entre l'ONAS et le Ministère du tourisme pour l'irrigation des golfs.

Les demandes des hôteliers pour irriguer leurs espaces verts doivent être adressées à l'Agence foncière du tourisme (l'AFT).

→ Le Ministère l'économie et des finances

Le Ministère des Finances organise et gère le budget de l'Etat. Le Comité général de l'administration du budget de l'Etat discute les budgets alloués au Ministère de l'Agriculture et au Ministère de l'équipement, de l'aménagement du territoire et du développement durable.

De plus, le Contrôle général des Finances (CGF) est chargé d'effectuer, sous l'autorité du ministre de l'Economie et des Finances, des missions de contrôle de conformité et de régularité au niveau des services et organismes publics tels que les établissements publics. Il procède également à des missions d'évaluation des projets et des programmes publics en vue d'apprécier la performance des différents intervenants ainsi que les divers impacts y afférents. Le contrôle général des finances effectue en outre, et d'une manière exclusive, des missions d'audit des comptes des projets financés par des ressources extérieures et ce pour le compte des principaux bailleurs de fonds.

En lien avec les EUT, le ministère assure le contrôle et le suivi des rapports financiers des GDA en charge de la gestion des PPI avec de l'EUT.

➔ **Le Ministère de l'industrie et des technologies**

Les rejets industriels posent un grave problème aussi bien pour l'environnement que pour les gestionnaires de réseaux et de STEP notamment l'ONAS. Peu d'industries sont équipées de prétraitement ou de traitement de leurs rejets avant d'atteindre les réseaux de collecte des effluents urbains ou le milieu naturel et cela malgré la législation en place. Cet état de fait pénalise lourdement le fonctionnement et la fiabilité des STEP et la qualité des effluents qui en sortent. Cela a également un impact négatif sur les possibilités de REU. Une implication renforcée du ministère de l'industrie sera bénéfique à l'évolution des pratiques de traitement des eaux usées industrielles en Tunisie notamment dans les entreprises où l'Etat est actionnaire tel que GCT.

L'Union Tunisienne de l'industrie, du commerce et de l'artisanat (UTICA) est la centrale patronale nationale. Elle regroupe les structures professionnelles des différents secteurs économiques non agricoles. UTICA pourrait jouer un rôle dans la promotion de la REUT dans le secteur industriel.

➔ **Le Ministère de l'énergie, des mines et des énergies renouvelables**

La Société Tunisienne d'Électricité et du Gaz (STEG) a un rôle important dans la REUT à travers la facturation électrique liée au traitement de l'eau (assumée par l'ONAS) liée au pompage (assumée par les CRDA ou les GDA). Son rôle ne dépasse pas aujourd'hui ses missions de distribution de l'électricité et recouvrement des frais.

Toutefois, pour être raccordé au réseau de la STEG, un agriculteur doit au préalable obtenir l'aval du CRDA. Cette procédure permet au CDRA de limiter la surexploitation des nappes par le contrôle de l'électrification des puits.

1.1.5 Autres acteurs hors ministères : collectivités, privés, société civile, recherche...

➔ **Les communes**

Des projets de réutilisation des eaux usées traitées ont été initiés dans des zones urbaines en Tunisie, principalement pour l'irrigation des espaces verts des itinéraires. D'autres usages urbains seraient envisageables comme par exemple le nettoyage des rues ou le lavage des véhicules de maintenance. L'implication des municipalités est indispensable pour le développement de tels usages.

Les municipalités ont également un rôle à jouer pour réguler la pression foncière qui existe sur les périmètres irrigués situés à proximité des villes.

Au niveau rural, les discussions en cours sur le Code des Collectivités Locales au sein du Parlement ne permettent pas de préciser le rôle que les futures municipalités pourraient avoir. Leurs attributions ne sont pas encore clairement définies.

➔ **Le secteur privé**

Le secteur privé a recours aux différents usages de l'eau usée traitée en Tunisie en fonction de leur secteur d'activité.

- Certains hôtels réutilisent les eaux épurées pour l'arrosage des espaces verts de leurs jardins.

- En agriculture, de grands propriétaires fonciers ont localement un rôle important sur l'exploitation de périmètres irrigués avec de l'EUT c'est le cas à Nabeul et à Kasserine
- Enfin, le secteur industriel qui consomme 5 % de la demande globale en eau potable en Tunisie commence à initier des projets avec des recyclages à l'intérieur de leur processus dans une logique d'économie circulaire. Une usine de volaille à Tunis traite par exemple une partie de ses eaux usées pour les besoins de sa pépinière

A moyen terme, des projets de coopération intersectorielle pourraient émerger avec des industries qui produiraient de l'eau pour le secteur agricole. Le secteur privé peut ainsi jouer un rôle de consommateur et/ou de producteur. Les mécanismes de consultation du secteur privé pour l'émergence de projet de REUT mériteraient d'être explicités.

→ **Les ONG nationales**

Les associations œuvrant dans le domaine de l'environnement sont relativement influentes en Tunisie. Elles ont notamment réussi à faire inscrire le droit à l'eau dans la constitution de 2014 (article 44). Elles sont regroupées dans le Réseau Associatif pour la Nature et le Développement en Tunisie (RANDET) pour consolider le poids de la société civile dans les projets relatifs à l'environnement.

En termes de REUT, l'Organisation Tunisienne de Défense du Consommateur (ODC) pourrait également jouer un rôle pour faciliter le dialogue entre les bénéficiaires et les opérateurs. Depuis 2004, l'ODC a par exemple un accord de coopération avec la SONEDE pour sensibiliser le grand public et améliorer la réponse aux besoins des usagers.

D'autres groupes ont émergé au niveau des régions pour renforcer ce lien avec la société civile comme l'atteste le récent accord (avril 2017) signé entre l'ONAS et l'Association Citoyenneté et Développement Durable de Gabès (ACDD). Une station d'épuration sera installée dans l'Oasis d'El Mdou Gabès avec une réutilisation des eaux usées épurées pour les espaces verts.

La participation de la société civile est souvent renforcée par le biais de bailleurs de fonds et leurs programmes d'assistance technique. Cette même association est par exemple engagée par ailleurs avec deux autres structures dans un projet de réduction de la pollution à Gabès soutenu par l'Union Européenne.

→ **Les partenaires du développement, bailleurs de fonds**

Historiquement, les bailleurs de fonds ont une place importante dans la politique hydraulique en Tunisie. Les fonds mobilisés sous forme de don dans le cadre de projets d'appui technique ou sous forme de prêts conditionnés ont exercé une influence sur les orientations de l'administration tunisienne, par le biais des méthodologies proposées et des résultats transversaux atteints comme par exemple la promotion des approches participatives et partenariales, les voyages d'études et les échanges d'expériences, ACCBAT, PISEAU...

Des réunions des bailleurs de fonds permettent d'assurer une cohérence d'intervention sur des thématiques ciblées.

→ **La recherche**

La réutilisation des eaux usées traitées est une thématique importante pour la recherche tunisienne. De nombreux instituts ont des travaux en cours sur le sujet : INAT, CERTE, INRGREF, Centre de Biotechnologie SFAX, INRAT. Cette implication est d'ailleurs recommandée dans la stratégie nationale de valorisation des EUT de l'ONAS.

→ **Les associations d'usagers (GDA)**

Les groupements de développement agricole (GDA) sont des structures associatives locales qui regroupent des propriétaires et des utilisateurs. Ces organismes sont chargés par l'État, dans une logique de décentralisation et de participation des agriculteurs, de gérer certaines ressources naturelles comme les eaux, les forêts et les pâturages. (MARH-BM, 2008)

Les GDA assurent des fonctions administratives (collecte des redevances) et techniques (organisation des tours d'eau) pour la gestion de leur périmètre irrigué. Selon les statistiques de 2016, 1187 GDA d'irrigation gèrent 226 000 ha soit 52% des périmètres publics irrigués. Ces GDA ont des niveaux de performances très variables avec des difficultés financières et de maintenance des équipements.

→ **Les agriculteurs individuels**

Les agriculteurs bénéficiaires sont absents tout le long de la chaîne de prise de décision. Ils sont toutefois représentés par les syndicats (UTAP/SYNAGRI) qui participent à l'élaboration des politiques de l'EUT et au niveau de certains périmètres irrigués par les GDA.

1.2 Réglementations et normes³

Ce chapitre est complémentaire à celui qui figure dans le livrable 3 de la présente étude (

1.2.1 Premiers principes

→ La Tunisie a débuté ses expérimentations avec la réutilisation des eaux usées traitées en 1965 dans le périmètre irrigué agrumicole de La Soukra dans le grand Tunis. Les eaux usées de la station de Cherguia étaient utilisées en complément voire substitution des eaux conventionnelles, menacées par la salinité en raison d'une surexploitation de la nappe.

L'utilisation des eaux usées traitées en Tunisie a été réglementée 10 ans plus tard avec la parution du **Code des Eaux** (loi n° 75-16 du 31 mars 1975). Ce Code des Eaux réaffirme le domaine public hydraulique, et prévoit des mesures quant à la pollution des eaux de surface et souterraines; il prescrit des dispositions générales pour le traitement des eaux usées, et la réglementation des rejets dans le milieu. A travers son article 106, il **interdit l'utilisation des eaux usées brutes et l'irrigation des cultures maraichères** par les eaux usées traitées.

→ En 1985, les rejets des eaux usées dans le milieu récepteur ont été réglementés par le **décret n° 85-56 du 2 janvier 1985**. Ce décret concerné principalement les **émetteurs d'eaux usées** situés en dehors des zones d'intervention de L'ONAS.

1.2.2 1989, année charnière

→ En 1989, un **décret (n° 89-1047 du 28 juillet 1989)** fixe les **conditions d'utilisation** des eaux usées traitées à des fins agricoles et le processus de décision entre les différents ministères en charge de la production hydraulique, du contrôle sanitaire et environnemental. *L'utilisation des eaux usées traitées à des fins agricoles doit faire l'objet d'une autorisation du ministre de l'agriculture, délivrée après accord du ministre de la santé publique et avis de l'ANPE.*

Deux normes élaborées sur la base des recommandations de la FAO et de l'OMS sont également parues cette même année. La **Norme tunisienne 106-02** sur la Protection de l'environnement et les rejets d'effluents dans le milieu hydrique et la **NT 106.03** fixant la

³ Sources utilisées : www.legislation.tn, Phase 1 – Diagnostic – de la stratégie nationale de valorisation des EUT (2002),

qualité des EUT réutilisées à des fins agricoles avec des spécifications physico-chimiques et biologiques.

➔ A partir de 1991 les projets d'irrigation à partir des eaux usées traitées doivent se conformer au **décret n°91-362 du 1er mars 1991** réglementant les procédures d'élaboration d'une **étude d'impact** qui doit être approuvée par l'Agence Nationale de la Protection de l'Environnement (ANPE) du Ministère de l'Environnement

➔ En 1993, il y a quelques changements **institutionnels** avec la **loi 93-41-1993 du 19 avril 1993** qui modifie la loi de création de l'ONAS de 1974. L'office passe ainsi du rôle de gestionnaire du réseau d'assainissement à celui de principal intervenant dans le domaine de la protection du milieu hydrique et de la lutte contre toutes les sources de pollution. A cet effet, il est chargé notamment de la promotion de la distribution et de la vente des eaux épurées, des boues provenant des stations d'épuration et de tous autres sous-produits. Le décret n° 93 R 2447 du 13 décembre 1993 étend les attributions des organismes distributeurs (Commissariats régionaux de développement agricole) qui ont désormais une partie des analyses à leur charge.

➔ **L'arrêté du ministre de l'agriculture du 21 Juin 1994** fixant la liste des cultures qui peuvent être irriguées par les eaux usées traitées, soit

- les cultures industrielles: coton, tabac, lin, jojoba, huile de ricin
- les céréales : blé, orge, avoine
- les fourrages : maïs, sorgho
- les arbres fruitiers : datte citron, vigne
- les arbres fourragers : acacia
- les arbres forestiers
- les cultures florales et aromates (à sécher) : roses, iris, jasmin, origan, romarin

➔ **L'arrêté interministériel** des ministres de l'agriculture, de l'environnement et de l'aménagement du territoire et de santé publique du **28 Septembre 1995** approuve un **cahier des charges qui fixe les modalités d'utilisation** des eaux usées traitées à des fins agricoles. Ce cahier prévoit une série de mesures de prévention et de contrôle pour les agriculteurs avec des analyses à effectuer par des laboratoires publics ou privés.

1.2.3 Révisions envisagées mais freinées depuis le début des années 2000

➔ Le **code des eaux** a été modifié en **2001** avec un accent mis sur l'amélioration de la disponibilité des ressources en eau par le biais de la **mise en valeur des ressources non conventionnelles telles que la REUSE**. Depuis une procédure de refonte du code des eaux a été initiée⁴ pour y intégrer l'ensemble des amendements qu'il a subi depuis sa parution en 1975, mais surtout d'en faire un outil de gouvernance de l'eau plus en phase avec les exigences de la phase actuelle. La succession des gouvernements et des changements d'orientation politiques font que le nouveau Code est toujours en cours d'élaboration. Il n'a pas encore été approuvé par le gouvernement et le parlement.

⁴ DGRE. 2012. *Étude de Révision et d'Amendement du Code des Eaux. Etape III: Projet de loi portant refonte du Code des Eaux et Décrets d'Application*. Direction Générale des Ressources en Eau. Ministère de l'Agriculture et des Ressources Hydraulique.

→ En 2002, un nouveau standard (**NT 106.20**) a été élaboré pour réguler l'utilisation des **boues d'épuration** issues des ouvrages de traitement des eaux usées urbaines comme fertilisant.

→ La **loi 2007-35 du 4 juin 2007** et le **décret 2008-2268 du 9 juin 2008** permettent aujourd'hui à l'**ONAS** de concéder certains services relevant de ses missions à des personnes privées.

L'étude de la réglementation tunisienne actuelle montre que la réutilisation des eaux usées a été définie en fonction de la qualité de l'eau produite par les stations d'épuration urbaines et en se focalisant exclusivement sur le seul usage agricole. Il n'existe pas aujourd'hui de cadre légal pour les autres usages de l'EUT (recharge des aquifères, golfs, espaces verts, industrie, etc).

La Tunisie est en train de réviser ses normes de réutilisation pour refléter les applications plus larges de l'eau usée traitée. Le nouveau texte - qui s'appuie sur 13 normes internationales de l'OMS, de l'État de Californie, des directives européennes sur la réutilisation et d'autres - spécifiera des normes de qualité pour chaque application. Pour les mêmes raisons politiques que pour le code de l'eau, ces normes sont actuellement toujours en ébauche.

Ce projet de loi en cours d'élaboration suscite un débat important par les différentes parties impliquées. Le ministère de la Santé publique appuie notamment des normes plus strictes sur les coliformes, mais ONAS a soutenu qu'il n'est pas économiquement viable.

Le cadre normatif est jugé comme une contrainte par les utilisateurs de EUT. Ils estiment que la levée totale des restrictions imposées à la réutilisation des eaux usées nécessiterait la mise en œuvre de moyens de traitement complémentaire dont le coût peut se révéler prohibitif au regard du bénéfice socio-économique qui en résultera (OCDE, 2014). Certains notent également des incohérences dans l'application de ce cadre normatif avec par exemple des interdictions provenant des antennes locales de la santé pour des cultures qui sont pourtant autorisées d'après le décret de 1994.

Enfin, la diversité des modes d'affectation des terres domaniales⁵ devra être abordé dans cette révision de projet de loi afin d'intégrer les enjeux du droit foncier qui entourent l'exploitation des eaux usées traitées.

1.3 Analyse du jeu d'acteurs – mécanismes de gouvernance

1.3.1 Définition des objectifs stratégiques

Dans la première stratégie décennale de mobilisation des eaux (1990-2000), la réutilisation des eaux usées traitées est considérée comme une composante de la stratégie nationale de rationalisation de l'utilisation des ressources hydrauliques. La REUT fait également partie des études stratégiques pour de l'Institut Tunisien des Etudes Stratégiques (ITES) à l'horizon 2030 et 2050.

En décembre 1999, l'ONAS a été chargée d'élaborer une stratégie nationale de valorisation des EUT. L'étude a été achevée en 2002 avec 3 phases :

- Diagnostic de la situation actuelle et données de base

⁵ **Elloumi, Mohamed** — 2011, «Pour une gestion durable des ressources naturelles. Les limites du cadre institutionnel tunisien », in T. Dahou, M. Elloumi, F. Molle, M. Gassab et B. Romagny eds., *Pouvoirs, sociétés et nature au sud de la Méditerranée*. Paris- Tunis, INRAT-IRD-Karthala : 53-81.

- Orientations stratégiques pour l'amélioration de la réutilisation des eaux épurées
- Plan et programme de réalisation.

Cette stratégie lancée par l'ONAS n'est pas portée par l'ensemble des acteurs engagés pour la valorisation des EUT malgré la reconnaissance stratégique de cette ressource pour la Tunisie.

1.3.2 Mécanismes de concertation

Au-delà de la phase de concertation nécessaire à fixer des objectifs communs aux acteurs concernés par la REUT en Tunisie, un espace de dialogue et de décision doit être défini pour élaborer et coordonner les différentes actions en cours.

➔ Le **Conseil National de l'Eau** créé en 2010 (décret N2010-407 du 9 mars 2010) pourrait être cet outil de coordination entre les différents ministères en ce qui concerne la gestion des ressources en eau. Présidé par le ministre de l'agriculture, cet organe consultatif et stratégique est composé de représentants de plusieurs ministères, entreprises et organisations nationales. Le renforcement ou l'adaptation de cet outil se pose avec acuité pour en faire une structure d'arbitrage et de dialogue efficiente.

➔ Un **Comité national de suivi des Eaux Usées traitées**⁶ regroupe les différents ministères en charge des EUT (Agriculture, Environnement et Santé). Ce comité se réunit sur demande du MARH pour créer un espace de dialogue et de concertation entre ces ministères pour discuter de l'état de la REUT et des projets en cours en Tunisie.

➔ Les **dispositifs d'interactions initiés par la SONEDE avec les utilisateurs** dans le cadre de démarches qualité (unité de gestion de la qualité, UGQ). L'ONAS a également mis en place un système de gestion de la qualité dans le district de l'Ariana resté à un cas pilote malgré l'obtention de la certification ISO 9001 en 2011 par l'Institut National et de la Propriété Industrielle (INNORPI).

1.3.3 Arrangements institutionnels

➔ Il n'existe aujourd'hui **aucune convention entre l'ONAS et les CRDA** qui encadrerait le processus de production et distribution des eaux usées traitées. Leurs rôles sont spécifiés par loi et décret mais sans davantage de précision sur les conditions de mise en œuvre de leurs missions respectives et conjointes.

➔ Des **mémoires d'entente au sein d'un même ministère**, peuvent être signés pour faciliter la coordination intra ministérielle sur un sujet précis. C'est le cas par exemple de l'ONAS, l'ANPE et la CITET qui ont défini un cadre de coopération commun pour le programme d'assainissement des eaux usées industrielles.

➔ Pour les usages touristiques, l'irrigation des **golfs** est régie par une **convention cadre entre l'ONAS et le ministère du tourisme**. Les demandes des hôtels pour irriguer leurs espaces verts sont gérées par l'Agence foncière du tourisme.

➔ Des conventions avec l'**Office de l'Aviation Civile des Aéroports (OACA)** et la municipalité de Tunis ont été signées avec l'ONAS pour l'irrigation des espaces verts urbains du boulevard du leader Yesser Arafet et du jardin de la méditerranée.

⁶ Les procès-verbaux de ce comité ont été traduits et examinés dans le cadre de la présente étude

→ Enfin, une convention existe entre l'ONAS et le **Groupe Chimique Tunisien (GCT)**.

1.3.4 Processus de décisions

Les demandes de projets de REUT proviennent principalement des régions et notamment des CRDA. Leurs demandes sont envoyées au Ministère de l'agriculture qui délivre les autorisations après avis du Ministère de la Santé (DHMP) et du Ministère de l'Environnement (ANPE). L'ANPE doit rendre un avis dans les 3 mois sur la base d'une étude d'impact.

1.3.5 Transparence de l'information, base SINEAU

La collecte, gestion et partage de l'information sont des composantes clés de la gouvernance. Une diffusion plus large des données de base sur les services d'eau et d'assainissement permettrait de renforcer les cadres de transparence nécessaires à l'implication des usagers ainsi qu'une meilleure connaissance de la réalité de la situation du secteur de l'eau en Tunisie.

Dans le cadre de la politique du développement des secteurs de l'eau et de l'agriculture, un Programme d'Investissement dans le Secteur de l'Eau (PISEAU)⁷ a été conçu en deux phases. Au sein de ce programme, la conception d'un **Système d'information National sur l'Eau (SINEAU)** a été initié pour fédérer les données sur l'eau de tous les fournisseurs de données, assurer l'interconnexion de toutes les bases et mettre les données à la disposition des décideurs, gestionnaires, chercheurs, publics et privés.

Le SINEAU étant défini comme **un outil fédérateur des systèmes d'information**, qui devrait :

- Répondre aux besoins de tous les utilisateurs des données sur l'eau,
- Fournir un accès intégré aux systèmes d'information de plusieurs contributeurs d'horizons divers,
- Améliorer la qualité des données et favoriser les échanges de données sous différentes formes.

Le projet vise à optimiser la gestion des ressources en **eaux de surface**, en **eaux souterraines** et des **sols agricoles** des périmètres irrigués par la mise en place de dispositifs de suivi au travers de données standardisées, inter opérables et stockées au sein d'un système d'information unique (SINEAU).

Ce dernier intégrera, dans une même sphère de connaissance, les différents aspects permettant de :

- i. comprendre l'état actuel des ressources en eau et en sols irrigués,
- ii. suivre leur évolution,
- iii. aider à la prise de décisions préventives.

Le SINEAU, comprend la **création d'un site web** regroupant des sous-systèmes relatifs à l'eau et au sol. L'exécution du projet sera assurée par l'Unité de Gestion par Objectifs, créée au sein de la Direction générale du financement, des Investissements et des Organismes professionnels au **Ministère de l'agriculture**.

SINEAU est toujours en cours de développement. Le système d'informations pourrait constituer un pas vers la mise à disposition d'informations pour l'ensemble des acteurs du

⁷ Rapport d'évaluation de SINEAU par la Facilité Africaine de l'eau, 2009

secteur. **Dans la perspective d'activités liées à la REUT**, ces informations devront porter tant sur l'état qualitatif et quantitatif des ressources en eaux de surface et souterraines que sur les systèmes d'approvisionnement et d'assainissement.

Lancé en décembre 2016, son coût s'élève à 6,5 millions de dinars et est cofinancé par la Facilité Africaine de l'Eau, l'Agence française de Développement, la Banque Mondiale et la Banque Africaine de Développement.

A ce jour le projet n'est pas encore achevé et le système d'information n'est pas encore fonctionnel.

1.3.6 Renforcement des capacités, communication, vulgarisation

Le développement des compétences et le soutien des **services de vulgarisation** sont nécessaires actuellement en Tunisie pour dépasser certains obstacles liés à la réutilisation des eaux usées traitées. Des démarches sont en cours depuis la publication de la **stratégie de communication de 2014** mais elles ont besoin d'être intensifiées. Le déploiement de **programmes de sensibilisation et d'éducation** permettrait de susciter une plus grande acceptation des projets. De tels efforts doivent être planifiés dès les phases de montage des projets. Des **codes de bonnes pratiques agricoles** pour l'irrigation avec de l'EUT pourraient accompagner les agriculteurs dans les démarches.

Les **CRDA et CTV** ont pour mandat de prodiguer des conseils aux irrigants pour optimiser l'irrigation et l'exploitation de leurs parcelles.

1.3.7 Gestion des litiges

Le décret n° 89-1047 stipule que le **non-respect de la norme NT106.03** devrait être sanctionné avec une amende et/ou d'une peine d'emprisonnement telle que définie par le Code de l'eau. Théoriquement, cela serait supervisé par l'ANPE, le DHMPE, les ministères concernés et les tribunaux, mais dans la pratique cependant, si les effluents traités ne sont pas conformes à la norme NT106.03, les CRDA notifient simplement l'ONAS et rejettent les effluents traités. Si d'autres approvisionnements en eau sont rares (notamment en été), il n'est pas rare que les CRDA acceptent les effluents traités par-dessous (Global Water Intelligence, 2012)

En cas de litiges avec l'opérateur, le consommateur doit s'adresser au bureau de relations avec les citoyens au sein des ministères de tutelle. Il peut également porter l'affaire à un médiateur administratif, voire au tribunal administratif.

1.3.8 Capacités financières

La capacité financière des opérateurs pose question depuis plusieurs années (OCDE, 2014). Les dépenses d'exploitation de l'ONAS ont fortement augmenté depuis deux décennies, en particulier en raison de l'augmentation des tarifs de l'énergie nécessaire au fonctionnement des STEP. L'Office a des difficultés à assurer la maintenance de son réseau de stations et son équilibre financier est atteint grâce à des subventions du budget central. Cela a des conséquences importantes sur la qualité des eaux traitées mises à disposition pour les agriculteurs.

Près de 55% des ressources financières de l'ONAS proviennent des redevances de l'assainissement majoritairement collectées via la facturation de la SONEDE en fonction des principes suivants (i) bénéficiaire-payeur ; (ii) pollueur-payeur et (iii) solidarité entre usagers.

Ces principes sont appliqués par l'ONAS conformément à une grille tarifaire établie par arrêté ministériel⁸ (voir tableau ci-dessous). Le reste du budget de l'ONAS est financé par l'État et d'autres activités annexes (6%). Les revenus issus de la REUT sont négligeables pour l'ONAS.

Usage	Consommation en m ³	Tranche de consommation	Redevance	
	Descriptif		Variable	Fixe
Consommation domestique (Tarif progressif par tranche de consommation)	0-20	0-20	26	1735
	21-40	0-20	38	1735
		21-40	227	
	41-70	0-20	238	5430
		21-70	378	
	71-100	0-70	378	10660
		71-100	625	
	101-150	0-70	397	11195
		71-150	648	
	+151	0-70	397	11525
+71		802		
Touristique			1425	11505
Industriel	Industriel dont le rejet est conforme aux normes de rejet dans le réseau public d'assainissement		1125	1505
	Industriel dont le rejet est conforme aux normes de rejet dans le milieu naturel		815	11505
	Industriel dont le rejet dépasse les normes de rejet dans le réseau public d'assainissement		1125 + (Q ⁹ x540)	11505
	Industriel et activité polluante non raccordé au réseau public d'assainissement		815	11505
Commercial ou professionnel ou autres	Non polluant dont la consommation ne dépasse pas 10 m ³ /trimestre		762	11505
	Non polluant dont la consommation est supérieure à 10 m ³ /trimestre		947	11505
	Dont le rejet dépasse les normes de rejet dans le réseau public d'assainissement		1125+(Qx540)	11505
Administratif	Non polluant		125	11505
	Dont le rejet dépasse les normes de rejet dans le réseau public d'assainissement		1125+(Qx540)	11505

Tableau 1: Grille tarifaire ONAS – 2017

⁸ Arrêté de la ministre des Finances et du ministre des Affaires Locales et de l'Environnement du 28 Avril 2017 relatif à la fixation des redevances d'assainissement

⁹ Q est un coefficient de pollution qui représente la quantité de pollution supplémentaire aux normes de rejet dans le réseau public d'assainissement, déterminé en fonction des résultats des analyses faites sur un échantillon du rejet de l'utilisateur dans le réseau.

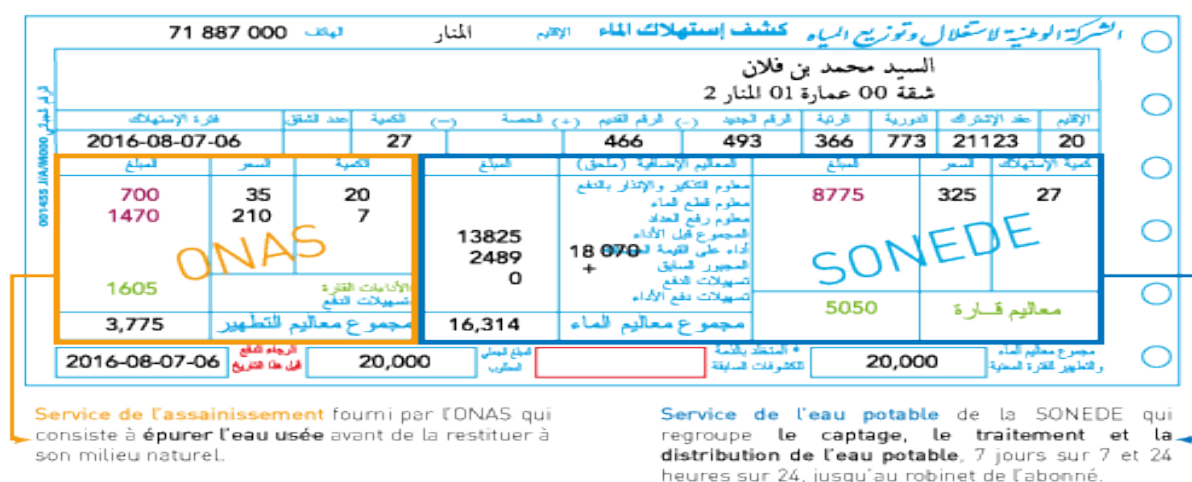


Figure 2: Facture SONEDE

Une étude économique plus détaillée devrait être menée pour définir les conditions de rentabilité d'un périmètre irrigué avec de l'EUT. La tarification et son mécanisme de fixation seront parmi les éléments centraux à explorer.

1.3.9 Suivi évaluation

➔ Il existe plusieurs mécanismes de suivi de la qualité des eaux usées en matière de traitement et de rejet. **L'ONAS réalise des autocontrôles** sur la qualité des eaux rejetées dans les réseaux d'adductions. **L'ANPE** est chargée de veiller à la conformité aux lois avec son **réseau de surveillance de la qualité des eaux**. L'Agence joue également un rôle dans le contrôle des rejets des établissements industriels et de la conformité des STEP. Enfin, la DHMPE du Ministère de la santé est en charge du contrôle sanitaire des eaux usées brutes et traitées.

D'après le site de l'ONAS, les principaux indicateurs de l'assainissement en 2015 portent principalement sur une approche technico quantitative comme par exemple le nombre de prises en charge, le nombre d'abonnés, le nombre de stations, etc.

Ces données devraient être disponibles sur la plateforme SINEAU.

➔ Le 28^{ème} rapport de la Cour des Comptes pour l'année 2012/2013 souligne d'importants dysfonctionnements en matière de contrôle des eaux usées en Tunisie. Le rapport précise que plus de 50% des eaux traitées par les stations de l'ONAS sont non conformes aux normes de qualité. Il pointe également du doigt les manquements des CDRA qui n'ont pas effectué les analyses nécessaires ainsi que l'absence de contrôle spécifique des cultures irriguées aux EUT par le ministère de la santé.

2 ETAT DES LIEUX DES OPERATIONS DE REUT

2.1 Données générales

A la demande du comité de pilotage de l'étude, le présente chapitre démarre par une description rapide de l'état des ressources en eau en Tunisie, afin de pouvoir mieux contextualiser la réalité de l'usage actuel et potentiel des EUT.

2.1.1 Les ressources en eau et les usages en Tunisie

(Source : *Les ressources en eau de la Tunisie, Ministère de l'agriculture des ressources hydrauliques et de la pêche, octobre 2015*)

➔ **L'apport pluviométrique est modeste**, très inégalement réparti dans l'espace et très irrégulier dans le temps. une grande irrégularité affecte aussi bien la quantité, l'intensité, le régime des pluies, que la date du commencement et celle de la fin de la saison des pluies.

Le pays connaît à al fois des années de fortes pluies à l'origine d'inondations violentes, et des sécheresses de grandes dimensions spatio-temporelles.

L'Hydrologie Tunisienne se caractérise par des écarts de la pluviométrie dans l'espace :

- de 500 à 1000 mm/an dans le Nord.
- une moyenne de 350 mm/an dans le Centre.
- moins de 100 mm/an dans le Sud du pays

De fait, le Nord de la Tunisie constitue le château d'eau du pays. Les deux tiers du pays reçoivent entre 350 et 50 mm/an. Les régions percevant moins de 100 mm couvrent à elles seules plus du tiers du pays. L'essentiel du pays est donc dans un climat semi-aride à aride.

Les écarts sont aussi constatés dans le temps :

- moyenne des précipitations annuelles : 36 000 Mm³
- maximum enregistré en 1969 – 1970 : 90 000 Mm³
- minimum enregistré en 1993 – 1994 : 11 000 Mm³

Avec un ratio de ressources renouvelables par habitant qui ne dépasse pas 320 m³/an, la Tunisie se place au-dessous du seuil de pénurie absolue d'eau de la FAO, qui est de 500 m³/an.

Aujourd'hui, la Tunisie est confrontée de plus en plus à des années de sécheresse causées ou accentuées par le changement climatique.

➔ **Des possibilités de mobilisation et de stockage** sont poussées à leurs limites. Le tableau ci-dessous met en évidence l'équipement croissant de la Tunisie en ouvrages de stockage et de mobilisation des ressources en eau conventionnelles (eaux de surface et eaux souterraines).

	1956	1990	2008	2015	2020
Barrages	3	17	29	34	44
Barrages collinaires	-	22	224	230	275
Lacs collinaires	-	83	827	894	950
Forages	550	1800	5017	5400	6000
Puits de surface	2 000	100 000	138 000	138 000	138 000
Volume mobilisé (Mm ³)	500	2 600	4 100	4 300	4 600
Taux de mobilisation de la ressource (%)	8%	57%	88%	90%	95%

Tableau 2: Evolution de la mobilisation des ressources en eau en Tunisie depuis 1956

On considère qu'en 2020, le taux de mobilisation de ces ressources conventionnelles aura atteint ses limites, avec 4 600 Mm³.

➔ **L'usage agricole des ressources en eau est majoritaire.** Les consommations annuelles d'eau en Tunisie se répartissent de la façon suivante entre les usages :

- agriculture irriguée 2 080 Mm³
- eau potable 365 Mm³
- industrie 130 Mm³
- tourisme 25 Mm³

Les trois derniers postes étant distribués à 90% par la SONEDE

L'agriculture irriguée couvre 420 000 ha en intensif, 50 000 ha en semi-intensif et au total 8% de la SAU. Elle représente 36% de la valeur de la production agricole, 27% de son emploi et 90% des besoins en légumes. C'est une composante essentielle de la socio-économie tunisienne. Selon les statistiques de 2016, 1187 GDA d'irrigation gèrent 226 000 ha soit 52% des périmètres publics irrigués.

➔ Le **dessalement de l'eau de mer et des eaux saumâtres** est en plein essor, que ce soit par des maîtres d'ouvrages publics ou privés.

Afin de répondre au triple défi inhérent à la raréfaction des ressources, à l'augmentation de la demande et à l'augmentation de l'extraction de ressources non renouvelables, l'Etat projette de réaliser des **stations de dessalement d'eau de mer au sud du pays, destinées à l'eau potable**. Le projet de **Djerba** (50 000 m³/j extensible à 75 000 m³/j, financement KFW et AFD) est en cours de réalisation.

Trois autres unités de dessalement sont inscrites au programme Tunisia 2020, pour un montant estimé de 350 M€.

- **Sfax** 100 000 m³/j extensible à 200 000 m³/j, financement coopération japonaise JICA
- **Kerkennah** 6 000 m³/j,
- **Zerat** à Gabès 50 000 m³/j extensible à 100 000 m³/j, financement KFW.

Les études sont achevées pour les stations de Sfax et de Zarat. Elles démarreront en 2017 pour la station de Kerkennah.

Par ailleurs, le **Groupe Chimique Tunisien** a un projet de drainage et dessalement de 50 000 m³ d'eau saumâtre à Gabès, pour le développement du projet d'exploitation de gisement de phosphate de Nefta-Tozeur. Le projet se monte à 40 M€.

La DGGREE nous a également informé d'opérations de dessalement des eaux saumâtres pour l'eau potable dans les zones côtières (zone de Mahdia) et pour **l'irrigation de cultures maraichères sous serres** qui donne entière satisfaction aux maraichers car le kilo de tomates se vend bien à 3DT et le piment à 4DT le kilo. Il y a donc aussi une tendance à développer cette ressource non conventionnelle, plus sûre que les EUT en termes de qualité et d'acceptation sociale et religieuse, et autorisée pour tout type de culture. La question du prix de revient de l'eau par rapport à sa valorisation reste centrale.

2.1.2 La place de la REUT

« Une eau, qu'elle soit grise, qu'elle soit noire, qu'elle soit salée reste une eau »¹⁰

Le constat de stress hydrique pousse le gouvernement à se retourner vers les eaux non conventionnelles.

Le recours à des eaux usées traitées fait partie intégrante de la stratégie nationale de rationalisation de l'utilisation des ressources hydriques engagée simultanément avec la première stratégie décennale de mobilisation des eaux (1990-2000). Par ailleurs, il est considéré comme un moyen de conservation des ressources en eau, de protection de l'environnement et de la valorisation des ressources supplémentaires.

La REUT a démarré en Tunisie en **1965** avec le projet du périmètre irrigué (PI) de **la Soukra**, puis celui **d'Oued Souhil**. Ces deux périmètres étaient irrigués par des puits de surface qui ne pouvaient plus subvenir aux besoins en eaux des agriculteurs de ces zones en raison d'une surexploitation et d'une salinisation.

Suite à cette expérience, de **nouveaux PI** ont vu le jour entre les **années 80 et 90** dans le grand Tunis, le gouvernorat de Sousse et celui de Sfax. Par la suite, d'autres projets ont été créés dans les zones intérieures et dans le sud du pays.

D'autre part, des projets de REUT pour l'arrosage de **terrains de golfs et d'espaces verts** en particulier autour des STEP ont vu le jour à partir des années 70-80.

Les données ci-dessous sont actualisées 2017, source ONAS.

En 2017, **66 stations d'épuration (STEP)** sont concernées par la REUT, pour un volume total de **61.7 Mm³** environ. En particulier :

La réutilisation des eaux usées traitées se fait de la manière suivante:

- 53% usage indirect ou écologique (zones humides, recharge de nappe...)
- 33% en périmètre irrigués
- 11% terrains de golf
- Le reste pour des usages industriels, ou espaces verts.

20,5 Mm³ d'eaux usées traitées sont réutilisés pour l'irrigation. Ceci ne répond qu'à **1% des besoins de l'agriculture irriguée**.

¹⁰ A. Grabi directeur du centre de recherche sur les technologies des eaux

2.2 Parc épuratoire concerné par la REUT

2.2.1 Données quantitatives : nombre de STEP et volumes traités

L'ONAS exploite actuellement environ 115 stations d'épuration dans le pays. Les procédés épuratoires rencontrés sont divers et les équipements utilisés semblent disparates et provenir de fournisseurs très variés. On trouve essentiellement (pour les 2/3) des stations d'épuration **boues activées à faible charge et aération prolongée**, 7% de boues activées à moyenne charge, 12% de lagunage, ainsi que des petites stations rurales et 2 stations de traitement des rejets industriels.

Dans le détail :

- 81 steps à boue activée faible charge et aération prolongée ;
- 9 steps à boue activée moyenne charge
- 3 steps lit bactériens
- 3 step lagunage facultatif ;
- 4 steps lagunage naturel ;
- 7 step lagunages aérée
- 7 petites stations rurales
- 1 step industrielle (Ben Arous Grappé)

Le débit d'eaux usées traitées par ces stations dont les capacités sont très variables est d'environ 905 000 m³/j soit près de 330 Millions de m³/an.

Depuis les années 80, le pays, très précurseur en la matière, s'est doté d'une réglementation sur la réutilisation des eaux usées traitées. Actuellement, parmi les 115 stations exploitées par l'ONAS, 66 font de la REUT, selon la répartition suivante :

- 30 STEP irriguent 32 périmètres irrigués,
- 8 STEP irriguent 10 terrains de golf,
- 2 STEP recharge de nappe,
- 1 STEP (Gafsa) pour PI et usage industriel (Groupe chimique)
- pour les espaces verts voir tableau 1

Les volumes annuels réutilisés représentent 61.7 Mm³, répartis selon les usages suivants :

- 20,3 millions de m³ pour l'irrigation des périmètres irrigués
- 6,5 millions de m³ pour l'irrigation des terrains de Golf
- 0,7 millions de m³ pour l'irrigation des espaces vert
- 0,5 millions de m³ pour la recharge de la nappe
- 0,2 millions de m³ pour l'usage industriel
- 33,5 millions de m³ pour les zones humides et écologiques

Ainsi, les différents programmes de réutilisation contrôlée des eaux usées totalisent environ 9 % des eaux usées du pays, 19% si l'on prend en compte les usages 'écologiques'.

Les objectifs raisonnés et l'évolution de la REUT dans le pays concernent des usages nouveaux ou des extensions de périmètres irrigués actuels.

Le **tableau synthétique suivant** permet d'appréhender, pour les installations existantes, l'adéquation entre capacité de production d'eau usée traitée en termes de quantité et de qualité et leur niveau d'utilisation.

GOUVERNORAT	STEP	Caractéristiques des stations d'épurations						Volume REUSE (milliers m3/an)	Types d'usages			
		Milieu récepteur	Type de station	Année de construction	Capacité nominale (m3/j)	Charge hydraulique	Charge organique		Périmètres irrigués	Terrains de golf	Industriels	Recharge de nappe
Tunis	Charguia	Mer	BA moyenne charge	1958	60 000	0,47	0,38		Soukra et Borj Touil	Golfs de Carthage et de Gamarth		
Ariana	Choutrana I	Mer	BA moyenne charge	1986	78 000	1,51	1,28	3 870	Borj Touil			
	Choutrana II	Mer	BA faible charge	2007	40 000	1,01	0,87		Borj Touil			
	Côtière Nord	Mer	Lagunage	1981	15 750	1,31			Borj Touil			
Ben Arous	Sud Méliane	Oued	BA faible charge	2007	40 000	1,13	0,75		Mornag			
Nabeul	SE3	Mer	BA faible charge	1979	3 500			567	Souhil			Souhil
								94	Messaïdi			
	SE4	Mer	BA moyenne charge+digestion	2016	18 700	0,89	0,75	287	Bir romana			
								207	Beni khiar			
								86	Haouaria			
	Kélibia	Mer	BA faible charge	1995	5 542	1,25	0,73	25	Kélibia			
	Korba	Mer				0,67	0,51					Korba
Béja	Béja	Oued	BA moyenne charge	1994	14 000	0,49	0,68		Boutouffaha			
	Medjaz el Bab	Oued	BA faible charge	1994	4 500	0,43	0,43		Médjaz el			
Bizerte	Bizerte					0,7	0,3		Oueld			
Kef	Kef	Oued	BA faible charge	1998	8 500	0,44	0,45		Semana			
Siliana	Siliana							32	Médiouna			
Jendouba	Tabarka	Golf	BA faible charge	1993	5 500	0,51	0,33			Golf Tabarka		
Zaghouan	Zaghouan	Oued	BA faible charge	2005	2 800	0,82	0,74	27	Sidi Mrayeh			
	El Fahs	Oued	BA faible charge	2006	3 350	0,42	0,33	27	El Fahs			
Sousse	Sousse sud	Oued	BA moyenne charge+lit bactérien	1980	18 700	1,3	0,92	720	Zaouiet sousse			
	Msaken	Oued	BA faible charge	1996	7 844	0,68	0,71	213	Msaken			
	Sousse nord									Golf kantaoui		

GOUVERNORAT	STEP	Caractéristiques des stations d'épurations						Volume REUSE (milliers m3/an)	Types d'usages			
		Milieu récepteur	Type de station	Année de construction	Capacité nominale (m3/j)	Charge hydraulique	Charge organique		Agricole Périmètres irrigués	Touristique Terrains de golf	Industriel Industriels	Recharge de nappe
Monastir	Ouerdanine	Oued	BA faible charge	1993	1 500	0,96	1,14	140	Ouerdanine			
	Sayada-lamata	Mer	BA faible charge	1993	1 660	3,21	3,96		Sayada			
	El frina	Mer	BA faible charge	1995	13 500	0,85	0,96			Golf flamand		
	Sahline	Oued	BA faible charge	2016	13 370	0,44	0,51			Golf palm		
Kairouan	Kairouan	Oued	BA faible charge	2008	20 000	0,75	0,62	1 500	Dhraa tamar			
Kasserine	Kasserine	Oued	Lagunage aéré	1993	15 000	0,48	0,44	385	Oued essid			
	Sbitla	Oued	BA faible charge	2005	3 870	0,96	1	28	Sbitla			
Sfax	Sfax sud	Mer	BA faible charge	1983	49 500	0,82	0,99	2 532	El hajeb			
	El hancha	Oued	BA faible charge	2005	700	0,51	0,77	6	El hancha			
Gabes	Gabes	Mer	BA faible charge	1995	17 300	0,57	0,37	1 604	Dissa			
	El Hamma		BA moyenne charge	2004	4 060	1,28	1,27	209	El Hamma			
Gafsa	Gafsa	Oued	Lits bactériens	1985	3 500	2,23	3,93	1 064	Aguila		Groupe chimique	
Medenine	Médenine	Oued	BA faible charge	1999	8 870	0,47	0,56	32	Ouiljet el khodr			
	Jerba aghir	Mer	BA faible charge	2001	15 750	0,51	1,1	13	Marzel-			
	Sidi Mehrbaz									Golf Jerba		
Tozeur	Tozeur	Oued	BA faible charge	2000	6 654	0,73	1,09			Golf tozeur		

Tableau 3: Stations d'épuration concernées par la REUT, charges et usages

De notre regard d'expert, nous considérons que l'usage de **l'eau usée traitée pour l'arrosage interne des stations d'épuration**, est anecdotique, pour des raisons liées à la très petite quantité correspondante et à la difficulté de contrôle.

L'usage environnemental est également discutable. S'agit-il réellement d'une valorisation ? Son intérêt est-il réellement évalué ? Nous y viendrons plus tard.

2.2.1 Données qualitatives : respect des normes

Le tableau suivant présente les résultats de qualité d'eau en sortie des STEP non conformes à la norme NT106-03 :

STEP	Année de mise en service	Qualité en mg/l (2016)			Domaine de réutilisation	Observations
		DBO5	DCO	MES		
Cotière Nord	1981	113	255	88	PI	Le Procédé de traitement est de type lagunage facultatif -La station est surchargée
Choutrana I	1986	54	137	48	PI	Travaux de réhabilitation est en cours, achèvement 1 ^{er} trimestre 2018, financement KFW
Sud Meliane I	1982	79	139	46	PI	DAO travaux pour la réhabilitation de la step est en cours (programmes DEPLOMED))
Kélibia	1976-1995	49	132	46	PI	Réhabilitation de la step est en cours, Achèvement 1 ^{er} semestre 2018, financement AFD/BEI/CE
Béjà	1994	35	105	51	PI+EV	Etude de la réhabilitation de la step est en cours, financement JICA
Testour	2004	110	371	117	R indirect	Renouvellement d'équipement est en cours, achèvement 1 ^{er} trimestre 2017
Siliana	2000	39	129	40	PI+EV	Etude de la réhabilitation de la step est en cours, financement JICA
Mateur	2005	161	355	130	R indirect	DAO pour la réhabilitation de la station est en cours, financement BEI/BERD
Kef	1998	31	108	31	PI+EV	Etude de la réhabilitation de la step est en cours, financement KFW
Sousse Nord I	1978+2010	63	194	48	T Golf+EV	DAO pour travaux est en cours, financement AFD/BEI/CE
Sousse Nord II	2010	62	172	39		
Sousse Sud	1980	117	342	120	PI+ EV	Travaux de la réhabilitation est en cours
Msaken	1996	45	139	27	PI	Travaux de la réhabilitation est en cours, achèvement 1 ^{er} trimestre 2018, financement BAD
Moknine	1986	143	408	133	R indirect	DAO en cours d'élaboration, financement KFW
Sayada	1993	87	263	45	PI+EV	lancement de DAO de transfert des eaux usées vers step technopole Monastir 4 ^{ème} trimestre 2017
Monastir Frina	1995	85	248	52	T Golf+EV	Réhabilitation est en cours, achèvement travaux 2 ^{ème} trimestre 2017, financement BAD

Ksour Essef	1994	37	124	27	EV	Travaux de la réhabilitation est prévue pour le 2ème trimestre 2017, financement KFW/AFD/CE,
Mahdia	1995	87	276	75	EV	lancement DAO travaux de la réhabilitation prévu pour 1er trimestre 2017, financement KFW/AFD/CE
Kasserine	1994	116	341	117	PI+EV	En cours de dépouillement de offres travaux pour la réhabilitation, financement: KFW/AFD/CE
Sbeitla	2004	56	162	41	PI+EV	Amélioration enregistrée 1 er trimestre 2017
Mahrès	1994	62	184	98		Travaux de la réhabilitation est en cours, financement KFW
Gafsa	1985	180	399	172	PI	Travaux de la réhabilitation est en cours,
Metlaoui	2006	30	102	37	EV	
Nefta	1992	127	285	96	EV	En cours de dépouillement de offres travaux pour la réhabilitation de la step, financement: KFW/AFD/CE
Kébili	2002	34	118	41	EV	Amélioration enregistrée 1 er trimestre 2017
Douz	2004	34	113	57	EV	Amélioration enregistrée 1 er trimestre 2017
Jerba Sidi Mehrez	1981	60	113	55	T Golf	Réhabilitation est en cours, achèvement 2ème trimestre 2017, financement BAD,
Gabès	1995	98	248	119	PI+EV	Réhabilitation est en cours, achèvement 3ème trimestre 2017, financement AFD,
El Hamma	2004	92	204	86	PI+EV	Réhabilitation est en cours, achèvement 2 ème trimestre 2018, financement BAD,

Tableau 4: STEP dont la qualité des EUT réutilisées est non conforme à la norme NT106-03

29 STEP concernées par la REUT ont des rejets non conformes à la norme NT 106.03.

Le tableau suivant présente les résultats de qualité d'eau en sortie des STEP conformes à la norme NT106-03 :

STEP	Année de mise en service	Qualité en mg/l (2016)			Domaine de réutilisation	Observations
		DBO5	DCO	MES		
Cherguia	1958-2002	13	66	38	PI+ EV	
Choutrana II	2008	30	90	27	PI+EV	
Sud mélianeII	2007	28	91	23	PI+EV	
Jedaïda	2003	22	74	22	R indirect	Etude de la réhabilitation et de l'extension de la step est en cours, financement AFD/BEI/CE
Tébourba	2004	34	86	31	R indirect	
SE1 Hammamet	1980	13	61	12	T Golf	
SE4 Nabeul	1979	22	94	35	PI	Après extraction des boues, la qualité des EUT est devenue conforme à la norme 106-03 pendant le premier semestre 2017 (DBO ₅ :10, DCO:72 et MES:19mg/l)
SE3 Nabeul	1981	19	96	29	PI	
Menzel Bouzelfa	1993-2005	9	61,0	11	R indirect	

Korba	2002	15	79	15	R de nappe	
Soliman II	2004	24	113,0	27	R indirect	
Zaghouan	2005	48	153	49	PI	La qualité des EUT est améliorée en 2017 (DBO ₅ :15, DCO:64 et MES:16mg/l) suite à l'extraction de la boue,
ELFahs	2006	10	58	13	PI	
Medjez El Bab	1994	25	72	26	PI	
Teboursouk	2000	31	103	55	R indirect	Durant le premier semestre 2017, la qualité des EUT est améliorée (DBO ₅ :21, DCO:87 et MES:35mg/l)
Nefza	2006	9	57	19	R indirect	
Gaafour	2003	13	67	16	R indirect	
Bizerte	1997	20	78	22	PI+EV	Dans le cadre de dépollution du lac de Bizerte un dossier de présélection pour la préparation d'un DAO pour la réhabilitation de la station est en cours, financement BEI/BERD
Aousja	2014	22	78	25	R indirect	
Menzel Bourguiba	1997	26	89	25	R indirect	Dans le cadre de dépollution du lac de Bizerte un dossier de présélection pour la préparation d'un DAO pour la réhabilitation de la station est en cours, financement BEI/BERD
Jendouba	1994	20	64	21	R indirect	
Boussalem	2000	17	68	19	R indirect	
Tabarka	1993	20	80	31	T Golf	
Ghardimaou	2003	25	83	29	R indirect	
Ouerdanine	1993	24	80	19	PI+ EV	Une consultation pour la réhabilitation de la step est en cours, financement KFW/AFD/CE
Sahline	1993	26	94	19	T Golf+EV	
Kairouan 2	2008	25	80	24	PI+EV	
Meknassi	2016	22	59	18	R nappe	
El Hancha	2005	19	66	20	PI+EV	
Aguereb	2006	20	82	22	EV	
Jbneina	2006	23	78	29	EV	
Tozeur	2000	18	70	24	T golf+EV	
Medenine	2000	29	98	36	PI	
Jerba Aghir	2001	17	65	15	PI	
Tataouine	1999	18	80	24	EV	
Metouia-Ouidhreh	2007	24	80	27	EV	
Mareth-Zarrat	2007	21	75	21	EV	

Tableau 5: STEP dont la qualité des EUT réutilisées est conforme à la norme NT106-03

37 STEP concernées par la REUT ont des rejets <u>conformes</u> à la norme NT 106.03.
--

Ces données doivent encore être complétées pour permettre d'établir un bilan actuel des besoins et des ressources, ainsi que des éventuels horizons de saturation des systèmes d'épuration et d'irrigation qui dépendent des critères de quantités et de qualité pour chaque site.

Un classement des limites et des capacités inexploitées pour chaque site pourrait être établi à partir de ce tableau synthétique. Ce classement technique permettra de définir des orientations et des priorités d'actions à mener sur chaque site actuellement exploité.

Cette méthodologie constitue **une première approche de diagnostic technique** des installations actuellement exploitées, et donc une première analyse des retours d'expérience, qui pourra être prolongée dans le plan national REUSE.

2.3 Usage agricole : périmètres irrigués

La REUT en irrigation est considérée comme une nécessité et fait partie intégrante de la Stratégie Nationale de Rationalisation de l'Utilisation des Ressources Hydrauliques engagée simultanément avec la première Stratégie Décennale de Mobilisation des Eaux (1990-2000).

L'agriculture reste le secteur le plus ciblé par la réutilisation des eaux usées traitées. La superficie irrigable en EUT est de **8 474 ha** au cours de la campagne 2015-2016, il est à signaler que cette superficie était de 8 098 ha en 2006. La superficie totale aménagée a continuellement progressé depuis 1965 (premier PI créé) et s'est stabilisée relativement depuis 2006.

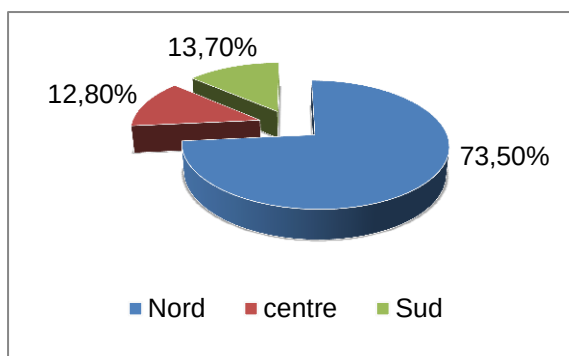
Les **taux d'intensification**¹¹ au niveau des PI restent limités. Le taux moyen, pour l'ensemble des PI, est **de l'ordre de 32%** au cours de la campagne 2015/2016 (36% en 2006).

¹¹ Le taux d'intensification est le rapport entre la superficie irriguée avec des EUT par rapport à la superficie totale aménagée du PI.



Figure 3: Carte des périmètres irrigués à partir d'EUT (source : Ministère de la Santé, 2014)

2.3.1 Surfaces et taux d'intensification des PI en EUT



73% de la superficie totale irrigable se trouve dans le Nord du pays et 55 % se trouve au niveau du Grand Tunis. Les plus grandes superficies : sont de Borj Touil, de Mornag. Les plus grands périmètres du Centre et du Sud sont respectivement Dhraa Tamar à Kairouan et El Hajeb à Sfax.

Figure 4: localisation des PI par les EUT

Le tableau suivant présente la liste des périmètres irrigués à partir des eaux traitées :

Gouvernorat	Périmètre irrigué	Station d'épuration	Superficie aménagée (ha)	Périmètre exploité (ha)	Superficie irriguée (ha)	Intensification (%)
Ariana	Soukra	Charguia	409	409	264	65%
	B.Touil	Chotrana I et II, Cotière Nord et Charguia	3145	3145	389	12%
B.arous	Mornag	B,Arous	1087	0	N.F	
Bizerte	Sidi Ahmed	S, Ahmed	174	0	N.F	
Nabeul	Souhil	SE3 et SE4	280	280	200	71%
	Haouaria	SE3 et SE4	83	83	26	31%
	Bir romana	SE4	61	61	49,3	81%
	Messaadi	SE4	49	49	30,4	62%
	Charki (Bni Khia)	SE4	79	79	56,6	72%
	Kélibia	Kélibia	45	45	45	100%
Zaghouan	Zaghouan	Zaghouan	60	60	30	50%
	Elfahs	Elfahs	40	-	-	
Beja	Bouteffaha	B,sud	354	-	-	
	M,Elbeb	Medjez ,Elbeb	100	-	-	
Kef	Semmana	Kef	180	-	-	
Siliana	Mediouna	Mediouna	87	87	84,5	97%
Sousse	Zaouiet Sousse	Souse sud	205	205	170	83%
	M'SAKEN	Msaken	185	185	120	65%
Monastir	Ouardanine	Ouardanine	50	50	70	140%
	Sayada Lamta	S,L,Bouhjar	50	-	-	

	Bouhjar					
Kairouan	Dhraa Tammar	Dhraa Tammar	380	380	232	61%
Kasserine	Oued essid	Kasserine	131	131	131	100%
	Sbitla	Sbitla	80	80	80	100%
Sfax	Elhajeb	Sfax sud	452	452	272	60%
	El hancha	El hancha	50	50	2	4%
Gafsa	Aguila	Aguila	117	117	117	100%
Gabes	El Hamma	El Hamma	100	100	53	53%
	Dissa	Gabes	300	300	200	67%
Mednine	Ouljet El Khodr	Ouljet El Khodr	30	30	30	100%
	Talbet	Jerba	19	19	19	100%
	Maghzel		32	32	32	100%
Tataouine	Elbhira	Tataouine	60	mise en eau début 2017		
TOTAL			8 474	6 429	2 703	
			Taux d'intensification			32%

Tableau 6: Superficies irriguées en Tunisie par les EUT – campagne 2015-2016¹²

Actuellement, on compte **32 PI en EUT** (mais dont sept sont non fonctionnels) liés à 30 STEP au niveau de 17 gouvernorats du pays totalisant ainsi une superficie exploitée à 6 429 ha.

Le taux d'intensification le plus élevé est constaté au niveau du PI de Ouerdanine du gouvernorat de Monastir (140%). En effet, ce PI est exploité principalement en arbres fruitiers (pêchers, figuiers, grenadiers et oliviers).

Le PI de Dhraa Tamar du gouvernorat de Kairouan a bénéficié d'une extension en 2017 passant ainsi de 240 ha à 380 ha.

Un nouveau PI est créé à Tataouine en 2017 d'une superficie de 60ha.

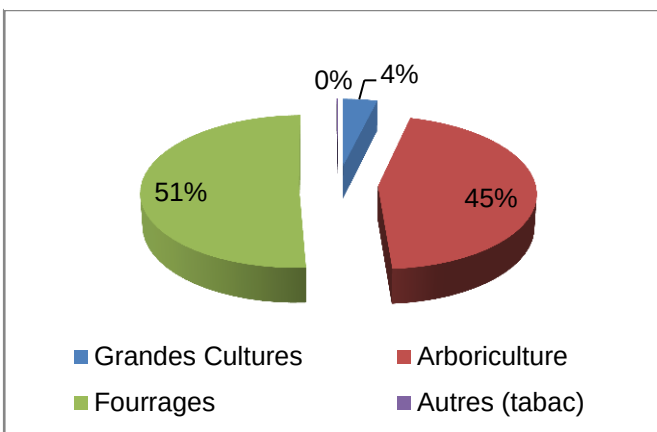
2.3.2 Cultures pratiquées au niveau des PI en EUT

Les cultures pratiquées au niveau des périmètres au cours de la campagne 2015-2016 sont principalement l'arboriculture fruitière (45% de la superficie totale), notamment l'olivier, et les fourrages (51%), les grandes cultures ne représentent que 4% de la superficie présentées dans le tableau suivant.

¹² Source : DGGREE/MARHP

Figure 5 : Répartition des cultures irriguées en EUT (%)
Campagne 2015-2016

Cultures	Superficies
Grandes Cultures	121
Arboriculture	1 406
Fourrages	1 583
Autres	6
Total	3 116

Tableau 7: répartition des cultures irriguées en EUT-
Campagne agricole 2015-2016¹³

Gouvernorat	Périmètre irrigué	Cultures réalisées (ha)
ARIANA	Soukra	Golf (50ha) - Arbres fruitiers (44ha) - Fourrages(170ha)
	B.Touil	Arbres fruitiers (4ha) - Fourrages (385ha)
NABEUL	Souhil	Arbres fruitiers (179,8ha) - Fourrages(18,5ha) - Tabac (1,7ha)
	Haouaria	Arbres fruitiers (17,5ha) - Fourrages (8,5ha)
	Bir romana	Arbres fruitiers (27,4ha) - Fourrages(17,4ha) - Tabac (4,5ha)
	Messaadi	Arbres fruitiers (27,2ha) - Fourrages (3,2ha)
	Charki (Bni Khia)	Arbres fruitiers (55,5ha) - Fourrages(1,1ha)
	Kélibia	Arbres fruitiers (45ha)
ZAGHOUAN	Zaghouan	Arbres fruitiers (30ha)
SILIANA	Mediouna	Grandes cultures (50ha) - Arbres fruitiers (19,5ha) - Fourrages (15ha)
SOUSSE	Zaouiet Sousse	Arbres fruitiers (160ha) - Fourrages (300ha)
	M'SAKEN	Arbres fruitiers (137ha) - Fourrages (90ha)
MONASTIR	Ouardanine	Arbres fruitiers (47ha) - Fourrages (3ha)
KAIROUAN	Dhraa Tammar	Arbres fruitiers (90ha)
KASSERINE	Oued essid	Arbres fruitiers (131ha) - Fourrages (60ha)
	Sbitla	Arbres fruitiers (41ha)
SFAX	Elhajeb	Arbres fruitiers (100ha) - Fourrages(272ha)
	El hancha	Arbres fruitiers (2ha)
GAFA	Aguila	Grandes cultures (3ha) - Arbres fruitiers (117ha) - Fourrages(117ha)
GABES	El Hamma	Grandes cultures (2ha) - Arbres fruitiers (35ha) - Fourrages(20ha)
	Dissa	Grandes cultures (12ha) - Arbres fruitiers (48ha) - Fourrages(100ha)
MEDNINE	Ouljet El Khodr	Arbres fruitiers (12,7ha) - Fourrages(1,75ha)

¹³ Source : DGGREE/MARHP

	Talbet	Grandes cultures (2ha) - Arbres fruitiers (14,5ha)
	Maghzel	Grandes cultures (2ha) - Arbres fruitiers (23ha)

Tableau 8: Répartition des cultures par PI

2.3.3 Volumes consommés

Le volume d'EUT réutilisé directement (sans compter l'usage indirect) représente 14% des volumes des EUT dont 72% de ces EUT réutilisées sont destinées à l'irrigation agricole dans les PI.

VOLUME EAU TRAITEE (m ³)	Volume d'eau réutilisé directement (m ³)	%	Volume d'eau réutilisé au niveau des périmètres Irrigués (m ³)	%
203 037 559	28 287 053	14	20 375 354	72

Tableau 9: Volume¹⁴ des EUT et réutilisés en 2016

Le graphique suivant, illustre la répartition de la consommation en EUT au niveau des PI, en % selon les régions pendant la campagne 2015/2016.

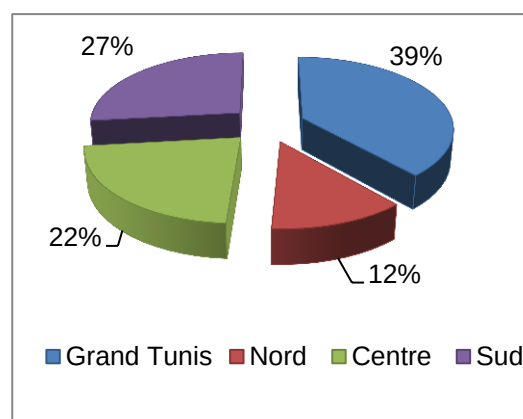
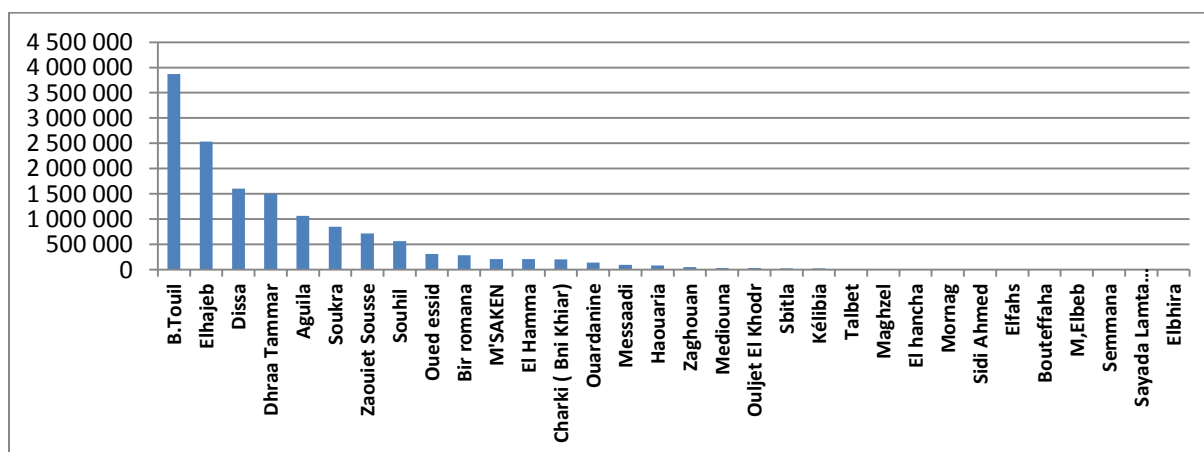
Figure 6 : Répartition de la consommation en EUT selon les régions (en %)¹¹

Figure 7 : Consommation en EUT par PI - campagne 2015-2016



Les cinq périmètres de B. Touil, El Hajeb, Dissa, Dhraa Tamar et Aguila ont consommé environ 50% du volume total avec 3,8 million de m³ pour B. Touil et 1 million de m³ pour Aguila.

¹⁴ Source : ONAS

2.3.4 Retour de terrain des GDA : ateliers de l'été 2017

La Direction générale du génie rural et de l'exploitation des eaux a provoqué 3 ateliers en juillet 2017 destinés aux GDA 'REUT'. Cette initiative, accompagnée par la Banque Mondiale, s'intégrait dans la préparation d'un futur plan national 'REUT',

Concrètement, les ateliers se sont déroulés à Nabeul, Monastir et Gafsa, à trois dates différentes, les GDA de 4 ou 5 gouvernorats étant invités à chaque fois. L'animation était réalisée de concert par l'ONAS et la DGGREE. Le déroulement était le suivant :

- présentation de la situation de la REUT sur les périmètres irrigués tunisiens,
- visite de terrain d'une opération de REUT à proximité (respectivement Souhil, Ouerdanine et El Aguila),
- retour en salle et séance de questions réponses avec les participants,
- rappel d'idées fortes et présentation des perspectives par l'ONAS et la DGGREE.

Le tableau des pages suivantes synthétise les échanges tenus lors de ces ateliers. On retiendra que les idées ci-dessous sont largement revenues dans les 3 ateliers :

- **points soulevés par les irrigants**
 - o manque de coordination ONAS / CRDA, en particulier manque de conventionnement,
 - o détérioration croissance de la qualité de l'eau,
 - o manque de disponibilité de l'eau en période de pointe,
 - o manque de contrôle sanitaire des usagers,
 - o tarif de 20 millimes au m³ insuffisant,
 - o retards dans les réparations (pannes),
- **réponses apportées par les autorités (DGGREE, ONAS)**
 - o sur la qualité de l'eau l'ONAS a engagé une importante campagne de réhabilitation des STEP,
 - o sur les aspects sanitaires, au CRDA de communiquer aux services de santé chaque année la liste des usagers, aux irrigants de se faire vacciner
 - o sur les coûts ne pas hésiter à mettre en place un prix supérieur à 20 millimes

	20/7 GAFSA	11/7 NABEUL	13/7 MONASTIR
Participants	Gouvernorats de Gafsa, Médenine, Gabès, Kasserine, Tataoïne	Gouvernorats de Siliana, Kef, Ariana, Nabeul, Zaghouan	Gouvernorats de Monastir, Sfax, Sousse, Kairouan
Visite	Périmètre El Aguila Périmètre implanté en 1994 (30 ha), agrandi en 2001 (117 ha, 35 bénéficiaires), extension prévue (220 ha) Oliviers et fruitiers (figuiers, grenadiers, abricotiers, palmiers dattiers), cultures fourragères intercalées Coopération allemande en 2016 : unité de filtration pour préserver fonctionnement de 10 ha en goutte-à-goutte	Périmètre Souhil Périmètre implanté en 1987 (346 ha, 452 bénéficiaires) Agrumes à 80% (bigaradier notamment), avec olivier, fourrages, tabac Gestion GDA avec collaboration CRDA depuis 1999 ; choix d'augmenter le prix de l'eau à 60 millimes /m³ Rôle GDA approvisionnement produits agro Projet ACCBAT en 2015 : bassin de décantation et équipement de filtration	Périmètre Ouerdanine Périmètre implanté en 1996 (50 ha) étendu à 75 ha Arbres fruitiers (pêcher, figuier, olivier, grenadier), pépinière, cultures fourragères intercalées (sorgho, luzerne) Station de filtration installée en 2006, goutte-à-goutte en aval
Discussions/ Institutionnel	Manque coordination ONAS CRDA Schéma original à El Behayer (Tatooïne) : périmètre géré par une SMSA, problème frais de pompage pas assumés par CRDA	Manque convention multipartite entre CRDA, ONAS, GDA pour garantir les droits (notamment panne)	Manque coordination ONAS CRDA pour gérer la qualité Statut foncier des terres : arboriculture impossible en raison du fermage (Dhraa Tammar)
Discussions/ Qualité de l'eau	⇒ Amélioration en vue : réhabilitation et extension des STEP par l'ONAS, installation d'unités de filtration pilotes (El Aguila, El Hamma, Souhil, Msaken...) généralisables	Qualité des EUT jugée médiocre ⇒ Amélioration en vue : réhabilitation et extension des STEP par l'ONAS, installation d'unités de filtration pilotes	Qualité des EUT jugée de plus en plus médiocre : problèmes techniques, environnementaux et sanitaires Manque de suivi des analyses de la qualité des EUT ⇒ Amélioration en vue : réhabilitation et extension des STEP par l'ONAS, installation d'unités de filtration pilotes
Discussions/ Technique		Besoin d'un bassin de stockage pour régulariser l'approvisionnement en période critique	Manque d'eau pendant les heures de pointe en l'absence de bassin de stockage (El Hajeb et Zaouiet Sousse) Absence d'eau potable et d'électricité voire de pistes (Zaouiet Sousse et Dhraa Tammar)
Discussions/	Incitation par certaines parties à ne pas		Interdiction du sorgho par le Ministère de la

Commercial	acheter de produits irrigués par les EUT		Santé mal comprise (Dhraa Tammar à Kairouan)
Discussions/ Risque sanitaire	Manque de contrôle sanitaire des usagers Vaccin trop cher pour les irrigants ⇒ CRDA doit donner liste des irrigants chaque année aux services de santé	Manque de contrôle sanitaire des usagers et de leurs pratiques Besoin d'améliorer la communication et la sensibilisation Rappel : selon la loi, le vaccin et les bonnes pratiques sanitaires sont à la charge de l'agriculteur ⇒ CRDA doit donner liste des irrigants chaque année aux services de santé	Manque de contrôle sanitaire des usagers Vaccin trop cher pour les irrigants ⇒ CRDA doit donner liste des irrigants chaque année aux services de santé
Discussions/ Prix de l'eau	Pas d'uniformité dans le pays, injuste ⇒ Révision des tarifs encouragée ⇒ Etude en cours tarification eaux PI	Tarif 20 millimes /m³ jugé insuffisant en exploitation, surtout pour le coût d'énergie ⇒ Révision des tarifs encouragée ⇒ Etude en cours tarification eaux PI	Pas d'uniformité dans le pays, injuste ⇒ Révision des tarifs encouragée ⇒ Etude en cours tarification eaux PI
Discussions/ Maintenance	Manque maintenance réseau, pannes (yc nouveau poste de filtration)		Retards dans les réparations
Discussions/ Environnement		Besoin de renforcer les suivis périodiques de la salinité de la nappe phréatique et du sol	Retard dans l'exécution du réseau de drainage (Zaouiet Sousse)

Tableau 10: Synthèse des ateliers GDA REUT de juillet 2017

2.4 Usage récréatif : golfs et espaces verts

Actuellement, la réutilisation de l'eau dans l'irrigation des espaces verts et des terrains de golf demeure très limitée par rapport au potentiel existant. En effet, les chiffres collectés à l'ONAS nous ont permis de trouver qu'uniquement 3.6% de la totalité des eaux usées traitées sont réutilisées pour arroser les terrains de golf contre 0.3% qui sont employées dans l'irrigation des espaces verts. Ceci représente une superficie de 1 040 ha (soit 10 sites différents) pour les terrains de golf et environ 400 ha pour les espaces verts.

	Terrain de golf	Espaces verts
Volume d'eau Réutilisé (m ³ /an)	7 303 245	608 454
Volume d'eau réutilisé Total (m ³ /an)	28 287 053	
Volume d'eau traité par les 66 STEP REUT (m ³ /an)	203 037 559	
Pourcentage par rapport au volume d'eau réutilisé	26%	2%
Pourcentage par rapport à la totalité du volume traité	3,60%	0,30%

Tableau 11 : Pourcentage de volume d'EUT réutilisée dans les TG et les EV¹⁵

➔ Les EUT sont largement utilisés dans les **espaces verts des stations d'épuration**.

➔ Dans le secteur touristique, on trouve quelques cas de REUT pour arroser les **espaces verts d'hôtels** dans la zone touristique de Sousse et un seul à Djerba. Il existe cependant une demande croissante de la part des hôteliers pour utiliser les EUT pour l'arrosage en particulier à Monastir et Sousse.

➔ Dans le secteur de la réutilisation en **parcs et jardins**, on est confronté à plusieurs acteurs institutionnels parmi lesquels on cite : le Ministère des affaires locales, la municipalité, l'Agence nationale de protection de l'environnement, le Ministère de l'équipement.

D'autre part, il existe quelques municipalités (Sousse,...) qui s'approvisionnent en EUT à l'aide de citernes pour l'arrosage des espaces verts.

➔ L'irrigation des **espaces verts routiers** a fait ses preuves depuis 1997, l'année à laquelle le projet pilote a démarré sur les routes de la GP9, le jardin de la méditerranée et l'échangeur GP8/GP9. **L'office de l'aviation civile et des aéroports** a fait un piquage sur ce réseau pour irriguer les espaces verts du boulevard Yasser Arafat. Suite à ça, un autre projet a vu le jour, il consiste à arroser les plantations sur la **route touristique de Monastir** depuis la STEP Frina.

➔ Néanmoins, pour les usages non agricoles, le plus grand consommateur d'EUT reste les **terrains de golf**.

Gouvernorat	STEP	Terrains de golf	Espaces verts
Tunis	Charguia/Cotière Nord	Golf de la Soukra	Route de l'aéroport
		Golf de Gammarth	Espace vert de la STEP

¹⁵ Source : liste des zones de REUT par type d'usage (ONAS, 2016)

Ariana	Choutrana1 et 2		Espace vert de la STEP
Ben Arous	Sud Méliane		Espace vert de la STEP
Nabeul	SE1	Golf Yasmine	
		Golf Citrus	
Béja	Béja		Espace vert de la STEP
Bizerte	Bizerte		Espace vert de la STEP
Kef	Kef		Espace vert de la STEP
Siliana	Siliana		Espace vert de la STEP
Jendouba	Tabarka	Golf Tabarka	
Sousse	Sousse sud		Espace vert de la STEP
	Sousse nord	Golf kantaoui	Espace vert de la STEP
Monastir	Ouerdanine		Espace vert de la STEP
	Sayada-lamata		Espace vert de la STEP
	El frina	Golf flamand rose	Espace vert de la STEP
	Sahline	Golf palm links	Espace vert de la STEP
Kairouan	Kairouan		Espace vert de la STEP
Kasserine	Kasserine		Espace vert de la STEP
	Sbitla		Espace vert de la STEP
Mahdia	Mahdia		Espace vert de la STEP
	Ksour essaf		Espace vert de la STEP
Sfax	Sfax sud		Espace vert de la STEP
	El hancha		Espace vert de la STEP
	Jbeniana		Espace vert de la STEP
	Agareb		Espace vert de la STEP
	Mahres		Espace vert de la STEP
Gabes	El Hamma		Espace vert de la STEP
	Mareth-zarat		Espace vert de la STEP
	Métouia-ouidhref		Espace vert de la STEP
Gafsa	Métlaoui		Espace vert de la STEP
Medenine	Sidi Mehraz	Golf Jerba	
Tozeur	Tozeur	Golf tozeur	Espace vert de la STEP
	Nefta		Espace vert de la STEP
Tataouine	Tataouine		Espace vert de la STEP
Kebili	Kebili		Espace vert de la STEP
	Douz		Espace vert de la STEP

Tableau 12: REUT en Irrigation des terrains de golf et des espaces Verts (Source ONAS, 2017)

Golf	Année de construction	Superficie arrosée (ha)	STEP
Golf Carthage	1993	18	cotière nord+ Charguia
Gammarth	2008	60	cotière nord+ Charguia
Tabarka	1992	45	Tabarka
Sousse Kantaoui	1980	110	Sousse Nord
Hammamet Citrus	1992	90	SE1
Hammamet Yasmine	1990	45	SE1
Monastir Flamand rose	1988	60	Sahline
Monastir Palm Lynks	1994	50	El Frina
Tozeur	2006	90	Tozeur
Djerba	1995	44	Sidi Mehraz

Tableau 13 : Liste des golfs en Tunisie (source : agence foncière du tourisme)

L'arrosage des espaces verts et terrains de golf représente des superficies qui sont en général petites, au regard d'une quantité importante des eaux usées traitées et de la forte demande exprimée par les exploitants. Les principales contraintes sont :

- Absence de **cadre réglementaire**. En effet, la réglementation actuelle se limite à la REUT agricole.
- La **qualité des EUT** qui arrivent chargées en MES à l'origine d'un **colmatage** du réseau du réseau de distribution.
- La nécessité d'un **traitement tertiaire de désinfection** à cause du contact direct d'un public qui ignore les risques sanitaires.

La nécessité de la REUT pour l'arrosage des espaces verts et des golfs ainsi que la demande croissante des exploitants incitent le développement de ce type d'usage. En effet, avec le stress hydrique que connaît la Tunisie, il est important de promouvoir l'utilisation des eaux non conventionnelles vue leur abondance. Il devient primordial de revoir les normes en vigueur et de définir un cadre réglementaire particulier à la REUT dans les espaces verts et les terrains de golf.

2.5 Usage Industriel

A ce jour, la réutilisation des eaux usées traitées en industrie est très limitée, et peu connue. En effet, le cahier des charges de l'agence foncière de l'industrie (organisme chargé de l'aménagement des zones industrielles) ne stipule, ni encourage l'exploitation des EUT sorties des STEP avoisinantes.

Par ailleurs, il existe quelques cas particuliers d'industries qui ont manifesté un intérêt et mis en œuvre la REUT tel que les **marbreries**, la **société sidérurgique d'El Fouledh** (à Menzel Burguiba).

D'autre part, il existe une convention de collaboration entre l'ONAS qui fournit de l'EUT **pour la production de phosphogypse au groupe chimique de Gabes**. Ce dernier se charge de faire un traitement complémentaire des eaux récupérées avant de les remployer. La quantité

des eaux rachetée par le groupe chimique s'élève à 3 000 m³/jour. L'industriel a fait une demande pour augmenter cette quantité à 10 000 m³/j.

En outre, il existe des cas d'industries qui font le traitement et l'épuration de leurs propres eaux usées sur place et les réemploient in situ. On parle alors plus de recyclage que de réutilisation. Nous n'avons pas réussi à trouver des chiffres ni à quantifier les volumes de ces eaux.

D'autres possibilités de réutilisation des EUT ont été envisagées notamment pour le lavage des bus de la société nationale de transport (information : Agence foncière de l'industrie).

2.1 Usage environnemental

Le rejet des EUT dans des milieux aquatiques superficiels dégradés (en qualité ou en quantité) peut permettre, si elles sont de bonne qualité, une amélioration des caractéristiques écologiques de ce milieu. On parle alors d'usage environnemental de la REUT.

Plus de la moitié du volume de la REUT en Tunisie en 2016 correspond à cet usage environnemental, essentiellement dans des zones humides (oueds, sebkhas).

Toutefois lors de notre étude il s'est avéré impossible de rassembler de l'information précise sur cet usage (études, rapports de suivi...). Impossible donc de quantifier plus précisément ni d'évaluer qualitativement la REUT à usage environnemental.

Il nous semble discutable de considérer les rejets dans des zones humides existantes comme un usage régulé et contrôlé des REUT. L'alimentation de la zone humide permet plutôt de préserver un état environnemental existant qui serait dégradé par un rejet d'eaux usées brutes ou par des prélèvements d'eaux conventionnelles. Cette pratique s'apparente plus à un soutien d'étiage, voire à un simple rejet au milieu naturel.

3 ETUDES STRUCTURANTES PORTANT SUR LA REUT

Depuis 2002 et la parution d'une stratégie nationale REUT, de grandes études nationales thématiques ont été produites. Il est clair que **le sujet fait l'objet de beaucoup d'attentions mais de peu de réalisations**. Depuis la mise en place de grands périmètres irrigués et des de l'arrosage d'espaces verts routiers tunisois dans les années 1980 / 1990, peu de gros investissements ont été consacrés à la REUT (si l'on ne prend pas en considération le programme de création / réhabilitation des stations d'épuration qui a pour objectif principal le traitement de l'eau et non sa réutilisation).

Localement, on note en parallèle la planification de programmes de réhabilitation de périmètres irrigués REUT (Borj Touil, El Hajeb, Susse...), la plupart encore au stade des études.

Pour chaque étude, une fiche de synthèse sur 2 pages est proposée en annexe.

3.1 Présentation des études

Année	Client	Bailleur	Titre
2002	ONAS	Etat	Etude de la stratégie nationale de valorisation des eaux usées traitées
2008	Min. santé	Etat	Etude bibliographique sur les pratiques actuelles de réutilisation des eaux usées traitées en agriculture avec recueil épidémiologique
2009	Min. enviro DGEQV	Etat	Etude de faisabilité technico-économique de la recharge artificielle des nappes par les EUT des STEP
2009	Min. enviro DGEQV	Etat	Etude de faisabilité de transfert des EUT des STEP du Grand Tunis vers les zones de réutilisation (phase 1, 2 et 3)
2013	FAO	Banque Mondiale	Etude stratégique des formes de réutilisation des eaux usées en Tunisie - Projet d'investissement dans le secteur de l'eau (PISEAU 2)
2014	Min. santé	Etat	Evaluation de la qualité des eaux usées réutilisées à des fins agricoles en Tunisie - enquête réalisée entre septembre 2012 et juillet 2013
2015	Min. enviro DGEQV	Banque Mondiale	Stratégie nationale de communication et de sensibilisation à l'utilisation des EUT et des boues de STEP et initiation des activités de sensibilisation à l'échelle régionale
2016	Min. agri DGGREE	KFW	Projet d'amélioration de la gestion intégrée des ressources en eau des périmètres irrigués de Mornag – Marché A : Recharge de la nappe – Rapport APS
2017	Min. agri DGGREE	KFW	Etude d'évaluation de la politique tarifaire et révision et mise en œuvre de nouveaux modes de tarification – Tarification binôme des EUT au niveau des PPI – Phase 1 diagnostic

Tableau 14 : Principales études nationales portant sur la REUT depuis 2002

Les thèmes sont variés, et reflètent les multiples difficultés que peut rencontrer la pratique. On note ainsi :

- Des **études stratégiques** (en 2002 et dans une moindre mesure en 2013)
- Des études relatives à l'**optimisation des quantités réutilisées** (recharge, transfert)
- Des synthèses liées à la **qualité sanitaire de l'eau** par le Ministère de la santé
- Des études portant sur les **aspects sociaux et économiques** (sensibilisation, tarification)

Nous proposons dans les paragraphes suivants de retenir quelques idées fortes qui ressortent de ces études.

Pour chaque étude, une fiche de synthèse plus complète, sur 2 pages est proposée en annexe.

3.2 Stratégie ONAS par SERAH (2002) : un optimisme démenti par les faits

La stratégie identifie **des contraintes et des causes** pour expliquer une situation REUT déjà jugée insuffisante :

- liées à **la demande**
 - o Concurrence avec eaux conventionnelles et agriculture pluviale, faible taux d'intensification
 - o Restriction des cultures
 - o Réticence des agriculteurs
- liées à **l'offre**
 - o Qualité des EUT (EUB –salinité, industries polluantes-, performance épuratoire)
 - o Absence de stockage tampon journalier
 - o Absence de stockage inter-saisonnier
- Liées à **des problématiques plus générales**
 - o Cadre institutionnel ambigu et inefficace
 - o Réglementation incomplète : il manque les usages agricoles non restrictifs et d'autres usages
 - o Tarification des ressources conventionnelles pénalisante pour la REUT
 - o Manque de contrôles qualité d'eau au milieu naturel
 - o Information / sensibilisation insuffisantes

Des opportunités sont toutefois mises en évidence :

- Les potentialités de REUT pour les STEP zones touristiques littorales : limitation du débit rejeté en mer pour maîtriser la pollution en zone côtière peut être facteur favorable
- La volonté politique d'une vision plus macro de la gestion des ressources en eau : GIRE
- L'expérience acquise et reconnue de la Tunisie
- Un parc épuratoire en développement

Des priorités d'action sont proposées :

- Explorer les usages non agricoles
- Arrêter une politique durable pour le traitement tertiaire
- Mettre en place un système de suivi et contrôle
- Mettre en place des incitations

Enfin **trois scénarii prospectifs** et contrastés sont établis et évalués :

- ⇒ Un scénario de continuité, poursuite des projets
- ⇒ Un scénario diversifié avec développement des usages non agricoles
- ⇒ Un scénario agricole, lié à la demande

Etude stratégique 2002	Prévision de consommation à horizon 2016			
	REUT agricole (Mm ³)	REUT indirecte (Mm ³)	REUT totale (Mm ³)	Taux de REUT (%)
Scénario continuité	63	40	130	40%
Scénario diversifié	62	37	178	62%
Scénario agricole	81	40	149	57%

Quel que soit le scénario, les volumes réutilisés et les taux de réutilisation projetés pour 2016 sont éloignés de la situation actuelle (pour rappel 61 Mm³ réutilisés et un taux de 19%).

3.3 Impact de la qualité sanitaire des eaux (2008) : un constat mitigé

L'étude analyse des **résultats sanitaires** sur des campagnes de prélèvements d'EUT sur 6 périmètres irrigués entre 2004 et 2006, sur les paramètres vibrions cholériques, salmonelle et œufs de nématodes. Le résultat est contrasté, notamment pour ce dernier paramètre, avec des taux de conformité à la norme NT 106.03 variant entre 3 et 100% selon les périmètres.

D'autres études sur **l'impact environnemental** (menées par l'INAT ou l'INRGREF entre 1997 et 2007) sont également analysées, qui démontrent une accumulation des ETM dans les sols des périmètres irrigués les plus anciens (La Soukra et Oued Souhil). Les valeurs restent toutefois en deçà des seuils réglementaires.

3.4 Faisabilité de la recharge (2009) : des sites favorables identifiés

Les **conditions environnementales optimales** pour un site de recharge de nappe par les EUT sont identifiées (absence de toxicité des EUB, épaisseur de la zone non saturée). Les **coûts unitaires** dynamiques de la recharge sont évalués.

Selon les facteurs identifiés et les taux de pondération, les projets de recharge de différents sites sont **évalués et classifiés** par ordre d'intérêt.

3.5 Transfert des eaux du grand Tunis (2009) : efficace mais coûteux

Des scénarios techniques sont évalués sur le plan technique, économique et environnemental. Ils visent à diriger les EUT des différentes STEP du Grand Tunis vers différents sites potentiels de REUT agricole.

Le scénario retenu est composé du cumul de quatre systèmes différents (une STEP, un territoire alimenté, et souvent un site de recharge de nappe).

En cumul de ces scénarios, les volumes transférables à horizon 2021 seraient de l'ordre de **133 Mm³ pour 200 Mm³** d'EUT produits. Les **coûts d'investissement** par m³ mobilisé et transféré varieraient entre 0.868 et 4.200 DT. A comparer avec les 20 millimes de prix de vente actuelle des EUT, fixé par la Loi.

3.6 Etude stratégique FAO (2013) : des pistes d'améliorations

Des recommandations sont amenées, concernant :

- L'élaboration d'un **plan national** REUT
- L'amélioration de la **qualité des EUT**, via un travail sur les eaux usées brutes (prétraitement des eaux industrielles) et sur le fonctionnement des process épuratoires
- La mise en œuvre de **projets pilotes techniques** (traitement tertiaire extensif et recharge de nappe)
- Une évolution de **l'accompagnement institutionnel**.

3.7 Enquête sanitaire (2014) : les non conformités des EUT

L'étude est basée sur des enquêtes de qualité d'eau menées entre 2012 et 2013. Un relevé de défaillances dans le fonctionnement des STEP a été réalisé, ainsi qu'une série de prélèvements.

Il en ressort des **taux de non-conformité** compris entre 52 et 70% pour la DBO₅, entre 52 et 77% pour la DCO, entre 35 et 40% pour les MES. Les orthophosphates et l'azote ammoniacal sont à 100% de non-conformité, y compris pour les STEP présentant un bon fonctionnement technique, ce qui interroge sur **la pertinence des seuils** fixés pour ces paramètres...

3.8 Stratégie de sensibilisation EUT et boues (2015) : impliquer les usagers

Un **cahier des doléances des usagers** est rassemblé, qui met en évidence :

- un faible taux d'intensification sur les PPI REUT
- des agriculteurs peu impliqués dans la gouvernance
- un manque de coordination entre les acteurs institutionnels
- une tarification estimée trop rigide
- un déficit de connaissance

Un **plan de communication / sensibilisation** est proposé.

En terme d'acceptabilité, les conclusions du rapport mettent en évidence **une meilleure réceptivité pour l'utilisation des boues d'épuration que de l'EUT**. La REUT est par ailleurs moins acceptée dans les régions du Nord, où le stress hydrique est moins fort.

Le constat d'un déficit de connaissances, attitudes et pratiques chez les agriculteurs (usagers de l'EUT ou pas) a incité la mise en place d'une **campagne de vulgarisation de masse** localisée dans **trois régions**. La campagne a eu recours à un spot radio, la diffusion de vidéos ainsi que la distribution de dépliants et des affiches. Cette campagne n'a atteint que 43% du public cible avec un taux de satisfaction moyen et la réduction des déficits de 7 thèmes sur les 18 analysés.

La **méthodologie adoptée dans l'étude est insuffisante** de notre avis. L'approche quantitative CAP (non représentative d'un point de vue statistique) aurait pu et dû être accompagnée d'ateliers participatifs. La proposition de mettre les cellules de vulgarisation des CRDA au cœur du dispositif est irréaliste et contradictoire, puisque l'étude souligne par ailleurs le manque de moyens humains de ces structures.

3.9 Recharge de la nappe de Mornag (2016) : vers un scénario optimal

Le contexte est celui d'une **nappe surexploitée**, dont le niveau a baissé dramatiquement ces dernières années et la qualité détériorée. Des **variantes de recharge** sont identifiées et simulées à partir d'un modèle hydrogéologique, pour réalimenter artificiellement cette nappe à partir de la STEP de Sud Méliane II.

La variante optimale recommandée est celle de 'la barrière hydraulique', composé d'un rideau de forages d'injection. Des **mesures d'accompagnement** visant à réduire les prélèvements sont également proposées.

3.10 Tarification des PPI EUT (2017) : un diagnostic économique contrasté

L'étude correspond à la phase 1 (diagnostic) d'un travail sur l'évolution des **modalités de tarification des eaux agricoles**, volet EUT. Elle se focalise sur 4 périmètres, et y calcule une série **d'indicateurs économiques** dont les coûts réels de l'eau (renouvellement et entretien / gestion) et la valorisation moyenne du m³. L'analyse de l'attitude des acteurs est également réalisée.

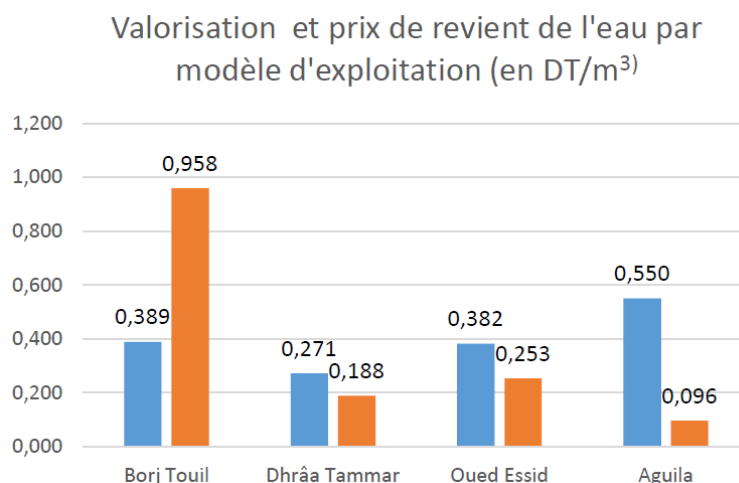


Figure 8 : Etude de tarification des PPI EUT (2017) : comparaison de 4 PPI

L'étude met en évidence de forts contrastes dans la rentabilité économique des périmètres REUT, et prépare la voie à des propositions de modification de tarification, notamment avec la **mise en place du tarif binôme**.

4 TRAVAUX DE RECHERCHE

Trois fiches de synthèse et un tableau récapitulatif des travaux et publications identifiés dans la base de recherche de l'INAT sont proposés en Annexe. Cette investigation sur le sujet n'a pas la prétention d'être exhaustive.

4.1 Présentation générale : axes et thèmes de recherche

Les travaux de recherches dans le domaine de la REUT s'intègrent dans les programmes de recherche dans le domaine de l'eau, dont la finalité est l'élaboration de modèles intégrés de gestion de l'eau et de systèmes de culture qui permettront une valorisation optimale de l'eau compte tenu des ressources

En matière de recherche dans le domaine de la réutilisation des eaux usées traitées, les travaux des différents laboratoires/unités de recherche (INAT, INRGREF, ESIER, CERTE...) ont pour objectif le développement des **axes** suivants :

- i. étudier les possibilités **d'amélioration de la qualité** des eaux traitées,
- ii. **optimiser l'utilisation** des eaux usées traitées et des boues résiduelles en agriculture
- iii. et étudier les **impacts environnementaux et sanitaires** de l'utilisation des eaux et des boues sur le système eau l'utilisation des eaux et des boues sur le système eau-sol-plante.

Les travaux et les actions de recherche, ont porté principalement sur les **thèmes** suivants :

- Etude des performances de certains **procédés d'épuration** et des possibilités **d'amélioration de la qualité** des eaux traitées (traitement complémentaire).
- **Stockage** de surface des effluents secondaires.
- Critères de choix et performances des systèmes d'assainissement rural.
- **Devenir des polluants**, modélisation et évaluation des risques : capacité du sol à atténuer les polluants les polluants au cours d'opération de réutilisation des eaux usées.
- Etude des **systèmes de culture** permettant de valoriser au mieux l'irrigation avec les eaux usées traitées.
- Etude de l'impact des **opérations de recharge** avec des eaux usées traitées sur la qualité des eaux de nappe.
- **Modélisation technico-économique** de la gestion des ressources en eau intégrant la réutilisation des eaux usées.

Notons sur ce sujet de la REUT des partenariats fréquents avec des organismes de recherche français : pour l'INRGREF avec Montpellier (Hydrosciences, INSERM, Faculté de pharmacie, Santé publique), pour l'Université de Sfax avec Limoges.

4.2 Impact environnemental sur le sol : salinisation, accumulation des ETM

4.2.1 Risque de salinisation des sols

La salinisation des sols est souvent due à la qualité de l'eau d'irrigation, couplée parfois à une salinité naturelle liée à des processus hydrogéochimiques exacerbés par des conditions climatiques sévères (stress hydrique).

Elle se traduit par :

- une concentration en sels solubles de la solution du sol qui va provoquer le ralentissement de l'absorption d'eau par les plantes et entraîne leur dépérissement ;
- un enrichissement du complexe argilo-humique par le cation sodium à l'origine d'une augmentation de la sodicité ;
- une déstructuration des agrégats du sol.

Les études concluent que, même si les concentrations en sels dans les EUT sont importantes, le ratio d'adsorption du sodium (SAR) est tel que le **risque de déstructuration des sols est plutôt faible**. Il n'y a donc pas de menace sur le sol en tant que tel, mais sur les plantes sensibles à la salinité, oui, le paramètre 'sels dissous' doit être surveillé.

4.2.2 Risque d'accumulation des ETM dans les sols

L'accumulation des ETM va dépendre de nombreux paramètres :

- quantité et spéciation (forme) des ET apportés par les EUT (lorsque les eaux usées sont d'origine domestique l'apport des éléments traces est très faible en général à la limite de la détection analytique),
- adsorption/ absorption et mobilité dans le sol en lien avec la spéciation pré-citée,
- efficacité de l'épuration, les ET étant normalement concentrés dans les boues d'épuration

Une dynamique d'accumulation a été observée dans les sols d'anciens périmètres (Mornag, Nabeul), mais la biodisponibilité des ETM reste faible. **L'absence d'effets de long terme sur les sols, les plantes et les eaux souterraines** a été constatée après 40 ans de REUT à la Soukra.

4.2.3 Risque de détérioration de la qualité de l'huile d'olive

Plusieurs travaux de l'Institut de l'olivier mettent en évidence l'absence d'impact négatif de la REUT sur la qualité de l'huile d'olive et une amélioration de la quantité d'huile.

En particulier, sur les variétés Chétoui et Picholine, les résultats obtenus mettent en évidence une **augmentation du rapport pulpe / noyau** et de la production d'olives en cas d'irrigation par les EUT. **Aucune contamination bactérienne mesurable** n'a été décelée sur les fruits provenant des parcelles irriguées par les EUT. Les huiles extraites appartiennent toutes à la catégorie vierge extra.

Leurs **indices de qualité** ainsi que leur composition en acides gras sont **indépendants de l'origine des eaux** d'irrigation. Les EUT n'impactent pas la qualité de l'huile d'olive.

4.2.4 Impact sur la qualité microbiologique des récoltes en arboriculture

Des études menées, notamment sur les périmètres de Ouerdanine (Monastir), démontrent pour l'arboriculture qu'il n'y a pas plus de contamination microbiologique des fruits cueillis sur des parcelles irriguées avec les EUT qu'avec des eaux conventionnelles.

4.2.5 Projet global INRGREF 2002

Les résultats d'un programme de recherche mené de 1981 à 1987 par l'INRGREF sur des fonds de l'UNDP, et poursuivi depuis, et les travaux de **synthèse d'Akiça BAHRI (2002)** mettent essentiellement en évidence :

- une salinité de l'effluent à prendre en compte, même si le risque de sodisation des sols peut être écarté en raison de la concentration en Ca des eaux,
- une variabilité dans les concentrations en N et P, qui exige d'ajuster les stratégies de fertilisation,
- une absence de modification des propriétés physiques des sols,
- une absence d'accumulation d'éléments traces métalliques,
- pas de contamination microbienne dans les sols,
- une contamination microbienne du fourrage après irrigation, résorbée en 7 à 10 jours en fonction des conditions climatiques,

5 ASPECTS PSYCHOSOCIAUX, ACCEPTABILITE

5.1 Freins sociaux et facteurs de refus

Les émotions et jugements associés aux eaux usées traitées ont été abordés par de **nombreux documents**¹⁶ en Tunisie : articles scientifiques, rapports de bureau d'études ou des documents de projet. Cependant, **ces enquêtes ne sont pas systématiques**, elles ne reposent pas toujours sur des méthodes empiriques, elles se sont généralement focalisées sur une zone géographique et concernent principalement les usages agricoles. **Aucun rapport national consolidé n'a été trouvé.**

Globalement l'adhésion des citoyens tunisiens est fortement liée à la **pénurie d'eau**. Lorsque l'eau usée traitée est la seule source disponible dans une zone L'approbation du public n'est pas une difficulté majeure.

Les principaux freins sociaux identifiés dans ces documents sont :

- La qualité de l'eau (microbiologique et salinité)
- Perception des risques (sanitaire et environnementaux)
- L'odeur
- La proximité avec la station d'épuration
- Le manque d'information
- La confiance vis à vis de l'Etat
- La disponibilité de l'eau
- L'influence des pairs (notamment chez les agriculteurs)
- Le rôle de la religion est parfois cité mais aucune indication empirique n'a été trouvée.

Selon les agriculteurs tunisiens, il n'y a pas de problème de commercialiser leurs produits même si les consommateurs sont informés sur le mode de production. Enfin, certains agriculteurs utilisent les eaux usées traitées pour l'irrigation en espérant être ainsi privilégiés lors de la répartition des terres.

La littérature internationale donne des clés de compréhension complémentaires sur les comportements liés à la REUT. Les recherches sur ce domaine ont montré que les principaux facteurs de refus des EUT sont :

- la **perception du risque**¹⁷, liée principalement aux risques sanitaires auxquels l'utilisateur est confronté mais aussi aux risques sanitaires qui pourraient atteindre les produits agricoles et le consommateur par la suite.
- la **confiance vis-à-vis des autorités**¹⁸ : le manque de confiance dans les institutions qui gèrent le système de REUT engendre une perception négative de la qualité des EUT et provoque le refus.

¹⁶ Notamment : Schüttrumpf et Mauderli, A (2002), Neubert et Benabdallah (2003), Selmi (2007), Bahri (2008)

¹⁷ STENEKES N et al., Risk and governance in water recycling, **Science, technology and human value**, 2006, N°31-2, p. 107-133.

- la **notion de justice¹⁹ entre les territoires**. Un sentiment d'injustice sociale peut émerger entre les habitants des zones urbaines et touristiques et des zones rurales et agricoles qui sont amenées à réutiliser les rejets des premiers.
- le **sentiment de dégoût** provoqué par l'usage de ces eaux dont le recyclage représente aux yeux des habitants une « rupture avec les habitudes et représentations héritées »²⁰ (Barbier, 2009) : On parle aussi de « yuck factor » ou « facteur beurk », cette perception provient du fait que les usagers ont une image ancrée sur l'origine de ses eaux d'assainissement, donc provenant des excréments, des urines et tout autre saleté produite par l'homme.

5.2 Perception et représentation sociale des agriculteurs

Dans le cadre de l'élaboration d'une **stratégie nationale de communication et de sensibilisation** à l'utilisation des EUT et des boues de STEP²¹, une enquête a été menée pour identifier et mesurer les déficits de comportement vis à vis de ces ressources alternatives mais aussi pour décrire des groupes cibles de la campagne de sensibilisation. Cette enquête CAP1 n'était pas une étude exhaustive mais plutôt un aperçu de la situation. Un échantillon de **900 individus** représentant des **usagers actuels et potentiels** et issus **3 régions** (nord, centre et sud) a été sollicité.

Cette étude met en avant que la perception de la REUT par les agriculteurs est principalement déterminée par :

- La **disponibilité de la ressource conventionnelle** : l'acceptation est plus importante dans les petits périmètres irrigués du centre et du sud que dans les régions du nord où l'eau conventionnelle est plus abondante.
- Les **caractéristiques de l'exploitant** : les agriculteurs traditionnels et les propriétaires terriens privilégient les pratiques traditionnelles et ils ont une posture défensive face à la REUT. Les entrepreneurs agricoles jugent plus favorablement l'intérêt productif et financier de la REUT.
- **L'âge de l'exploitant et son niveau d'instruction** est aussi un facteur à prendre en compte dans l'acceptation de la REUT. En outre, le degré d'importance de l'activité agricole par rapport au chef d'exploitation est aussi une cause de refus, tant que l'exploitation agricole représente une source principale de revenu de l'exploitant la REUT a de fortes chances d'être acceptée notamment les éleveurs qui ont l'occasion de produire du fourrage à moindre coût.

¹⁸ MARKS J.S., MARTIN B., ZADOROZNYJ M., Acceptance of water recycling in Australia: national baseline data, *Water*, 2006, V33-2, p. 151–157.

¹⁹ PO M., KAERCHER J.D., NANCARROW B.E., Literature Review of Factors Influencing Public Perceptions of Water Reuse, *CSIRO Land and Water-Technical report*, 2003,54/03. And. PO M., NANCARROW B. E., LEVISTON Z., POTER N. B., SYME G. J., and KAERCHER J. D. , Predicting Community Behaviour in Relation to Wastewater Reuse: What Drives Decisions to Accept or Reject? Perth, *CSIRO*, 2005.

²⁰ BARBIER R, Le buveur d'eau et le recyclage des eaux usées, *Espaces et sociétés*, 2009, 4 n°139, p. 107-121. DOI : 10.3917/esp.139.0107

²¹ CIP, ASCONIT, Stratégie nationale de communication et de sensibilisation à l'utilisation des EUT et des boues de STEP et initiation des activités de sensibilisation à l'échelle régionale – Ministère de l'équipement et de l'environnement, DGQV, 2013

- **L'expérience** détermine les attitudes des acteurs face à la REUT. Le vécu quotidien de l'agriculteur qui voit et sent la qualité des eaux à travers la borne de son voisin et qui observe les problèmes vécus par ses pairs renforce la réticence de certains agriculteurs à adhérer malgré la présence de bornes.
- La **culture locale**, les **freins culturels** tels que la **religion** seraient aussi des facteurs de refus tant que la communauté n'est pas rassurée par un message adapté et clair.

Les représentations sociales des EUT peuvent être analysées par plusieurs techniques notamment par l'analyse de la structure de ces représentations et de leur noyau central²², c'est-à-dire comment les acteurs sociaux définissent les EUT en tant qu'objet social ou objet de pratique sociale. Ceci nous donne une vision structurée de la perception des acteurs sociaux sur un objet et comment ils raisonnent par rapport à cet objet.

Un exemple pertinent a été réalisé dans le cadre d'une étude de référence pour le projet SWIM avec notamment l'élaboration d'une **carte cognitive** des agriculteurs de **Oueljet El Khodhr à Médenine**. Cette carte présente une vision détaillée sur la perception des EUT par les agriculteurs en fonction des caractéristiques des exploitants. Elle révèle l'existence de trois attitudes principales face à la REUT :

1. **Acceptation et valorisation** notamment chez deux exploitants entrepreneurs qui ont bénéficié de ces eaux pour développer leurs projets ;
2. **Acceptation prudente** en tenant en compte des nuisances et des risques sanitaires liés à cette eau surtout chez les petits exploitants ;
3. **Refus et indignation** d'une large majorité d'exploitants qui considèrent les eaux sales et impures. Cette idée a été accentuée par une rumeur sur le déversement des eaux usées de l'hôpital chargées en sang impur dans les réseaux d'assainissement qui mènent à la STEP.

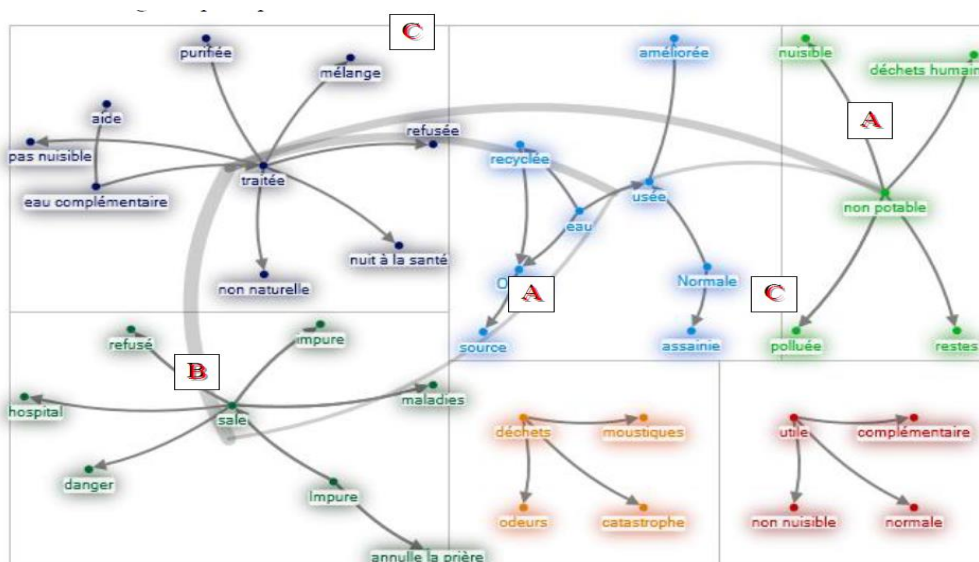


Figure 9: Carte cognitive des EUT chez les bénéficiaires du PPI de Oueljet El Khodhr à Médenine²³

²² Abric, J.C. 2001. « L'approche structurale des représentations sociales : développements récents ». Psychologie et société. Vol. 2, n° 4, pp. 81-104.

²³ Bureau TPAD, Mission pour l'étude d'évaluation de la situation de référence du système de traitement et de réutilisation des E.U.T de la STEP de Médenine et la proposition d'un projet pilote

Facteurs de refus :

Selon l'enquête CAP1, les facteurs qui semblent déterminants pour l'acceptation de la REUT sont l'aspect sanitaire et les risques d'infections pour l'utilisateur/l'agriculteur ; la qualité de l'eau et les restrictions sur les cultures pour la REUT. Ce classement, bien que directif²⁴, présente les disparités des perceptions des inconvénients à l'usage de la REUT selon la région et surtout selon la rareté de la ressource et les conditions climatiques.

Inconvénients des EUT	Classement des inconvénients des EUT			
	1 Nord	2 Centre	3 Sud	Total
risque d'infection pour les usagers	3	2	1	1
qualité de l'eau non satisfaisante/mauvaise	1	1	6	2
usage restreint sur cultures spécifiques	3	3	3	3
salinisation du sol	2	5	4	4
risque d'infection pour le consommateur	5	4	2	5
irrégularité d'approvisionnement	6	6	5	6
ne sait pas	7	7	7	7
aucun inconvénient	9	7	8	8
gestion difficile / usure du matériel	8	9	9	9

Figure 10: Inconvénients de la REUT

Facteurs d'acceptation :

Les facteurs d'acceptation présentés par les résultats de l'enquête CAP1 sont les avantages économiques et productifs comme listés dans le tableau suivants.

Avantages des EUT	Classement des avantages des EUT			
	1 Nord	2 Centre	3 Sud	Total
rendement plus élevé	2	1	1	1
substitut au manque d'eau	1	2	2	2
fertilisation améliorée	5	4	2	3
coût de l'eau avantageux	4	3	4	4
aucun avantage	2	5	4	5
ne sait pas	5	6	6	6

Figure 11: Avantages de la REUT

d'amélioration de ce système (SWIM TN BA) : Rapport de la phase I « Etude d'évaluation de la situation de référence », Programme De Gestion Durable Et Intégrée De L'eau (SWIM), GIZ-ONAS, 2013.

²⁴ Le questionnaire tend à orienter les réponses des enquêtés et ne prévoit pas des alternatives aux items proposés pour le répondant ; en outre on n'a pas noté l'utilisation de questions ouvertes qui donnent à l'enquêté la liberté d'exprimer les raisons de son choix et d'enrichir l'analyse par des aspects qualitatifs.

ANNEXES

1. Focus sur une opération spécifique : Ouerdanine

Ce petit périmètre irrigué a été créé en 1997 et a fait l'objet d'une rénovation et extension en 2007. Il est aujourd'hui considéré comme une opération exemplaire par la DGGREE.

Contexte

La ville de Ouerdanine se trouve dans le gouvernorat de Monastir. Elle est située au centre de la grande oliveraie du Sahel et sur l'axe reliant Monastir à M'saken. Son climat est sec et la pluviométrie y est faible (320 mm par an en moyenne).

Ouerdanine est située sur une nappe phréatique (nappe de Ouerdanine / Sahline) plus ou moins salée. Les agriculteurs ont fortement exprimé une demande de REUT en sortie de la STEP qui produit 1 500m³/jour depuis 1993.

En 1997, l'Etat y a réalisé un PI d'une superficie de 50 ha, irrigué à partir des EUT provenant de la STEP de Ouerdanine.

Composantes d'aménagement du périmètre

En 1993, le PI d'origine est composé de :

- Une station de pompage et un réservoir de mise en charge de 500 m³
- Une conduite de refoulement (250 mm de diamètre)
- 21 bornes d'irrigation
- Ouvrage de contrôle et de régulation
- Réseau de pistes agricoles
- Brise vent

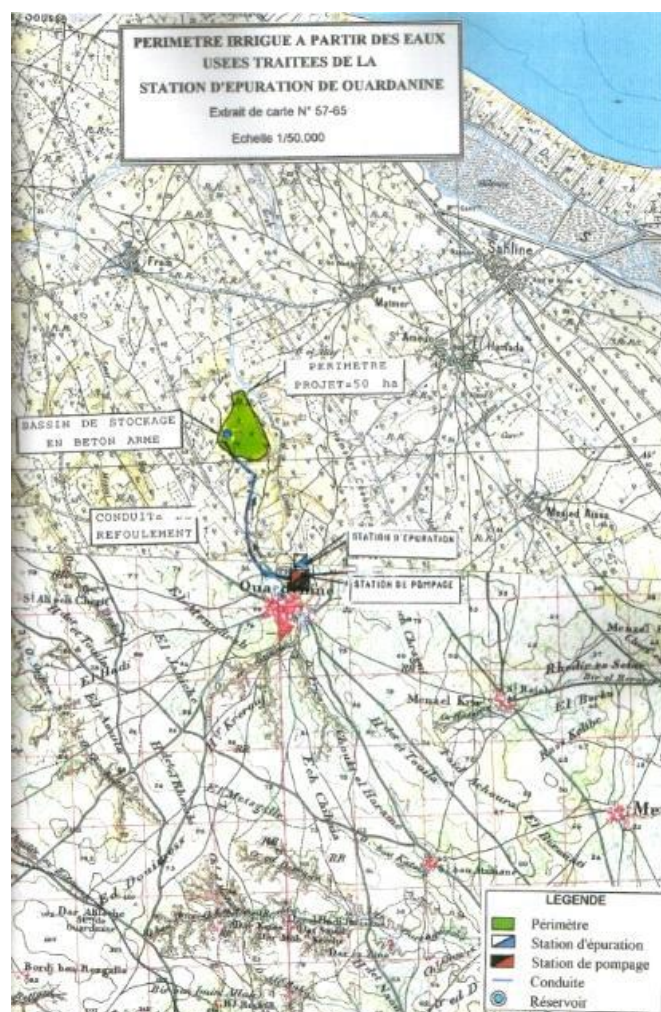


Figure 12: Plan du PI de Ouerdanine²⁵

Les cultures et les techniques d'irrigation pratiquées

Les cultures pratiquées dans cette zone sont :

- Arbres fruitiers 34 ha
- Oliviers 11 ha
- Cultures fourragères 2 ha
- Irrigation complémentaire des oliviers 15 ha

Les techniques d'irrigation reposent sur des techniques d'économie d'eau. Leur installation et mise en place ont été subventionnées par l'Etat.

- L'irrigation localisée par ajutage (utilisée pour les arbres fruitiers ou dans les pépinières)
- L'irrigation de surface améliorée par conduites en PVC (pour les cultures fourragères)

La gestion du périmètre de Ouerdanine

D'après la DGGREE, il existe 40 bénéficiaires d'EUT dans le périmètre de Ouerdanine. Le PI est géré simultanément par le GDA et le CRDA. Comme mentionné auparavant, le GDA s'occupe de la vente d'eau alors que le CRDA est chargé de l'entretien et de la maintenance des réseaux.

²⁵ Source : DGGREE

A noter que le Président du GDA est un technicien agricole et agriculteur, très actif.

Contraintes identifiées sur le périmètre

Au milieu des années 2000, quelques années après la mise en place du périmètre, un premier constat de fonctionnement est fait. En demande de pointe, la réutilisation des eaux usées traitées à Ouerdanine ne représente que 40% de la quantité totale des eaux usées traitées. De fait, bien que le périmètre s'en sorte bien, des contraintes subsistent :

- Les EUT présentent un excès de matières en suspension (MES) et de demande chimique en oxygène (DCO), dus à une surcharge organique de la STEP. Ces causes ont conduit à un dépôt de boues dans les ouvrages et à la corrosion de quelques équipements hydrauliques et le colmatage rapide du réseau d'irrigation.
- Il y a un manque de coordination entre l'ONAS et le CRDA, qui conduit à la fermeture ponctuelle de la conduite d'arrivée d'eau en cas de mauvaise qualité, sans réelle préparation.
- Les pompes tombent en panne régulièrement.
- Le faible tarif de vente des EUT ne couvre pas les frais d'exploitation et de maintenance.
- La faible capacité de stockage et de régulation cause une inadéquation entre l'offre en EUT et la demande des agriculteurs.

Mesures correctives : rénovation du périmètre en 2007

De nouvelles mesures ont été mise en œuvre en 2007 pour remédier aux contraintes mentionnées :

- Augmentation de la capacité de stockage d'EUT (construction d'un bassin de stockage de 1000 m³ à côté de la STEP).
- Introduction de traitements complémentaires pour diminuer les MES (réalisation d'un filtre à sable et d'un filtre à disque).
- Une extension du périmètre irrigué de 25 ha (+ 50%).

Par ailleurs, l'ONAS prévoit une réhabilitation de la STEP de Ouerdanine, non encore effectuée.

Suivi des paramètres économiques du périmètre irrigué

Le périmètre de Ouerdanine est intéressant car sa réussite a été évaluée à l'aide de paramètres technico-économiques variés.

	1997	2001	2014
Production	Olivier extensif (50 pieds/ha)	Pêcher intensif (500 pieds/ha)	-
Rentabilité (DT/ha)	500	30 000	-
Main d'œuvre employée (j/ha)	25	155	-
Prix du foncier (DT/ha)	5 000	9 000	40 000

Ouerdanine est considéré comme le premier pilote d'un nouveau modèle de REUT.

2. Fiches de synthèse 'Etudes'

Etude de tarification pour les PPI EUT – phase 1 diagnostic – (2017)

TITRE :	PISEAU II – Mesures d'accompagnement Etude d'évaluation de la politique tarifaire et révision et mise en œuvre de nouveaux modes de tarification – Tarification binôme des EUT au niveau des PPI – PHASE 1 Diagnostic		
ANNEE(S) :	Mai 2017 (version provisoire)		
COMMANDITAIRE :	Ministère de l'agriculture – DGGREE		
AUTEUR(S) :	AHT GROUP AG – SCET Tunisie		
FINANCEMENT (le cas échéant programme international) :	KFW		
NIVEAU GEOGRAPHIQUE :	- International ☐ - National ☒ - Régional ☐ - Local ☐		
TYPE D'ETUDE :	- Plan stratégique ☐ - Etude de faisabilité ☐ - Etude économique ☒ - Avant-projet ☐ - Projet ☐ - Etude d'impact ☐ - Retour d'expérience ☐ - Autre... ☐		
OBJECTIFS DE L'ETUDE (en quelques points) :	- Evaluation de la tarification dans les PPI utilisant les eaux usées traitées (PPI – EUT) / <i>PHASE 1 DIAGNOSTIC</i> / - Travail focalisé sur 4 périmètres : Borj Touil (Ariana), Dhrâa Tamar (Kairouan), Oued Essid (Kasserine) et Aguila (Gafsa) <i>NB : la tarification binôme n'est jusqu'ici pas appliquée aux périmètres EUT</i>		
METHODE EMPLOYEE (en quelques points) :	- Rappel du cadre institutionnel de la tarification des eaux d'irrigation, et du cas spécifique des EUT (tarification monôme fixée à 20 DT/m³) - Rappel du cadre institutionnel de gestion des EUT - Description des 4 périmètres - Evaluation du coût de revient - Analyse de la tarification et du recouvrement sur les 4 périmètres - Evaluation de l'impact de la tarification sur les budgets d'exploitation - Analyse des attitudes des différents acteurs		
CONCLUSIONS (en quelques points) :	- Coûts de revient de l'eau sur la base du coût annuel de renouvellement et des coûts d'entretien et de gestion : - o Borj Touil 0.958 DT/m³ - o Dhrâ Tamar 0.188 DT/m³ - o Oued Essid 0.253 DT/m³ - o Aguila 0.096 DT/m³ avec la prise en charge de 50% des frais de pompage par la Compagnie nationale de phosphate de Gafsa, sinon 0.113 DT/m³ - Tarification et recouvrement - o Borj Touil : le prix de vente est de 20 millimes/m³, les		

	ventes d'eau recouvrent 2% des charges ○ Dhrâ Tamar : 20 millimes, charges couvertes à 11% ○ Oued Essid : 20 millimes, charges couvertes à 49% ○ Aguila : 24 millimes, charges couvertes à 25% - Valorisation de l'eau ○ Borj Touil : valorisation moyenne de l'eau 0.389 DT/m³, part de l'eau dans les charges variables 17% ○ Dhrâa : valorisation 0.271 DT/m³, eau 12% charges ○ Oued Essid : valorisation 0.382 DT/m³, eau 18% charges ○ Aguila : valorisation 0.550 DT/m³, eau 12% charges - Analyse de l'attitude des acteurs ○ <u>Propriétaires exploitants</u> : constatent pb qualité d'eau (détérioration réseau et matériel), pb restrictions de cultures ▪ Leur vision ; améliorer la qualité pour pratiquer toutes les cultures dont celles plus rémunératrices ○ <u>GDA</u> : satisfont les besoins des abonnés au moindre coût parfois au détriment de la pérennité des aménagements ▪ Leur souhait : doter le GDA d'un statut, d'un pouvoir de police, et d'un appui continu du CRDA pour améliorer la performance des installations ○ <u>CRDA</u> : considèrent la gestion d'un PPI EUT comme une charge financière et que l'utilisation de ces eaux est une alternative à court terme à l'insuffisance des eaux conventionnelles ▪ Leurs éléments de stratégie : améliorer le traitement des EUT, minimiser et prioriser les interventions
AUTRES COMMENTAIRES :	- Lorsque les compteurs sont endommagés par les EUT, il y a facturation à l'heure d'irrigation ou bien forfait d'un volume théorique en fonction de la culture et de la surface

APS sur la recharge de la nappe de Mornag par les EUT (2016)

TITRE :	Projet d'amélioration de la gestion intégrée des ressources en eau des périmètres irrigués de Mornag – Marché A : Recharge de la nappe – Rapport APS		
ANNEE(S) :	2016		
COMMANDITAIRE :	Direction Générale du Génie Rural et de l'Exploitation des Eaux (CRDA de Ben Arous)		
AUTEUR(S) :	AHT GROUP AG / SCET		
FINANCEMENT (le cas échéant programme international) :	- KFW		
NIVEAU GEOGRAPHIQUE :	- International ☐ - National ☐ - Régional ☐ - Local ☒		
TYPE D'ETUDE :	- Plan stratégique ☐ - Etude de faisabilité ☐ - Etude économique ☐ - Avant-projet ☒ - Projet ☐ - Etude d'impact ☐ - Retour d'expérience ☐ - Autre... ☐		
OBJECTIFS DE L'ETUDE (en quelques points) :	- Nappe de Mornag menacée par une baisse alarmante et localement une détérioration de la qualité - 2 possibilités de soutien - o Recharge par les EUT de la STEP de Sud Meliane II, après traitement tertiaire - o Recharge par les eaux du Canal Medjerda Cap Bon - L'étude APS doit détailler les points suivants : - o Les résultats de la modélisation hydrogéologique - o Le dispositif de recharge - o Les propositions d'amélioration du fonctionnement de la STEP - o Les mesures de suivi et de contrôle de la qualité de l'eau usée traitée, des sols et des eaux souterraines et superficielles - o Impacts potentiels environnementaux et socio- économique de la réutilisation des eaux usées traitées pour la recharge artificielle de la nappe de Mornag - o La conception de la station de traitement tertiaire - o L'estimation des coûts et les analyses financières et économiques		

METHODE EMPLOYEE (en quelques points) :	- Description du contexte physique et humain - Bilan hydrique de la nappe et constat de l'intrusion marine - Diagnostic de la STEP et de la qualité de ses eaux (suivi 2010 - 2015 de la conductivité, de la DBO5 et des ETM) - Identification de variantes de recharge : à travers le réseau hydrographique, les puits et forages, des bassins d'infiltration, en extension du dispositif existant (carrières) - Elaboration et utilisation d'un modèle hydrogéologique - Identification de la variante optimale de recharge - Identification de mesures d'accompagnement pour réduire les prélèvements, à travers un organisme de gestion - Analyse financière et économique sur 3 scénarios : sans projet, avec forages d'injection, avec mesures d'accompagnement uniquement
CONCLUSIONS (en quelques points) :	- La variante optimale de recharge par les EUT est celle de la 'barrière hydraulique' (forages d'injection) - En parallèle un programme de mesures d'accompagnement devrait être mis en place pour réduire les prélèvements à travers une gestion participative
AUTRES COMMENTAIRES :	- -

Stratégie nationale de communication et sensibilisation (2015)

TITRE :	Stratégie nationale de communication et de sensibilisation à l'utilisation des EUT et des boues de STEP et initiation des activités de sensibilisation à l'échelle régionale		
ANNEE(S) :	2013-2015		
COMMANDITAIRE :	DGEQV		
AUTEUR(S) :	CID-ASCONIT		
FINANCEMENT (le cas échéant programme international) :	WB - PISEAU II		
NIVEAU GEOGRAPHIQUE :	- International ☐ - National ☒ - Régional ☐ - Local ☐		
TYPE D'ETUDE :	- Plan stratégique ☒ - Etude de faisabilité ☐ - Etude économique ☐ - Avant-projet ☐ - Projet ☐ - Etude d'impact ☐ - Retour d'expérience ☐ - Autre... ☐		
OBJECTIFS DE L'ETUDE (en quelques points) :	- Evaluation des connaissances, attitudes et pratiques liées à la REUT et aux boues traitées - Diagnostic des problématiques liées à l'utilisation des EUT et de la boue - Elaboration d'une stratégie de communication quinquennale (2015-2019) et de vulgarisation en faveur de la REUT et de la réutilisation de la boue et sa mise en œuvre dans des régions pilotes (Nabeul, Gabes et Kairouan) - Evaluation de la campagne pilote		
METHODE EMPLOYEE (en quelques points) :	- Enquêtes par sondage (quota) CAP 1 et CAP 2 (Enquête centrée sur les connaissances, les attitudes et les pratiques des agriculteurs), (CAP : connaissance, attitudes, pratique) - (CIV) campagne intensive de vulgarisation - (TCP) Théorie du comportement planifié - Communication de masse/Vulgarisation de masse - Chaines de résultat - L'étude consiste en quatre volumes : V1 : PHASE 1 : SITUATION ACTUELLE ENQUETE CONNAISSANCES, ATTITUDES, PRATIQUES (CAP1) V2 : PHASE 2 : ELABORATION DE LA STRATEGIE V3 : PHASE 3 : REALISATION ET INITIATION DES ACTIVITES DE SENSIBILISATION AU NIVEAU REGIONAL V4 : PHASE 4 : EVALUATION DE L'IMPACT DE LA CAMPAGNE DE SENSIBILISATION (CAP2)		
CONCLUSIONS (en quelques points) :	- Constats généraux - o Faible intensification au niveau des PPI REUT et peu d'élevage - o Agriculteurs peu impliqués dans la gouvernance des PPI - o Qualité des eaux produites à améliorer (conformiser avec les normes) - o Meilleure réceptivité par rapport l'utilisation des boues - o Manque de coordination et de vision commune entre les intervenants institutionnels		

	○ Tarification rigide et non adaptées aux fluctuations des couts de production ○ Déficit de connaissances, attitudes et pratiques ne touche pas que les usagers de la REUT, les autres agriculteurs ont les mêmes lacunes ; ○ La REUT est moins acceptée dans les régions du Nord ○ La campagne n'a atteint que 43% du publique cible ; ○ Avec un taux de satisfaction moyen et la réduction des déficits de 7 thèmes sur 18 analysés
AUTRES COMMENTAIRES :	Selon nous la méthode employée a ses limites : - Le diagnostic par sondage uniquement ne fait que réduire le phénomène de réutilisation des produits des STEP à « CAP : connaissance, attitudes et pratiques » ; ils auraient dû combiner le quantitatif avec des méthodes qualitatives révélatrices de sens comme les entretiens et le focus groups afin de développer l'aspect participatif, - Pour l'enquête CAP 1 le BE aurait pu avoir des résultats plus représentatifs en adoptant un échantillon statistique au lieu du Quota ; - Pour CAP 2 le BE aurait dû reprendre les agriculteurs enquêtés lors de CAP 1 (enquête panel) Pour évaluer de manière objective les impacts de leur campagne - Cette stratégie a été formulée essentiellement à partir d'un sondage peu représentatif (10 à 15 points d'erreur) soit un degré de confiance $\alpha = 15$ et peu de concertation et d'implication des différents intervenants pour la réalisation du plan d'action ; - Le BE se contredit lorsqu'il recommande que l'AVFA mène cette campagne : d'une part dans le diagnostic il affirme que les services de vulgarisation sont dépourvus de RH et de moyens roulants et de l'autre ils le mettent comme chef de file dans la réalisation d'une campagne intensive de communication qui devait se prolonger pour cinq ans ;

Enquête du Ministère de la santé sur qualité des EUT (2014)

TITRE :	Evaluation de la qualité des eaux usées réutilisées à des fins agricoles en Tunisie		
ANNEE(S) :	2014 (enquête réalisée entre septembre 2012 et juillet 2013)		
COMMANDITAIRE :	Ministère de la Santé, Direction de l'hygiène du milieu et de la protection de l'environnement		
AUTEUR(S) :	Idem		
FINANCEMENT (le cas échéant programme international) :	Etat tunisien		
NIVEAU GEOGRAPHIQUE :	- International ☐ - National ☒ - Régional ☐ - Local ☐		
TYPE D'ETUDE :	- Plan stratégique ☐ - Etude de faisabilité ☐ - Etude économique ☐ - Avant-projet ☐ - Projet ☐ - Etude d'impact ☐ - Retour d'expérience ☒ - Autre...		
OBJECTIFS DE L'ETUDE (en quelques points) :	- Contribuer à la prévention des risques liés à la réutilisation des eaux usées traitées en agriculture en initiant les actions suivantes : - o caractériser les STEP alimentant les PI - o évaluer la qualité microbiologique et physico-chimique des EUT et leur conformité par rapport aux normes en vigueur - o renforcer les capacités techniques des hygiénistes - o mettre en œuvre des mesures correctives - o mettre en place une banque de données pour la gestion des informations - o instaurer un système de surveillance systématique		
METHODE EMPLOYEE (en quelques points) :	- Visites de contrôle des STEP, sur la base d'un modèle d'enquête préétabli : - o description des procédés - o identification des dysfonctionnements - Prélèvements pour évaluer la qualité des EUT vav de la norme NT 106.3 (REUT) et NT 106.03 (rejet), au niveau des stations de pompage alimentant les PI, par échantillonneur automatique 24h - Amenée des échantillons : - o au Laboratoire central d'analyses et d'essais pour la physico-chimie et les métaux lourds - o au Laboratoire du contrôle des eaux et des denrées alimentaires de l'Institut Pasteur de Tunis pour la microbio - o au laboratoire de santé publique de Nabeul pour la recherche des œufs d'helminthes - 19 STEP, 63 campagnes de prélèvements, 3 campagnes pour la plupart des PI (sept-déc 2012, janv-mar 2013, avr-jul 2013), 5 campagnes pour		

Chotrana, SE4 et Bizerte	
CONCLUSIONS (en quelques points) :	- Relevé de défaillances - o mécaniques (dégrilleurs, dessableurs, deshuileurs, traitement primaire, aérateurs, racleurs de surface, recirculation des boues...) - o de fonctionnement (mousses, boues noircissantes, boues flottantes, débris et matières flottantes, couleur rose (dysfonctionnement du lagunage naturel et anoxie)) - Traitement de la DBO₅, valeur limite NT 106.02 fixée à 30 mg/L²⁶ - o 52% non-conformité au premier passage (automne), pics à plus de 100 mg/L - o 58% au deuxième passage (hiver), pics à près de 150 mg/L - o 70% au troisième passage (fin printemps début été), pics à plus de 150 mg/L - Traitement de la DCO, valeur limite NT 106.02 fixée à 90 mg/L²⁷ - o 52% non-conformité au premier passage (automne), pics à plus de 300 mg/L - o 47% au deuxième passage (hiver), pics à plus de 400 mg/L - o 77% au troisième passage (fin printemps début été), pics à plus de 500 mg/L - Matières en suspension : entre 35 et 40% de non-conformité, valeur limite NT 106.03 fixée à 30 mg/L²⁸ - Orthophosphates PO₄³⁻ : 100% de non-conformité, valeur limite NT 106.03 fixée à 0.05 mg/L²⁹ - Azote ammoniacal NH₄⁺ : 100% de non-conformité, valeur limite NT 106.03 fixée à 1 mg/L - Cd et Pb : aucun dépassement - Variabilité entre les ratios DBO₅ / DCO : indicateur de rejets biodégradables ou industriels - Bactério : coliformes et streptocoques 97% de non-conformité, salmonelle détectée dans 5% des échantillons, vibron cholérique non détecté - Parasito : détection dans 5% des échantillons
AUTRES COMMENTAIRES :	- Recommandations suite à l'étude - o Suspendre l'utilisation des EUT non conformes à la norme NT 106.03 (REUT agricole) - o Assurer un contrôle régulier des EUT agricoles selon la réglementation - o Responsabiliser les fournisseurs d'EUT - o Revoir les procédés de traitement des eaux - o Veiller à l'application de la réglementation en vigueur - o Réviser la norme 106.03 relative à la REUT agricole pour y intégrer des paramètres microbiologiques - o Mettre à disposition des contrôleurs sanitaires des outils d'aide à la gestion de crise - o Concevoir et exécuter des programmes de communication

²⁶ Limite DBO₅ en France pour les rejets de STEP : 25 mg/L pour les STEP produisant plus de 120 kg/j de DBO₅, 35 mg/L pour les STEP produisant moins

²⁷ Limite DCO en France pour les rejets de STEP : 125 mg/L pour les STEP produisant plus de 120 kg/j de DBO₅

²⁸ Limite MES en France pour les rejets de STEP : 35 mg/L pour les STEP produisant plus de 120 kg/j de DBO₅

²⁹ Limite P en France pour les rejets de STEP dans les zones sensibles à l'eutrophisation : 2 mg/L pour les STEP produisant plus de 600 kg/j de MES (6 mg/L PO₄³⁻), 1 mg/L pour les autres (3 mg/L PO₄³⁻)

Etude stratégique FAO (2013)

TITRE :	Etude stratégique des formes de réutilisation des eaux usées en Tunisie Projet d'investissement dans le secteur de l'eau (PISEAU 2)		
ANNEE(S) :	2013		
COMMANDITAIRE :	FAO		
AUTEUR(S) :	Xanthoulis D. - Consultant FAO		
FINANCEMENT (le cas échéant programme international) :	Banque Mondiale		
NIVEAU GEOGRAPHIQUE :	- International ☐ - National ☒ - Régional ☐ - Local ☐		
TYPE D'ETUDE :	- Plan stratégique ☒ - Etude de faisabilité ☐ - Etude économique ☐ - Avant-projet ☐ - Projet ☐ - Etude d'impact ☐ - Retour d'expérience ☐ - Autre... ☐		
OBJECTIFS DE L'ETUDE (en quelques points) :	Sur la base de la bibliographie existante et de rencontres avec les parties prenantes, élaborer une étude stratégique de la REUT pour le compte de la DG/GREE Proposer des solutions d'amélioration de la REUT en Tunisie, à la fois stratégiques, techniques et organisationnelles.		
METHODE EMPLOYEE (en quelques points) :	Bibliographie, essentiellement : - Données nationales actualisées provenant du Ministère de l'agriculture et de l'ONAS - Etudes de synthèse AHT BEI 2008 et TOURMEDEAU 2009 (pays du Maghreb) - Etude thématiques nationales (étude 'transfert des EUT du Grand Tunis' 2009, étude 'recharge de nappe' 2010) - Etudes spécifiques portant sur les 3 périmètres d'El Hajeb (Sfax), Ouardanine, et Mornag Rencontre et échanges avec le Ministère de l'agriculture : DG Ressources en eau et DG Génie rural et exploitation des eaux Visite de terrain sur les 3 sites de Mornag, Ouardanine et El Hajeb Elaboration d'un document de synthèse et de propositions Organisation de 2 séminaires de restitution, 4 et 29 juin 2013		
CONCLUSIONS (en quelques points) :	Recommandations portant sur : - l'élaboration d'un plan national 'REUT' - l'amélioration de la qualité des eaux usées traitées, via un travail : - o sur les eaux industrielles - o et sur le fonctionnement de la filière assainissement - la mise en œuvre de trois projets pilotes :		

	○ filtres à sable et bassins de maturation comme traitement complémentaire pour une réutilisation directe ○ filtration sur sable pour optimiser les paramètres de la recharge de nappe ○ suivi d'un processus de recharge artificielle de la nappe - une modification de l'accompagnement institutionnel, notamment dans le cas de la recharge de nappe (issues de l'étude ONAS 2012 sur la recharge dans le PPI de Mornag) L'ensemble des recommandations est présenté sous la forme d'un cadre logique : objectifs / résultats / indicateurs de succès / moyens de vérification / hypothèses et risques
AUTRES COMMENTAIRES :	Etude largement bibliographique

Transfert des EUT des STEP du Grand Tunis (2009)

TITRE :	Etude de faisabilité de transfert des EUT des STEP du Grand Tunis vers les zones de réutilisation (phase 1, 2 et 3)		
ANNEE(S) :	2009		
COMMANDITAIRE :	Ministère de l'environnement et du développement durable, Direction générale de l'environnement et de la qualité de la vie (DGEQV)		
AUTEUR(S) :	Bureau d'études SERAH		
FINANCEMENT (le cas échéant programme international) :	Budget national		
NIVEAU GEOGRAPHIQUE :	- International ☐ - National ☒ - Régional ☐ - Local ☐		
TYPE D'ETUDE :	- Plan stratégique ☐ - Etude de faisabilité ☒ - Etude économique ☐ - Avant-projet ☐ - Projet ☐ - Etude d'impact ☐ - Retour d'expérience ☐ - Autre... ☐		
OBJECTIFS DE L'ETUDE (en quelques points) :	Objectif général - la valorisation d'une eau marginale afin d'en tirer le meilleur profit économique « le secteur agricole est de loin le principal consommateur des eaux usées traitées... » ; - le développement de l'utilisation des EUT conduit à la protection de l'environnement (du littoral en particulier) : les eaux usées traitées du Grand Tunis ne seront plus rejetées en mer, qu'en moindres quantités, et valorisées dans leur plus grande quantité. Objectifs spécifiques - « élaborer sur les plans technique, économique et environnemental la faisabilité économique des différents scénarios de transfert des EUT des stations d'épuration du Grand Tunis ».		
METHODE EMPLOYEE (en quelques points)	- <u>Etude technique</u> des différents systèmes de transfert proposés. Les itinéraires hydrauliques ont fait l'objet de visite de terrain pour identifier les contraintes éventuelles : largeur d'emprise, emplacement des stations de pompage et reprise, état foncier, L'implantation des systèmes de transfert est faite sur des cartes au 1/25.000. Ces systèmes sont conçus de façon à réduire autant que possible le pompage des eaux et par conséquent les coûts d'énergie. Les simulations du fonctionnement hydraulique des réseaux de transfert pour les différents scénarios proposés sont testées par un logiciel de modélisation. - <u>Etude économique et financière</u>. L'étude de factibilité consiste en l'analyse économique du projet. évaluation des indicateurs économiques (TRIE, VAN et RBC). Cette analyse économique a tenu		

	compte pour chaque scénario des coûts liés à l'expropriation et aux mesures compensatoires pour l'amélioration de la qualité des eaux. - <u>Etude environnementale</u> Pour chaque scénario, évaluation et l'analyse des impacts de la réutilisation. Cette analyse a porté plus particulièrement sur les sites et le paysage, les ressources et milieux naturels (cours d'eau, nappe, Sebkhah, mer, ...), les équilibres biologiques et écologiques, le cadre de vie du citoyen, l'hygiène et la salubrité publique, la commodité du voisinage, les activités économiques et les conséquences du projet sur les nappes sols, ressources en eau, ..., etc.
CONCLUSIONS (en quelques points) :	Le scénario de transfert retenu par cette étude est décomposé en 4 systèmes : - Système 1.1 : de la Step Al Attar vers la plaine de Boucha. Conçu pour alimenter un futur périmètre irrigué dans la plaine de Boucha - Ain Asker du gouvernorat de Zaghouan. Ce périmètre couvre une superficie de 6 500 ha et ses besoins en eau sont estimés à 26 millions de m³/an. Le long du tracé de ce système un piquage est prévu pour couvrir les besoins en eau de la zone extension de Tunis Ouest (2 000 ha). - Système 1.2 : de la Step El Allef vers la région de Saouaf et les nappes d'El Fahs et de Mornag. Conçu pour alimenter la zone de Souaf (6 500 ha, V = 26 millions de m³) et la recharge de la nappe d'El Fahs (V = 0,8 millions de m³). - Système 2 : de la Step Choutrana vers le NE de Kairouan et la nappe de Sisseb El Allem. conçu pour alimenter la zone NE de Kairouan sur une superficie de 10 500 ha (volume total = 42 millions de m³) et la recharge de la nappe Sisseb El Allem (2,8 millions de m³). - Système 3 : de la Step Sud Méliane vers la nappe de Grombalia. Permettant d'alimenter la nappe de Grombalia avec un volume annuel de 16 millions de m³. Le volume des EUT transférables a été estimé à 132,8 millions de m³ (en 2021) pour un volume traité de 200,8 millions de m³ (soit 66%). Les coûts d'investissement par m³ mobilisé et transféré sur les zones d'utilisation, varient de 0,868 DT à 4,200 DT.
AUTRES COMMENTAIRES :	- Etude comprenant trois phases - Phase 1 : données de base et scénarios - Phase 2 : Comparaison technico économique et scénario retenu - Phase 3 : Etude institutionnelle et établissement d'un programme global d'investissement et d'un plan d'action

Faisabilité technico économique de la recharge artificielle par les EUT (2009)

TITRE :	Etude de faisabilité technico-économique de la recharge artificielle des nappes par les EUT des STEP		
ANNEE(S) :	2009		
COMMANDITAIRE :	Ministère de L'Environnement et du Développement Durable, Direction Générale de l'Environnement et de la Qualité de la Vie		
AUTEUR(S) :	Idea Consult		
FINANCEMENT (le cas échéant programme international) :	-		
NIVEAU GEOGRAPHIQUE :	- International ☐ - National ☒ - Régional ☐ - Local ☐		
TYPE D'ETUDE :	- Plan stratégique ☐ - Etude de faisabilité ☒ - Etude économique ☐ - Avant-projet ☐ - Projet ☐ - Etude d'impact ☐ - Retour d'expérience ☐ - Autre... ☐		
OBJECTIFS DE L'ETUDE (en quelques points) :	1. Démontrer que le projet de recharge est faisable sur le plan environnemental. 2. Indiquer les conditions de faisabilité environnementale et les mesures nécessaires à prendre. Sur le plan gestion ressources en eau : - Assurer un stockage inter-saisonnier des EUT et faire valoir la fonction « réservoir » des aquifères. - Assurer un équilibre dans le bilan des nappes phréatiques entre les entrées (alimentation naturelle et artificielle) et les sorties (exploitations) et limiter les effets de la salinisation des nappes par l'arrêt de l'intrusion du biseau salé Sur le plan du développement économique : - Développement de l'agriculture irriguée non restrictive dans les zones à fort déficit hydrique saisonnier. Sur le Plan Environnemental : - Maitriser la pollution dû aux rejets des EUT non conformes à la Norme NT106-02 et aux impacts de l'irrigation par les EUT non conformes à la Norme NT 106-03. <u>Objectifs spécifiques :</u> - la faisabilité technique, environnementale et économique du projet de recharge des nappes à partir des EUT - l'identification des sites de recharge artificielle des nappes phréatiques identifiées		
METHODE EMPLOYEE (en quelques points) :	Détermination des conditions environnementales : - absence de substances toxiques dans les EUB et susceptibles de se retrouver dans la nappes - la salinité de l'EUT est inférieure ou égale à celle de la nappe et à celle de la réglementation		

	- l'existence d'une zone non saturée de plus de 10m pour permettre une filtration-percolation efficace - l'absence d'un site d'intérêt écologique sur l'emplacement du site de recharge - l'absence de sites pollués sur l'emplacement du site de recharge (ancienne décharge, installation industrielle désaffectée...) Estimation des coûts unitaires dynamiques de recharge a un taux de recouvrement 10%
CONCLUSIONS (en quelques points) :	- Principaux risques environnementaux sont ceux de la salinisation de la nappe et les risques de dysfonctionnement de la chaîne de traitement. Il faut donc assurer le contrôle, suivi, monitoring, et évaluation ex post des résultats. - Selon les taux de pondération utilisés et les paramètres de comparaison fixés, le projet de recharge le plus rentable sur le plan technique, environnemental et économique est celui de Oued Smar suivi d'El Fahs.
AUTRES COMMENTAIRES :	- Le consultant recommande de mettre en place une charte de bons procédés intitulé contrat de nappe qui fixe le cadre d'intervention de chacun des intervenants et de leurs objectifs

Etude bibliographique sur l'aspect sanitaire des pratiques de REUT (2008)

TITRE :	Etude bibliographique sur les pratiques actuelles de réutilisation des eaux usées traitées en agriculture avec recueil épidémiologique		
ANNEE(S) :	2008		
COMMANDITAIRE :	Ministère de la Santé, Agence nationale de contrôle sanitaire et environnemental des produits		
AUTEUR(S) :	Idem		
FINANCEMENT (le cas échéant programme international) :	Etat tunisien		
NIVEAU GEOGRAPHIQUE :	- International ☐ - National ☒ - Régional ☐ - Local ☐		
TYPE D'ETUDE :	- Plan stratégique ☐ - Etude de faisabilité ☐ - Etude économique ☐ - Avant-projet ☐ - Projet ☐ - Etude d'impact ☐ - Retour d'expérience ☒ - Autre... ☐		
OBJECTIFS DE L'ETUDE (en quelques points) :	- Rappeler la composition des eaux usées, les dangers associés, et les risques sanitaires et environnementaux - Lister et analyser les recommandations internationales (OMS, USEPA, FAO, UE) - Résumer la situation nationale tunisienne, en matière de cadre réglementaire, niveaux de traitement, présentation générale des PI, dispositif de contrôle - Présenter les résultats des campagnes d'analyse du point de vue de la situation épidémiologique		
METHODE EMPLOYEE (en quelques points) :	- Bibliographie internationale - Recueil d'information auprès de la DGGREE et de l'ONAS - Interprétation du résultat des campagnes de suivi épidémiologique		
CONCLUSIONS (en quelques points) :	- La REUT est une pratique à prendre avec le maximum de mesures préventives afin de limiter les risques sanitaires et environnementaux - Les risques peuvent être : - o d'ordre biologique (œufs d'helminthes vav des consommateurs, travailleurs agricoles et riverains) - o d'ordre chimique (ETM, dont Cd) - o d'ordre environnemental (nitrates et dérivés halogénés vav du sol, des eaux superficielles et des eaux souterraines) - Les trois déterminants sont la qualité des eaux usées, les pratiques agricoles et la physiologie des cultures irrigués - Pour chacun de ces trois déterminants, des mesures préventives permettent de limiter le risque - Le schéma de contrôle de la réutilisation des eaux usées traitées en agriculture à trois niveaux : - o contrôle des EUT, sur les paramètres et à la fréquence définis		

	par décret ▪ CRDA déléguant aux Services régionaux d'hygiène du milieu (SRHM) ▪ ONAS en entrée et sortie STEP ▪ SRHM en sortie STEP et aux entrées des périmètres irrigués ○ contrôle des cultures irriguées (par services régionaux d'hygiène du milieu par le SRHM, mais irrégulièrement ○ surveillance des usagers par l'exploitant, tenu de travail, respect des règles d'hygiène, vaccination, examen médical annuel - l'exploitation des résultats du contrôle sanitaire montre les données suivantes : ○ sur 11 périmètres étudiés entre janvier 2005 et juin 2006, le taux de conformité 100% pour les vibriens cholériques et 99.65% pour salmonelle ○ sur l'analyse des œufs de nématodes par les SRHM sur 6 périmètres entre janvier 2004 et juin 2006, la limite réglementaire de 1 unité par litre est atteinte dans 1 cas et dépassée dans 4 cas (taux de conformité 3.33%, 11.11%, 18.75%, 44.4% et 100%) ○ l'exploitation des données statistiques concernant la fièvre typhoïde et l'hépatite A, entre 2000 et 2005 montrent une présence sensiblement plus importante dans les secteurs géographiques où sont exploités des périmètres de REUSE (mais données insuffisantes pour pouvoir se prononcer) - Concernant l'environnement, 4 études sont évoquées ○ l'une de 2007 par l'INAT démontrant un effet d'accumulation à long terme des ETM dans les périmètres irrigués de Nabeul et Soukra ○ l'une de 2002 par l'INRGREF d »montrant que l'impact de la micro aspersion est moins important que celui de l'irrigation à la raie pour la contamination bactérienne des sols ○ l'une de 1997 par le CRGR (ancien INRGREF) démontrant une accumulation de Cu, Pb et Zn à long terme dans les sols, et une augmentation des teneurs en bore dans le sorgho fourrager ○ l'une de 2003 par l'INAT relevant des taux de contamination bactérienne dans des échantillons d'huile d'olive issue d'oliveraies irriguées par des EUT par submersion
AUTRES COMMENTAIRES :	- L'analyse de la situation épidémiologique liée à la REUSE est difficile compte tenu du peu de données

Stratégie nationale de valorisation des EUT (2002)

TITRE :	Etude de la stratégie nationale de valorisation des eaux usées traitées		
ANNEE(S) :	Décembre 2002		
COMMANDITAIRE :	Office national de l'assainissement		
AUTEUR(S) :	SERAH		
FINANCEMENT (le cas échéant programme international) :	Budget ONAS		
NIVEAU GEOGRAPHIQUE :	- International ☐ - National ☒ - Régional ☐ - Local ☐		
TYPE D'ETUDE :	- Plan stratégique ☒ - Etude de faisabilité ☐ - Etude économique ☐ - Avant-projet ☐ - Projet ☐ - Etude d'impact ☐ - Retour d'expérience ☐ - Autre...		
OBJECTIFS DE L'ETUDE (en quelques points) :	- Diagnostic de la situation actuelle de la REUT en Tunisie (phase 1) - Orientations stratégiques pour l'amélioration de la réutilisation des eaux usées épurées		
METHODE EMPLOYEE (en quelques points) :	- Photographie de la situation et des usages au début des années 2000 - o 60 STEP, dont 43 réutilisent l'eau - o 155.8 Mm³ d'EUT produites - o 16 périmètres irrigués 6 603 ha - o 8 terrains de golfs - o Espaces verts routiers - o Sidérurgie El Fouledh - o Expérience modeste de recharge (Oued Souhil), suivie de trois projets plus ambitieux (Cap Bon, Djerba, et élaboration d'un modèle informatique pour identifier une zone propice à la recharge) - o Valorisation écologique à Sidi Bouzid - o Salinité des eaux : à 93% à moins de 3 g/L, à 6% entre 3 et 4 g/L (à utiliser dans ce cas sur certains sols et avec des précautions) - Identification des contraintes et opportunités de la REUT en Tunisie - Elaboration de 3 scénarii - Mise en œuvre de simulations		

CONCLUSIONS (en quelques points) :	- Qualité des EUT conditionnée par 3 facteurs : qualité des EUB, performance de traitement, conditions de transport - Contraintes et causes d'une REUT insuffisante / liées à la demande - o Concurrence avec eaux conventionnelles et agriculture pluviale, faible taux d'intensification - o Restriction des cultures - o Absence de stockage inter-saisonnier - o Réticence des agriculteurs / liées à l'offre - o Qualité des EUT (EUB –salinité, industries polluantes-, performance épuratoire) - o Absence de stockage tampon journalier / problématiques générales - o Cadre institutionnel ambigu et inefficace - o Réglementation incomplète : manque usages agricoles non restrictifs et autres usages - o Tarification des ressources conventionnelles pénalisante (dumping) - o Manque de contrôles qualité d'eau au milieu naturel - o Information / sensibilisation insuffisantes - Opportunités - o Potentialités REUT STEP zones touristiques littorales : limitation du débit rejeté en mer - o Volonté politique, GIRE - o Expérience acquise - o Parc épuratoire en développement - o Cohérence avec maîtrise de la pollution en zone côtière - Identification de priorités d'action - o Explorer les usages non agricoles - o Arrêter une politique durable pour le traitement tertiaire - o Mettre en place un système de suivi et contrôle - o Mettre en place des incitations - Elaboration de trois scénarii prospectifs et simulations quantitatives 1/ Scénario de continuité, poursuite des projets 2/ scénario diversifié avec développement des usages non agricoles 3/ scénario agricole
AUTRES COMMENTAIRES :	- Permet de mesurer l'écart entre les projections (optimistes) du début des années 2000 et la réalité de 2017 - Identifie déjà certaines des difficultés et contraintes qui expliqueront cet écart - En oublie d'autres, comme l'augmentation du prix de l'énergie

3. Fiches de synthèse 'Recherche'

Impacts socio, éco et environnementaux de la REUT sur 3 sites (2015)

TITRE :	The safe use of TWW in agriculture		
AUTEUR(S) :	Coordinateur Dr. Mohamed HACHICHA		
CENTRE DE RECHERCHE :	INRGREF / ACSAD / ICBA		
ANNEE(S) :	2015	Durée de l'expérimentation :	2010 – 2014
FINANCEMENT (le cas échéant programme international) :			-
THEMES DE RECHERCHE (une ou plusieurs réponses) :	- Traitement de l'eau ☐ - Réseaux hydrauliques ☐ - Irrigation à la parcelle ☒ - Pédologie ☐ - Efficacité agronomique ☒ - Risques sanitaires / innocuité ☒ - Etude économique ☒ - Gestion sociale de l'eau ☒ - Impact environnemental ☒ - Autre...		
OBJECTIFS DE LA RECHERCHE (en quelques points) :	- Contribution d'une équipe pluridisciplinaire de l'INRGREF à l'acquisition de connaissances sur la REUSE - o Effet du pH et de la salinité sur la culture - o Impact sanitaire - o Effets environnementaux de long terme - o Retour économique - o Accompagnement des irrigants - o Evolution de la réglementation nationale		
METHODE EMPLOYEE (en quelques points) :	- Utilisation de différents sites : Nabeul, Cebala (Borj Touil), Kalaat Landelous - Approche multithématique		
CONCLUSIONS (en quelques points) :	- Pas de différence significative sur la qualité des fruits (agrumes, grenade...) - Niveau de certains métaux statistiquement plus élevés dans les sols mais en dessous des seuils tunisiens - Contamination des nappes par E Coli démontrée après les épisodes pluvieux - Pas de contamination microbiologique des fruits (agrumes, grenade, oliviers...) - Augmentation de la salinité des sols fonction du mode d'irrigation (goutte à goutte > aspersion ou gravitaire) - Approche économique : - o identification des facteurs déterminant la demande et l'usage des EUT - o impact des gains de productivité et de l'amélioration des usages de l'eau dans le revenu agricole - Accompagnement social : 12 séminaires ou ateliers, 3 thèses, 3 masters, 5 PFE, 2 stages, 3 publications		
AUTRES COMMENTAIRES :	- Identification des défis pour le développement d'une REUSE sûre et rationnelle : - o distance STEP – parcelles agricoles		

	○ impact de la qualité de l'eau sur le matériel (pompage, canalisations) ○ rejets industriels non anticipés ○ absence de filtration ○ important degré de salinité ○ absence d'infrastructures de stockage ○ liste de cultures insuffisante et inadéquate ○ concurrence avec l'agriculture pluviale dans le nord ○ foncier agricole ○ manque de technicité en irrigation
--	---

Thèse de doctorat : impact de la REUT sur les sols d'El Hajeb (2010)

TITRE :	Evaluation des impacts de l'irrigation par les eaux usées traitées sur les plantes et les sols du périmètre irrigué d'El Hajeb-Sfax: salinisation, accumulation et phytoabsorption des éléments métalliques		
AUTEUR(S) :	Nabil BELAÏD (doctorat)		
CENTRE DE RECHERCHE :	Université de Sfax / Université de Limoges		
ANNEE(S) :	2010 (soutenance)	Durée de l'expérimentation :	
FINANCEMENT (le cas échéant programme international) :		-	
THEMES DE RECHERCHE (une ou plusieurs réponses) :	- Traitement de l'eau ☐ - Réseaux hydrauliques ☐ - Irrigation à la parcelle ☐ - Pédologie ☒ - Efficacité agronomique ☐ - Risques sanitaires / innocuité ☒ - Etude économique ☐ - Gestion sociale de l'eau ☐ - Impact environnemental ☒ - Autre...		
OBJECTIFS DE LA RECHERCHE (en quelques points) :	- Evaluer l'état des sols irrigués par les EUT en termes de : - o Salinité - o Accumulation des éléments métalliques - o Transfert des métaux vers les plantes cultivées		
METHODE EMPLOYEE (en quelques points) :	- Sélection de deux sites contrastés (type de sol, durée d'irrigation, système d'irrigation, pratiques culturales...) - Cultures : oliviers et fourrages (luzerne, sorgho) - Travail en conditions réelles et non pas conditions contrôlées (labo ou plein champ) - Mesure salinité (CE) et sodicité (ESP) - Mesure teneur en éléments traces métalliques - Analyses statistiques		
CONCLUSIONS (en quelques points) :	STABILITE STRUCTURALE DES SOLS - Site 1 (OTD, calcisol isohumique) : système d'irrigation gravitaire adaptée au type de sol en favorisant le lessivage des eaux et des sels. Salinité (CE) et sodicité (ESP) maintenues à un niveau constant. Réduction des risques : - o d'altération de la stabilité structurale du sol - o de baisse du rendement des cultures - Site 2 (parcelle BZ, fluvisol calcique) : système d'irrigation par plancher ou par aspersion en hiver, labours profonds favorisant aussi le lessivage des sels. Mais niveaux de surface risquant la désagrégation en raison de l'augmentation de l'ESP, malgré la faible durée de l'irrigation (4 ans). ACCUMULATION DES ELEMENTS TRACES METALLIQUES - Apport anthropique en ETM pas mis en évidence statistiquement. Mais manque de mesures pour chaque type de sols, et grand nombre		

	de facteurs. - Site 2 (fluvisol) : relative accumulation à 60 – 80 cm sous l'horizon labouré. - Site 1 (calcisol) : légère accumulation en surface (Cr) BIODISPONIBILITE - Aucune corrélation mise en évidence. Blocage des éléments au niveau des racines, sauf Zn (oligo-élément utile à la croissance des plantes). - Teneurs en métaux dans les plantes fourragères en dessous du seuil de phytotoxicité et de toxicité alimentaire pour le bétail. - Principaux facteurs de mobilité : matière organique et pH du sol.
AUTRES COMMENTAIRES :	- Concentrations en ETM dans les EUT de Sfax Sud relativement faibles, à l'exception du chrome. - Etablissement d'une équation permettant d'estimer la valeur de la conductivité électrique de la pâte saturée à partir de celle de l'extrait aqueux. - Etablissement d'une méthode permettant de visualiser les phénomènes de transfert sol-plante, par détermination des enrichissements successifs sols-racines et racines-parties aériennes. Par ordre croissant d'absorption : Fe < Cr < Ni < Cu < Zn.

Etat des lieux : enjeux et perspectives de la REUT en Tunisie (2002)

TITRE :	Water reuse in Tunisia: stakes and prospects (publication)		
AUTEUR(S) :	Akiça BAHRI		
CENTRE DE RECHERCHE :	INRGREF		
ANNEE(S) :	2002	Durée de l'expérimentation :	1960 – 2002
FINANCEMENT (le cas échéant programme international) :		-	
THEMES DE RECHERCHE (une ou plusieurs réponses) :	- Traitement de l'eau ☐ - Réseaux hydrauliques ☐ - Irrigation à la parcelle ☐ - Pédologie ☒ - Efficacité agronomique ☐ - Risques sanitaires / innocuité ☒ - Etude économique ☐ - Gestion sociale de l'eau ☐ - Impact environnemental ☒ - Autre...		
OBJECTIFS DE LA RECHERCHE (en quelques points) :	- Rappeler et analyser l'évolution de la REUSE en Tunisie au regard - Réaliser en 2002 le retour d'expérience d'un programme de recherche lancé en 1980, dont les objectifs étaient : - o caractériser la qualité chimique et biologique des eaux usées traitées, - o établir les impacts de la REUSE dans le système eau / sol / plante - o évaluer les changements à long terme dans la qualité des sols		
METHODE EMPLOYEE (en quelques points) :	- Etude bibliographique		
CONCLUSIONS (en quelques points) :	- Les problématiques sont principalement liées à la microbiologie et aux sels (intrusion dans le réseau d'assainissement, remontée de la nappe, activités industrielles) - L'un des facteurs limitants est l'éloignement entre les STEP et les zone agricoles qui pourraient valoriser les effluents - L'historique de la REUSE en Tunisie peut se résumer en différentes phases : - o La Soukra, début des années 1960 : 600 ha d'agrumes, développement de l'utilisation des EUT en substitution d'une ressource souterraine surexploitée et contaminée par le biseau salé - o REUSE planifiée, début des années 1980 : essentiellement agriculture et golfs / espaces verts, avec des projets pilotes de recharge de nappe, irrigation en forêt, développement de zones humides. ▪ Programme de recherche ▪ Cadre réglementaire ▪ Projets - o Objectif de développement de nouveaux usages		

	(industriels...), avec une amélioration de la qualité de l'eau traitée - Les résultats d'un programme de recherche mené de 1981 à 1987 par l'INRGREF sur des fonds de l'UNDP, et poursuivi depuis, mettent essentiellement en évidence : - o une salinité de l'effluent à prendre en compte, même si le risque de sodisation des sols peut être écarté en raison de la concentration en Ca des eaux, - o une variabilité dans les concentrations en N et P, qui exige d'ajuster les stratégies de fertilisation, - o une efficacité contrastée des différents process d'épuration dans l'abattement microbien (lagunage, traitement biologique - o pas de modification des propriétés physiques des sols, - o pas d'accumulation d'éléments traces métalliques, - o pas de contamination microbienne dans les sols, - o une contamination du fourrage après irrigation, résorbée en 7 à 10 jours en fonction des conditions climatiques, - o la faisabilité de la recharge de nappe (site de Nabeul), même si les données sur la contamination des nappes sont difficiles à interpréter, - o la nécessité de traitements complémentaires pour garantir la maîtrise des risques dans les usages récréatifs, - o l'absence d'effets de long terme sur les sols, les plantes et les eaux souterraines après 40 ans de REUSE à la Soukra
AUTRES COMMENTAIRES :	- Différents sujets de recherche et d'étude sont identifiés pour la suite - o process de traitement de l'eau et de désinfection efficaces et peu coûteux en énergie - o gestion décentralisée de l'assainissement - o systèmes de stockage des EUT - o pilotage de la fertilisation - o devenir des micropolluants et effets de long terme dans le système eau / sol / plante - o amélioration des technologies d'irrigation - o étude de risques sur les formes d'exposition au risque sanitaire - o étude de marché sur les usages - o évaluation de la faisabilité socio-économique

Extrait de la BDD de l'INAT : publications et travaux d'étudiants

L'extraction des études et des recherches dans la base de données de l'INAT a été faite et a abouti à un listing de 12 pages de données relatives à la recherche sur la REUT.

Liste des publications scientifiques consultées

Titre	Auteurs	Résumé
L'irrigation de l'olivier par les eaux usées traitées: effets sur la production et sur la qualité bactériologique et alimentaire des produits	Monia Trad Raïs 1, Sifi S. 2, Salem Ben El Hadj 3 <i>1 Institut National de Recherches En Génie Rural, Eaux et Forêts, BP. 2, Ariana 2080, Tunisie, E-mail: rais.monia@iresa.agrinet.tn</i> <i>2 Office National de l'Huile, 10 Av. Mohamed V – Tunis, E-mail : sifi_samira@yahoo.fr</i> <i>3 Institut National Agronomique de Tunis, 43 Av. Charles Nicolle 1082 Tunis</i>	Résumé - L'olivier est une espèce connue par sa résistance à la sécheresse mais également par sa réponse positive à l'irrigation aussi bien en terme de croissance qu'en terme de production. Des travaux précédemment réalisés en Tunisie indiquent que l'olivier tolère l'irrigation par des eaux marginales. L'objectif de la présente étude consiste à évaluer l'effet des irrigations d'appoint de l'olivier par les eaux usées traitées sur la quantité et la qualité de la production. L'étude a été réalisée sur la station expérimentale de l'INRGREF à Nabeul. L'olivieraie, mise en place en 1996 avec un écartement de 6 x 6 m est équipée pour l'irrigation par goutte à goutte ; elle est divisée en deux blocs : Le premier est irrigué par des effluents secondaires traités par boues activées ; le second bloc qui constitue le témoin est irrigué par des eaux de puits. L'étude a porté sur les variétés Chétoui et Picholine. Les résultats obtenus mettent en évidence une augmentation du rapport Pulpe/noyau et de la production d'olives en cas d'irrigation par les EUT ; aucune contamination bactérienne mesurable n'a été décelée sur les fruits provenant des parcelles irriguées par les EUT. Les huiles extraites appartiennent toutes à la catégorie vierge extra. Leurs indices de qualité ainsi que leur composition en acides gras sont indépendants de l'origine des eaux d'irrigation. Les teneurs en phénols totaux et en tocophérols sont plus élevées dans les huiles témoins. La variété Chétoui donne une huile plus riche en ces deux composés mineurs par rapport à la variété Picholine.
Valorisation des eaux usées traitées pour l'irrigation de complément de l'olivier (olea europaea L.): effets sur les comportements végétatif et productif de l'arbre et sur la qualité sanitaire des fruits	M. Trad Raïs 1, S. Sifi 2, D. Xanthoulis 3 <i>1 Institut National de Recherches En Génie Rural, Eaux et Forêts, BP. 2, Ariana 2080, Tunisie, E-mail: rais.monia@iresa.agrinet.tn</i> <i>2 Office National de l'Huile, 10 Av. Mohamed V – Tunis, E-mail: s.sifi.onh@gnet.tn</i> <i>3 Unité d'Hydraulique Agricole. Faculté Universitaire des</i>	L'oléiculture revêt une importance stratégique dans la zone méditerranéenne qui fournit la majeure partie de la production mondiale d'huile d'olive. Dans tous les pays méditerranéens, la tendance actuelle est au développement de ce secteur. Les objectifs de maximisation des rendements nécessitent le recours à l'irrigation, or l'eau est une ressource qui devient de plus en plus rare dans cette région. Par contre, les eaux d'origine non conventionnelles telles que les eaux usées traitées (EUT) sont disponibles en quantités relativement importantes; leur valorisation pour l'intensification de l'olivier pourrait constituer une bonne alternative. Cependant, vu les caractéristiques particulières de ces eaux, leurs effets potentiels sur l'arbre et sur la qualité sanitaire des produits doivent être bien connus et maîtrisés. La présente étude a pour objectif d'évaluer les effets des irrigations aux EUT sur les comportements végétatif et productif de deux variétés d'olivier ainsi que sur la qualité bactériologique des olives. Elle a été conduite durant trois années (2005-2007) dans une oliveraie expérimentale située au

	<i>Sciences agronomiques de Gembloux. Passage des déportés, 2. B-5030 Gembloux (Belgique). E-mail: xanthoulis.d@fsagx.ac.be</i>	nord-est de la Tunisie et divisée en deux parties: la première partie reçoit des irrigations aux eaux de puits alors que la deuxième partie reçoit des irrigations aux EUT. Les résultats obtenus relatifs aux paramètres de croissance végétative montrent que l'évolution du diamètre des troncs des oliviers est significativement augmentée sous irrigation aux EUT durant l'année de faible production. L'allongement des pousses, leurs caractéristiques ainsi que le nombre de feuilles néoformées ne sont pas influencés par le type d'eau d'irrigation. Sur le plan physiologique, une amélioration significative de la production de matière sèche des feuilles et des rameaux d'un an est enregistrée chez les oliviers irrigués aux EUT. La teneur des sucres solubles est généralement plus élevée dans les feuilles des arbres irrigués aux EUT par rapport aux feuilles des arbres témoins. On a également enregistré une augmentation de la production d'olives ainsi qu'une amélioration significative du rapport Pulpe/noyau en cas d'irrigation aux EUT. Concernant la qualité sanitaire, aucune contamination bactérienne significative n'a été enregistrée sur les olives prélevées directement sur les arbres. Les fruits ramassés sur le sol irrigué aux EUT présentent une contamination bactérienne d'un faible niveau et similaire à celle des fruits ramassés sur le sol irrigué aux eaux de puits. Les salmonelles n'ont jamais été retrouvées sur les olives analysées. L'ensemble des résultats obtenus confirme la possibilité d'utilisation des EUT pour l'irrigation de l'olivier sans risques pour la santé publique et pour la culture. Mots-clés: Olivier, Eaux usées traitées, croissance, production, qualité bactériologique.
Les polluants organiques dans les eaux usées traitées et les sols - Résultats préliminaires d'un cas d'étude dans la région de Oued Souhil (Nabeul)	Olfa Mahjoub (1,2), Elena Gomez (2), Hélène Fenet (2) et Akissa Bahri (3) <i>1Institut National de Recherches en Génie Rural, Eaux et Forêts (INRGREF), Rue Hédi Karray, BP 10, Ariana, 2080, Tunis, Tél : 216-71-717 951, Fax : 216-71-717 951, mahjoub.olf@iresa.agrinet.tn</i> <i>2UMR 5569 HSM, Département Sciences de l'Environnement et Santé Publique (DSESP), Université Montpellier 1, Avenue Charles Flahault, BP 14 491, F-34093 Montpellier, Cedex 05, France ;</i>	Résumé - Les composés organiques qui peuvent être véhiculés par les eaux usées se comptent par milliers. Ils sont issus principalement des activités domestiques, industrielles et agricoles et du ruissellement. Si certains s'avèrent d'origine naturelle, ils sont dans leur majorité d'origine anthropogénique et ne sont pas complètement dégradés après traitement secondaire des eaux en station d'épuration. Ces polluants sont aussi caractérisés par leur très faible concentration dans les eaux brutes et traitées. Après rejet des eaux traitées dans le milieu récepteur ou leur réutilisation, le devenir des composés récalcitrants dans l'environnement dépend fortement de leurs caractéristiques physico-chimiques. Ainsi, leurs effets sur la santé des êtres vivants restent encore peu élucidés, voir parfois inconnus. Dans les pays arides et semi-arides, comme la Tunisie, la réutilisation des eaux usées traitées en irrigation est devenue une solution de choix, sur la base de laquelle une stratégie nationale a été mise en place pour protéger le milieu hydrique et satisfaire les besoins en eau des cultures. Malgré les restrictions imposées par les réglementations, cette pratique ne demeure pas sans risques sur la qualité des sols, l'environnement et la santé humaine sur le long terme. En effet, le devenir et la distribution des composés

	<i>3International Water Management Institute (IWMI), Accra, Ghana</i>	organiques récalcitrants dans le sol fait l'objet de nombreux travaux de recherche. En Tunisie, les recherches dans ce domaine ont démarré depuis peu, notamment dans les périmètres irrigués de longue date avec des eaux traitées. Les risques sanitaires associés n'ont, quant à eux, pas encore fait l'objet de suffisamment d'attention. Ce travail vient, principalement, apporter des éclaircissements sur l'état de l'art relatif à la nature des polluants organiques potentiellement présents dans les eaux usées et ceux qui pourraient se retrouver dans le sol après irrigation. Dans ce contexte, les résultats préliminaires obtenus dans le cadre d'une étude en cours sur le périmètre irrigué de Oued Souhil (Gouvernorat de Nabeul) sont brièvement présentés dans ce qui suit.
L'expérience tunisienne en matière de recharge artificielle des nappes par les eaux usées traitées	H. Chaieb <i>Direction Générale des Ressources en Eau- 41, Rue de la Manoubia – Tunis 1008</i>	Résumé : La Tunisie dispose de 100 stations d'épuration réparties sur l'ensemble du pays qui produisent 230 millions de m3 d'eaux usées traitées (2008). Elle a développé une expérience encourageante dans cette activité pour produire des ressources en eau alternatives permanentes dont la réutilisation est une solution intéressante qui semble être inévitable à l'avenir pour faire face au problème de la rareté de l'eau et pour équilibrer le bilan hydrique du pays et satisfaire une demande en eau sans cesse croissante. Dans cet objectif, la stratégie du pays en matière de recharge artificielle à partir des EUT, repose sur la valorisation de cette ressource en eau non conventionnelle par la mise en place de projets opérationnels de recharge de nappes et le développement des ressources en eau, tout en veillant à la préservation de la santé publique et la protection de l'environnement. La recharge artificielle des nappes à partir des eaux usées traitées en Tunisie a été constatée pour la première fois en 1956 dans la nappe de Soukra suite à la création d'un périmètre public irrigué dans la région par les eaux usées traitées de la STEP de la Charguia. En décembre 1986 et suite au projet RAB080 financé par le Programme des Nations Unies pour le Développement, une station expérimentale de recharge artificielle de la nappe Nabeul-Hammamet (Oued Souhil) a été construite. Cette station est alimentée à partir des eaux usées traitées de la STEP SE4 de Bni Khiair. Depuis 1995 et à la suite de la création du périmètre public irrigué d'El Hajeb-Sidi Abid par les eaux usées traitées de la STEP de Sfax. En mai 2008 et dans le cadre du Programme d'Investissement dans le Secteur de l'EAU (PISEAU), un nouveau site pilote a été construit dans la région d'el Mida, ayant pour objectif de recharger la nappe de la Côte orientale du Cap-Bon par les eaux usées traitées de la STEP de Korba.
L'irrigation non restrictive et sans risques sanitaires des cultures annuelles par des eaux usées traitées	Monia Trad Raïs <i>Institut National de Recherches en Génie Rural, Eaux et Forêts B.P. N° 2 – 2080 Ariana – Tunis</i>	Résumé : Dans les pays où les eaux usées sont utilisées à des fins agricoles, la restriction des cultures est une mesure souvent adoptée pour protéger les consommateurs contre la propagation de maladies infectieuses. Cette restriction est généralement perçue par les exploitants agricoles comme une lourde contrainte car elle élimine les cultures à haute rentabilité économique.

	<i>E-mail : rais.monia@iresa.agrinet.tn</i>	Afin d'explorer la possibilité d'élargissement du spectre des cultures actuellement irriguées par les eaux usées traitées en Tunisie, des essais ont été réalisés sur des cultures maraîchères dont les produits sont normalement consommés cuits. L'objectif de ces essais consiste à élucider les mécanismes de la contamination bactérienne des produits agricoles au champ et à identifier les principaux facteurs ayant un effet déterminant sur l'intensité de cette contamination. Les essais ont été réalisés sur la station de recherches à Nabeul. Les résultats obtenus montrent que l'irrigation à la raie avec les EUT peut entraîner une contamination bactérienne significative des fruits. Lorsque les techniques de micro-irrigation sont employées pour appliquer les EUT au sol, les fruits récoltés présentent une qualité bactériologique satisfaisante et similaire à celle des témoins. En conséquence, une bonne sélection des espèces et des variétés à cultiver ainsi que le choix judicieux des techniques d'irrigation constituent des mesures qui contribuent à la sécurité sanitaire de la réutilisation agricole non restrictive des EUT.
Les contaminants organiques dans les eaux usées traitées : les composés oestrogéniques, dioxinlike et la carbamazépine	O. Mahjoub¹, A. Escande², O. Mathieu³, D. Hillaire-Buys³, P. Balaguer⁴, C. Casellas², E. Gomez², H. Fenet² <i>1 : Institut National de Recherches en Génie Rural, Eaux et Forêts (INRGREF), Rue Hédi Karrai, BP 10, Ariana, 2080, Tunis, Tunisie</i> <i>2 : UMR 5569 Hydrosociétés Montpellier, Université Montpellier 1, Avenue Charles Flahault, BP 14491, 34093 Montpellier Cedex 05, France</i> <i>3 : Service de Pharmacologie Médicale et Toxicologie, Centre Hospitalier Universitaire Lapeyronie, 371 avenue du Doyen Gaston Giraud 34295, Montpellier Cedex 05, France</i> <i>4 : Unité INSERM 896, Signalisation Hormonale, Environnement et Cancer (SHEC), Institut de Recherche en Cancérologie de</i>	Résumé : Les eaux usées traitées (EUT) renferment des contaminants organiques (CO) présents à l'état de traces comme les hormones, les surfactants, les pesticides, les phtalates, etc. Certains des CO sont capables d'induire des activités au niveau des récepteurs cellulaires, tels le récepteur aux œstrogènes (ER) et le récepteur à la dioxine, l'aryl-hydrocarbure (AhR). Les EUT renferment aussi des résidus de médicaments comme la carbamazépine (Cbz), un antiépileptique souvent détecté dans le milieu récepteur. L'objectif de cette étude est de déterminer les niveaux des activités ER et AhR, ainsi que les concentrations de la Cbz dans les EUT. Les tests cellulaires révèlent des activités ER à hauteur de 21 ng Eq-E2/l sur les EUT réutilisées pour l'irrigation d'une parcelle A et des moyennes de 46 et 31 ng Eq-E2/l sur les EUT réutilisées pour l'irrigation d'une parcelle B. Sur ces dernières, des activités AhR ont été détectées (78-142 ng Eq-TCDD/l) et indiquent la présence de ligands du récepteur tels les hydrocarbures aromatiques polycycliques. Ces deux types d'activités dénotent de la présence des ligands des récepteurs dans la phase aqueuse. La Cbz a été détecté pour la première fois sur les eaux d'irrigation de la parcelle B avec des moyennes de 134 et 236 ng/l.

	Montpellier (IRCM), Parc Euromédecine-CRCL Val d'Aurelle, 34298, Montpellier Cedex 05, France	
Effets de l'irrigation par les eaux usées traitées sur la variabilité latérale et la biodisponibilité des éléments métalliques dans le sol.	Belaid N.1,3, Kallel M. 2, Neel C. 3, Ayoub T.4, Baudu M.3 et Ayadi A.1 1 : Ecole Nationale d'Ingénieurs de Sfax, Laboratoire de Radio-Analyses et Environnement (LRAE), ENIS BP W, 3038 Sfax, Tunisie, belaidnebil@yahoo.fr 2 : Ecole Nationale d'Ingénieurs de Sfax, Laboratoire Eau, Energie, Environnement (L3E), ENIS, BP W, 3038 Sfax, Tunisie 3 : Université de Limoges, Groupement de Recherche Eau Sol Environnement (GRESE), 123 Avenue Albert Thomas, 87060 Limoges Cedex, France 4 : CRDA-Sfax, Rue Commandant Bejaoui 3018 Sfax, Tunisie	Résumé : Les eaux usées traitées (EUT), de la station d'épuration de Sfax- Sud, sont valorisées en irrigation agricole au niveau du périmètre irrigué d'El Hajeb depuis 1989, dans le domaine de l'OTD. Les plantes fourragères y sont cultivées en intercalation avec les rang d'oliviers et sont irriguées par les EUT selon un système gravitaire en submersion. Cette étude a pour objectifs de déterminer le rôle du système d'irrigation appliqué sur la distribution latérale des éléments métalliques et de préciser les paramètres contrôlant la biodisponibilité des éléments métalliques dans le sol. Ainsi des échantillons moyens de sol ont été prélevés dans les cinq premiers centimètres de la surface au niveau d'une parcelle cultivée en luzerne depuis 3 ans et une autre cultivée en sorgho (culture d'été). Ces échantillons ont été prélevés tout les dix mètres selon des transects orientés dans le sens d'écoulement des eaux d'irrigation. Les teneurs en MO, en calcaire total et en métaux biodisponibles (extraction à l'acétate d'ammonium-EDTA) du sol ont été caractérisées. Les teneurs totales en métaux n'ont été déterminées que dans 6 échantillons de sol ciblés de chaque transect. Au niveau de la parcelle occupée par la luzerne, les teneurs en MO et en éléments métalliques (teneurs totales et fractions biodisponibles) sont nettement plus importantes que celles déterminées au niveau de la parcelle occupée par le sorgho. Par ailleurs, pour la parcelle en luzerne, les teneurs totales et biodisponibles en métaux du sol décroissent avec la distance de la prise d'irrigation vers la fin de la parcelle. En revanche, pour les deux parcelles, le même ordre de biodisponibilité décroissante a été trouvé: Zn > Cu > Ni > Cr > Fe. Des analyses statistiques multivariées ont montré que les teneurs en MO dans le sol et la distance par rapport à la prise d'irrigation sont les principaux paramètres contrôlant la biodisponibilité et la variabilité des éléments métalliques dans le sol.
Impact de l'irrigation par les eaux usées traitées sur certains paramètres morpho-physiologiques de <i>Salix babylonica</i> L.	Wafa Soussi, Zoubeir Béjaoui et Ali Albouchi Institut National de Recherches en Génie Rural, Eaux et Forêts, Rue Hédi Elkarray, El Menzah IV, BP 10, Ariana 2080, Tunisie,	Résumé: Les enjeux économiques et environnementaux auxquels est actuellement confronté le secteur forestier en Tunisie et la volonté pour réhabiliter les sols marginaux suscitent un intérêt particulier à entreprendre de nouveaux modes d'aménagement. Le reboisement des terrains dégradés à l'aide d'essences appropriées, notamment les saules arbustifs, figure parmi les défis à relever. Les saules, essences consommatrices d'eau, sont de plus en plus prisés dans plusieurs pays tropicaux et tempérés, pour leurs rôles aussi bien de production que de protection. Ainsi, le recours aux eaux usées traitées évoque un double avantage de se servir à la fois de leur disponibilité et de leur richesse en éléments minéraux. Afin d'évaluer la tolérance de <i>Salix babylonica</i> L., deux traitements

	Tél : 216-71-230 039, Fax : 216-71-717 951, E-mail : Albouchi.ali@iresa.agrinet.tn	hydriques ont été appliqués à de jeunes plants : une irrigation avec l'eau de robinet (témoin) et une autre avec de l'eau usée traitée (EUT). Les plants irrigués avec EUT ont manifesté des modifications morphologiques et physiologiques, notamment au-delà de 30 jours, caractérisées par une nécrose des feuilles matures, un enroulement des jeunes feuilles et une ramification accentuée du système racinaire. Après 60 jours, l'irrigation avec EUT n'a eu aucun effet significatif sur la masse sèche totale produite. Cependant, l'allocation de biomasse a été nettement orientée en faveur des racines. L'utilisation de ces eaux a augmenté la teneur en chlorophylles de 42% par rapport au témoin et a occasionné une perte de l'intégrité des membranes cellulaires.
Etude de rentabilité de la réutilisation des eaux usées traitées dans le domaine agricole: Défis économiques, socio-psychologiques et environnementales.	Sellami Mohamed Habib E.S.I.E.R Medjez El Bab mh.sellami@planet.tn	Résumé : La réutilisation des eaux usées traitées dans le domaine agricole est une solution de valorisation de ces eaux que la majorité des experts de l'environnement ne cessent de rappeler son importance et son efficacité aussi bien pour la conservation des ressources naturelles que pour l'amélioration de la productivité agricole. Cependant, comme tout projet, l'étude de rentabilité de cette réutilisation est nécessaire si ce n'est pas obligatoire afin de convaincre aussi bien les bailleurs des fonds, les investisseurs, les agriculteurs et les consommateurs. Quels sont les paramètres à en tenir compte ? Comment faire les calculs ? Par rapport à quoi nous devons se comparer pour estimer les rendements et faire des jugements sur les efficacités ? C'est à ces questions que nous allons essayer de répondre dans ce travail.

Liste des travaux d'étudiants (projets de fin d'étude)

Titre	Institutions/ auteurs	Résumé / conclusion
La mise au point d'une technique de détection des parasites dans les eaux usées et détermination de l'efficacité de traitement : Boue activée et lagunage aéré.	Projet de fin d'études Hazar Moujahed <i>Institut National Agronomique De Tunisie</i> <i>Département : Génie Rural, Eaux et Forêts</i> 2016	Cette étude a été réalisée (i) afin d'évaluer le niveau de la contamination parasitaire des eaux usées brutes et traitées au niveau des deux stations d'épuration situées en Tunisie, Charguia (Boues activées) et Kalaat al Andalous (lagunage aéré) et par conséquent, rendre compte de l'efficacité de ces deux filières de traitement quant à l'abattement des éléments parasitaires pathogènes. De plus, ce travail a porté sur : (ii) évaluation et comparaison de la sensibilité et de la spécificité de trois techniques d'identification des parasites (examen direct, technique Bailenger et technique Arther et (iii) évaluation du risque microbiologique inhérent au rejet des EUTs de ces deux STEPs. Les analyses parasitaires ont été réalisées sur des échantillons d'eaux usées brutes et traitées collectées entre les mois de Février et Mai 2016. Parmi les 22 échantillons d'eaux usées brutes étudiés, 100 % sont retrouvés positifs avec une prédominance constante des kystes de protozoaires sur les œufs d'helminthes. Il apparaît également à l'observation des résultats que, pour l'embranchement des helminthes, les œufs de Nématodes prédominent nettement par rapport aux œufs de Cestodes. Les résultats obtenus par les différentes techniques d'isolement, d'identification et de dénombrement des formes de résistances des parasites ont révélé que l'examen direct est la technique la plus sollicitée. L'efficacité d'élimination des parasites par les deux filières de traitement (boues activées et lagunage aéré) au niveau des deux STEPs, testé par le test de Wilcoxon , montre qu' il n'existe pas une différence significative ($p > 0,05$) entre les deux filières de traitement. L'évaluation quantitative des risques microbiologiques a détecté l'existence d'un risque potentiel d'une contamination par le protozoaire <i>Giardia</i> après rejet des eaux usées traitées dans un milieu récepteur.
Amélioration de la qualité des eaux usées traitées de la station expérimentale de l'INRGREF (Oued Souhil Nabeul)	Projet de fin d'études Hamlaoui Ines <i>Institut National Agronomique De Tunisie</i> <i>Département : Génie Rural,</i>	Le présent travail s'intéresse au suivi analytique de la qualité des eaux usées traitées dès leur sortie de la station d'épuration jusqu'à arriver au niveau des goutteurs après passage par un système de filtration pour éliminer tous risques d'obstructions des goutteurs. Deux campagnes ont été réalisées pour mieux évaluer l'impact du système de filtration sur la qualité des eaux usées traitées destinées à l'irrigation au goutte-à-goutte. Sur l'analyse des paramètres physicochimiques : (MES, CE, pH, le calcium, le magnésium, le fer, le manganèse, la DBO5 et la DCO). Les résultats trouvés ont montré que les causes d'obstruction existent au niveau des

	<i>Eaux et Forêts</i> 2015	goutteurs et que la possibilité d'obstruction est faible à moyenne. Pour renforcer ce suivi analytique, une vérification du fonctionnement du système d'irrigation goutte-à-goutte a été réalisé, cette vérification consiste à calculer le coefficient d'uniformité CU qui est effectuée sur une parcelle et qui a montré la nécessité d'un nettoyage fréquent de ce système. De plus, ce travail a mis l'accent sur les impacts de la qualité de l'eau usée traitée utilisée sur le sol en se basant sur les paramètres suivants (la salinisation, la dureté, l'accumulation des éléments toxiques et le pH) ; d'ailleurs les résultats trouvés ont montré des problèmes de salinisation, de perméabilité au niveau de la structure du sol ainsi qu'une accumulation importante du sodium au niveau du sol. Ce travail s'intéresse aussi aux apports fertilisants de l'eau usée traitée qui sont le nitrate, le nitrite, l'ammonium et le potassium. Les résultats trouvés ont montré une richesse d'eau usée traitée par ces paramètres qui n'est pas considérée par les utilisateurs au cours de la fertigation. Enfin ce travail a mis l'accent sur l'impact de la station de filtration dans l'abattement du nombre de germes pathogènes (les protozoaires et les nématodes). Un dénombrement de ces derniers a été réalisé et nous avons pu dégager un vrai danger pour les travailleurs et pour ceux qui ont contact avec cette eau.
Evolution de la qualité physico-chimiques et écotoxicologique des eaux usées de la station de traitement de Chotrana 2 et de ses rejets	Projet de fin d'études Emna DRIDI <i>Institut National Agronomique De Tunisie</i> <i>Département : Génie Rural, Eaux et Forêts</i> 2015	La présente étude s'intéresse premièrement à la caractérisation physico-chimique des eaux usées de la station d'épuration (STEP) de Chotrana 2 dans le but de suivre son évolution qualitative avant qu'elle ne soit mélangée avec d'autres eaux usées traitées et rejetées, et en deuxième lieu sur un suivi de l'évolution de la qualité écotoxicologique des eaux usées traitées à travers des tests de bio-essais. Le suivi de la qualité physico-chimique et microbiologique des eaux traitées de Chotrana 2 montrent la présence d'un taux d'abattement important pour les paramètres physico-chimiques (DCO, DBO5, MES, MD) après le traitement respectant ainsi la norme Tunisienne de rejet en milieu hydrique NT 106-002 ainsi que la norme Tunisienne NT 1060-03 relative aux spécifications des eaux usées traitées à des fins agricoles. Cependant le mélange de ces eaux traitées avec les eaux des autres STEP provoque la détérioration de sa qualité. Ces résultats sont confirmés par les bio-essais effectués dans le but d'évaluer la cytotoxicité des échantillons d'eau. En effet tous les échantillons d'eaux présentent une cytotoxicité des cellules due à la présence des micropolluants organiques.
SUIVI TEMPOREL DES EFFETS DES IRRIGATIONS PAR LES EAUX USEES TRAITEES SUR LE SOL ET	Projet de fin d'études Raja JLASSI <i>INSTITUT NATIONAL</i>	La rareté des ressources en eau est devenue telle, dans différentes régions du monde, qu'il y a eu recours de plus en plus vers des ressources en eau non conventionnelle. La Tunisie a investi depuis les années 1960 dans des stations d'épurations pour le traitement des eaux usées.

LA PLANTE	AGRONOMIQUE DE TUNISIE Département Agronomie et Biotechnologies Végétales 2015	L'utilisation des EUT est certes avantageuses pour plusieurs aspects : eau précieuse surtout pour un secteur agricole très demandeur, fournit aux sols et aux cultures des éléments nutritifs qui vont alléger la charge de la fertilisation, augmente la fertilité organique, etc. Cependant l'utilisation de ces EUT n'est pas sans risques : risques sanitaires dus aux pathogènes et aux métaux lourds, risque de dégradation des sols et contamination des nappes d'eaux souterraines. C'est dans ce contexte que s'inscrit cette étude. On va suivre dans le temps l'effet de l'irrigation par les EUT sur les sols et les plantes d'un PI Cebala Borj Touil, soumis depuis 1989 à l'irrigation par les EUT. On a choisi sur ce périmètre 3 parcelles sur lesquelles les irrigations par les EUT ont été volontairement arrêtés par les agriculteurs depuis respectivement 1 an, 3 ans et 7 ans. Ainsi on pourra suivre la rémanence surtout des ETM au niveau des sols et leurs phytodisponibilité pour une culture fourragère, l'avoine. L'évaluation de la qualité de ces eaux a montré que pour la plupart des paramètres, les valeurs enregistrées ne dépassent pas les concentrations fixées par la norme tunisienne même en ce qui concerne les ETM. Les EUT alimentant le PI Borj sont riches en éléments fertilisants surtout en N et K. Par contre ces EUT représentent un risque élevé de salinisation. Concernant la fertilité organique, on remarque un enrichissement relatif par la MO des parcelles P 2 et P 3 récemment irrigués par les EUT par rapport à P1. Par contre pour la fertilité chimique à part le Na⁺ et K⁺ plus présent dans la P3, les autres éléments ne constituent pas de différence significative entre les parcelles. On ne constate pas de différence significative dans la concentration de la plupart des ETM étudiées dans les sols des 3 parcelles, à l'exception du Cr qui a été détectée avec la teneur la plus faible au niveau de P 1 et le Zn qui montre une tendance inverse. Le Facteur de Transfert des ETM du sol vers le système racinaire des plantes est faible. Par contre le Coefficient de Transport des ETM à l'intérieur de la plante est relativement important.
Evaluation de la contamination des eaux d'irrigation par les métaux lourds et les hydrocarbures aromatiques polycycliques: Cas des eaux usées traitées à Nabeul et de l'Oued Méliane	MÉMOIRE DE MASTERE DE RECHERCHE Marwa Rmili 2014	Cette étude vise à évaluer l'effet des rejets urbains et industriels sur la qualité des eaux usées traitées (EUT) destinées à l'irrigation, et sur les eaux de surface et souterraines. Pour évaluer leurs qualité on a effectué des analyses de certains paramètres : pH ; la conductivité électrique (CE) ; la demande chimique en oxygène (DCO) ; la demande biologique en oxygène en 5 jours (DBO5) ; les hydrocarbures aromatiques polycycliques (HAP) et les métaux lourds (Al, Cd, Co, Cr, Cu, Fe, Ni, Pb Sn, Zn). Les sites d'échantillonnage sont les sorties des trois stations d'épuration SE3, SE4 et Korba. Pour les eaux conventionnelles l'échantillonnage était réalisé à Oued Meliane et au niveau de trois puits au périmètre irrigué par les EUT de Oued Souhil Nabeul, pour les eaux souterraines. Pour les EUT, on a vérifié si ces eaux respectent les normes Tunisiennes de rejets NT 106.02 (1989) et celles de réutilisation en irrigation NT 106.03(1989). A l'exception de l'élément Cd (>0,05 mg/l), la plupart des paramètres analysés dans les différents sites respectent les normes citées ci -

		dessus. La teneur la plus élevée en HAPs était observée au niveau de la station d'épuration de Korba. Dans les matières en suspension des EUT, les teneurs en Cd, Cr, Co, Cu, Pb et Ni ne dépassent pas les 100 mg/Kg dans les différents sites d'échantillonnage. Pour les eaux conventionnelles, la présente étude a évalué l'aptitude à la biologie et à l'irrigation des eaux de l'Oued Méliane. La classification a été basée sur le système d'évaluation de la qualité des cours d'eau Français « SEQ-eau » en tenant compte des mêmes paramètres analysés pour les eaux usées traitées. Pour l'aptitude à la biologie, les résultats ont montré que l'Oued Méliane présente un danger pour l'abondance et la variété des espèces à cause des teneurs en métaux lourds comme Zn, Cd, Pb. Pour les HAPs, les analyses ont montré une teneur totale de 2,064 µg/l dans le site de Rades. Les résultats d'analyse des eaux des puits indiquent que seul l'élément Cd avait une teneur peu élevée au niveau de l'un des puits de l'ordre de 0,05 mg/l.
Etude de la qualité des eaux usées traitées en Tunisie	Projet de fin d'études OUHIBI Raouia 2014 <i>INAT, Département Génie rural, eaux et forêts</i>	Le présent travail a été consacré à l'évaluation de la qualité des eaux usées traitées par rapport aux normes en vigueur (106.02 et 106.03). Un calendrier qui s'étale du 01/04/2014 au 15/05/2014 a été établi pour assurer des visites au niveau de 36 STEP afin d'évaluer les différents paramètres physicochimiques (DCO, DBO., MES, NH., PO., Cadmium, et Plomb) et les paramètres bactériologiques (les coliformes fécaux, les streptocoques fécaux, les vibrions cholériques et les salmonelles), ainsi que les œufs d'helminthes. Au cours de cette étude, on s'est intéressé aussi à la détection des différentes anomalies le long des filières de traitement biologique, ainsi qu'aux dysfonctionnements mécaniques enregistrés au niveau des STEP ; et ce afin d'évaluer les causes et les conséquences y associées et trouver les solutions adéquates pour assurer un bon fonctionnement des différentes STEP. Les résultats obtenus, dans le cadre et dans les conditions de notre étude étaient non satisfaisants. En effet, concernant les paramètres physico-chimiques, on a enregistré des taux de non-conformité très élevés par rapport aux normes Tunisiennes en vigueur, contrairement aux paramètres bactériologiques le taux dépassé légèrement la norme pour certaines STEPs. En outre, on a remarqué des dysfonctionnements mécaniques et des anomalies de fonctionnement au niveau de la majorité des STEPs visitées.

Impact d'irrigation par les eaux non conventionnelles sur la qualité de l'huile d'olive	Projet de fin d'études Mariam DAMMAK 2012	Le but de ce travail était d'étudier l'effet de l'irrigation avec les eaux usées traitées et les eaux salines sur les paramètres de qualité de différentes variétés d'huile d'olive. Les résultats ont montré que l'irrigation avec les eaux usées traitées n'a pas d'incidence sur les indices de qualité de l'huile pour les deux variétés Chemlali et Zalmati, mais elle peut affecter négativement la qualité de l'huile de Chetoui. Alors que l'irrigation par les eaux salines baisse la qualité des huiles des deux variétés Chemlali et Zalmati. En effet, les résultats obtenus sont soit proches des limites pour les différentes analyses ou qui ont déjà les dépassés.
Evaluation de la qualité microbiologique des fruits issus de l'irrigation par les eaux usées traitées dans le périmètre de EL Ourdanine (Monastir)	Mémoire de mastère en sciences et technologies alimentaires Elaboré par : BAHRI SANA 2011	Ce projet a été effectué dans un périmètre irrigué par des eaux usées traitées de EL OUARDANINE (MONASTIR). L'objectif de ce travail porte sur l'évaluation des risques éventuels de contamination microbiologique des fruits mûrs issus de l'irrigation des arbres fruitiers par les eaux usées traitées. Des analyses bactériologiques et virologiques ont été réalisées pour des prélèvements d'eaux usées brutes et épurées, boues, sols et de fruits issus d'arbres irrigués à l'eau usée traitée. Notre étude ne retrouve qu'un impact sanitaire réduit pour l'utilisation des eaux usées traitées et des boues séchées en arboriculture dans la région de EL OUARDANINE.
Effets de l'Irrigation des Agrumes aux Eaux Usées Traitées sur la Croissance, la Production et la Qualité des Fruits	PROJET DE FIN D'ETUDES RIAHI Amani 2011	Le but de ce travail est d'évaluer les effets de l'irrigation des agrumes aux eaux usées traitées sur la croissance végétative des arbres, les paramètres de production ainsi que sur la qualité des fruits (caractéristiques pomologiques, technologiques et bactériologiques). Les résultats de cette étude montrent que l'utilisation des eaux usées traitées pour l'irrigation des agrumes permet, dans la plupart des cas, d'améliorer certains paramètres de croissance et de fructification notamment la surface foliaire et le rendement. Concernant la qualité des fruits, les résultats obtenus mettent en évidence une amélioration des caractéristiques physiques tels que le calibre et le poids des fruits d'orange lorsque les arbres sont irrigués aux EUT mais, les caractéristiques technologiques (rendement en jus, acidité et teneur en solides solubles) ne subissent pas de variations sensibles par rapport aux fruits produits par les arbres irrigués aux eaux de puits. La qualité bactériologique de tous les fruits analysés était satisfaisante quelque soit l'origine des eaux utilisées pour l'irrigation des arbres.
Diagnostic et suivi des performances des stations d'épuration dans la zone de Sfax	Projet de fin d'études Fatma REKIK <i>Institut National Agronomique De Tunisie</i> <i>Département : Génie Rural,</i>	L'un des principales préoccupations de l'Office National d'Assainissement (ONAS) est de préserver l'environnement contre les mauvais impacts de rejets des eaux usées brutes dans le milieu naturel. Pour cette raison des stations d'épuration ont été installées dans des différentes régions de la Tunisie dans le but de traiter ces eaux, contrôler la pollution et atténuer ses risques. Dans ce cadre on a procédé à des études expérimentales pour les sept stations d'épuration du gouvernorat de Sfax (Sfax Sud, Sfax Nord, Hencha, Jbeniena, Mahrés, Agareb et Kerkennah) afin

	<i>Eaux et Forêts</i> 2011	de prendre des mesures adéquates des traitements. Le présent mémoire de projet de fin d'étude consiste à mener une étude analytique en amont et en aval de chaque station d'épuration en se basant sur des paramètres physicochimiques afin de juger les performances des procédés de traitement des eaux usées. Les principales conclusions tirées de cette étude sont les suivantes : - La pollution industrielle infectant les eaux usées brutes constitue l'une des difficiles et importantes menaces à éliminer pour éviter ses effets néfastes sur la nature. - L'évaluation du bon fonctionnement d'une station d'épuration ne s'appuie pas seulement sur son rendement épuratoire en demande en oxygène et matières en suspension, mais aussi sur son rendement énergétique puisque la meilleure station est celle qui élimine le maximum de pollution par rapport à son débit en consommant le minimum d'énergie. - La gestion du rendement énergétique au niveau des stations d'épuration du gouvernorat de Sfax n'est pas bien contrôlée (surtout pour la station de Kerkennah qui a fonctionné par un double procédé de traitement pour un très faible débit en dissipant beaucoup d'énergie). - Le traitement des eaux usées à boues activées (Aération prolongée) est le plus utile dans la région de Sfax vu ces rendements épuratoires importants et sa grande capacité de traitement. - Le traitement des eaux usées s'arrête généralement au niveau secondaire et ces eaux obtenues seront rejetées dans le milieu naturel. Cependant le traitement peut atteindre le niveau tertiaire (élimination de la contamination bactériologique) et dans ce cas l'eau peut être réutilisée dans plusieurs domaines et surtout pour le domaine agricole. - Les boues traitées obtenues suite à ces procédés peuvent être aussi utilisées dans le domaine agricole. Néanmoins, cette source n'est pas bien exploitée dans le gouvernorat de Sfax puisque les stations se contentent actuellement de stocker ces boues sèches dans des locaux en attendant l'accord du ministère de l'agriculture.
Etude des Possibilités d'augmentation du tarif des eaux usées traitées dans le périmètre public irrigué de Borj Touil	Projet de fin d'études Amira HIDRI 2010	La Tunisie a encouragé et a subventionné la tarification des EUT, dans le but de promouvoir et d'inciter les agriculteurs à les mieux valoriser. C'est pourquoi depuis 1998, une décision présidentielle a été menée ramenant le prix à 20 millimes/ m³ systématiquement dans tous les périmètres irrigués à partir des EUT. Notre étude a permis de dégager les résultats suivants : - Le tarif appliqué actuellement coûte au gestionnaire un déficit budgétaire de l'ordre de 600 MD annuellement. - Ce tarif bien qu'il est réduit, il y a comme même 6% des agriculteurs n'ont pas la capacité de le

		payer. Pour une valorisation meilleure des EUT dans le périmètre de Borj Touil il est recommandé de : • Revoir la liste des cultures pratiquées dans le but d'introduire des cultures plus rémunératrices assurant un revenu stable pour l'agriculteur et un taux d'intensification plus élevé (cultures industrielles...). • Améliorer la qualité et le service de l'eau. • Mise en place d'un réseau de drainage dans les parcelles agricoles pour la réduction de la stagnation de l'eau pendant les mois pluvieuses et l'amélioration de la structure du sol. • Œuvrer pour regagner la confiance des agriculteurs vis-à-vis de cette eau par la réalisation des recommandations sus mentionnées. Limites du travail Ce travail de projet fin d'étude était une expérience agréable et exceptionnelle, cependant nous avons rencontré quelques obstacles et limites parmi lesquels on peut citer : La réalisation d'une enquête auprès des agriculteurs la première fois était une application très pénible c'est pour cela que le temps procuré au premier agriculteur enquêté a dépassé les deux heures mais par la suite la mission commence à être plus facile. La majorité des agriculteurs ne veulent pas répondre à nos questions surtout celles relatives à leurs revenus, en revanche ils parlent beaucoup des charges d'exploitations. Donc dans la majorité des cas il faut revoir les réponses des agriculteurs.
<i>Suivi qualitatif et quantitatif des eaux de la nappe de Korba avant et après recharge par les eaux usées traitées de la station d'épuration</i>	Projet de fin d'études Baouab Med Hassen 2009	La gravité de la situation atteinte par la nappe de Korba, suite à sa surexploitation et à la dégradation de la qualité de ses eaux, est à l'origine de l'élaboration du présent travail. Ce dernier s'est concentré sur l'étude de l'impact quantitatif et qualitatif du site de recharge artificielle de la nappe phréatique de Korba par les eaux usées traitées de la station d'épuration. C'est dans ce cadre que de nombreuses analyses physico-chimiques et bactériologiques ont été effectuées aux niveaux des piézomètres entourant le site de recharge. Certes, et avec l'avancement de l'étude, on remarque une amélioration qualitative et quantitative résultant de l'effet positif de la recharge de la nappe, exception faite des concentrations en nitrites et de l'indice de permanganate. Cette atténuation de la pollution couplée à l'augmentation du niveau piézométrique de la nappe de Korba témoigne de l'utilité de l'installation de ce site de recharge alimentant la nappe de façon optimale. Cela permettrait à long terme le rétablissement de l'état des ressources en eaux souterraines de la zone d'étude.

Diagnostic et procédés d'amélioration d'un périmètre irrigué avec les eaux usées traitées Cas du périmètre El Hajeb Gouvernorat de Sfax	PROJET DE FIN D'ETUDES Elaboré par : KEBAILI Mohamed 2008	Dans le contexte général d'aridité, les ressources en eau en Tunisie sont limitées. La pression démographique concomitante les dernières années de sécheresse a encouragé l'orientation vers des nouvelles ressources non conventionnelles : les eaux usées traitées pour usage agricole. La présente étude est portée sur le périmètre irrigué El Hajeb localisé dans la délégation de Thyna du gouvernorat de Sfax, pour lequel on a tenté d'évaluer l'impact des eaux usées traitées au niveau de l'exploitation agricole. Elle comporte : - Une étude bibliographique concernant l'irrigation et les eaux usées en Tunisie - Une analyse diagnostic du périmètre irrigué d'El Hajeb qui a abouti aux résultats suivants : - o Mauvaise état des infrastructures hydrauliques - o Faibles pression au niveau de quelques bornes du périmètre - o Non application des textes réglementaires des eaux usées traitées à l'échelle de l'ONAS et de l'agriculteur - Une étude d'impact des eaux usées traitées sur la nappe, le sol, la santé humaine et quelques produits agricoles - Propositions d'amélioration : - o Modifier la conception du réseau d'irrigation en éliminant les piquages directs sur la conduite de refoulement et la mise en place d'une nouvelle conduite branché au réservoir de régulation. - o Adopter une irrigation à tour d'eau pour obtenir des pressions favorables - o Renouvellement et maintenance des infrastructures agricoles - o Prévoir un ouvrage de stockage de grande capacité pour desservir le périmètre pendant les heures de chute de la quantité des EUT. - o Améliorer les activités de vulgarisation, de sensibilisation et d'information des ménages agricoles
DESINFECTION PHOTOCATALYTIQUE ET PAR UV DES EAUX USEES SECONDAIRES DE LA STATION D'EPURATION DE KELIBIA	MASTERE Limnologie et ressources vivantes en milieux continentaux Elaboré par : MAHMOUDI Arbia 2007 <i>Réalisé au Laboratoire de Parasitologie de l'INGREF</i>	Les résultats de nos travaux montrent que la STEP de kélibia fournit une eau traitée au niveau tertiaire par rayonnement UV qui ne répond pas au normes de l'OMS pour une irrigation non restrictive. L'abattement bactérien est aléatoire et non satisfaisant, il est en moyenne de 0,7 unité log/ 100 ml pour tous les germes témoins de contamination fécale; ceci est probablement dû à la mauvaise qualité physicochimique des eaux secondaires à l'entrée du réacteur à UV notamment de la turbidité. Néanmoins, le filtre à sable placé à l'amont du réacteur à UV et conçue pour abattre la turbidité et les MES permet de réduire en moyenne que 12 % de la turbidité. La turbidité moyenne à la sortie du filtre est de 33 NTU, valeur élevée dû à son colmatage régulier et son lavage d'une manière aléatoire. Quant aux résultats des analyses parasitologiques, le filtre à sable permet d'abattre 71 % des kystes de protozoaires et 100 % des œufs d'helminthes alors que le

		réacteur à UV contribue à 39 % dans l'élimination des kystes des protozoaires. Ainsi, les eaux traitées au niveau tertiaire sont conformes aux normes de réutilisation agricole (< 1 œuf d'helminthe/l). Toutefois, il est important de signaler que 54,5 % d'échantillons sont encore positifs en kystes de protozoaires avec des concentrations de l'ordre de $1,52 \cdot 10^2$ /l. Les résultats de la désinfection par photocatalyse des eaux usées secondaires de la STEP Kélibia, à l'échelle du laboratoire et en utilisant les rayonnement solaires, montrent que : - Les concentrations de 0,1 et 0,25 g/l de TiO₂ en suspension dans l'eau permettent d'obtenir une qualité microbiologique des eaux conformes aux recommandations de l'OMS pour une irrigation sans restriction et ceci après 180 min d'exposition. Néanmoins, les résultats obtenues en utilisant 0,1 g/l sont légèrement inférieur à ceux obtenues par l'emploi de la concentration 0,25 g/l. Mais la prolongation de la durée d'exposition semble compenser cette différence. - Des taux semblables de désinfection ont été obtenus en l'absence du photocatalyseur. L'effet de TiO₂ à pH normal n'est pas clair puisque la désinfection peut être réalisée sans catalyseur. Seulement à pH 8,5 la présence de TiO₂ en solution augmente l'inactivation des germes tests de contamination fécale. - Dans le cas des travaux menés en utilisant le TiO₂ fixé sur support, l'emploi de la concentration 25 g/m² permet d'atteindre aisément une eau usée photodésinfectée conformes aux recommandations de l'OMS pour une irrigation sans restriction et ceci après 180 min d'exposition. Néanmoins, par l'emploi de la concentration 15 g/m² les normes ne sont atteintes qu'après 240 min d'exposition. - La charge élevée en MES (> 30 mg/l) constitue une contrainte pour le traitement photocatalytique car les MES empêchent et limite la pénétration de la lumière et donc l'excitation du TiO₂ comme elles peuvent piéger les espèces oxydantes ou protéger les microorganismes. - L'effet du volume d'eau sur l'efficacité du traitement photocatalytique est appréciable. L'emploi des volumes d'eau faible permet d'atteindre plus rapidement les normes de l'OMS. Ainsi, les germes témoins de contamination fécale sont mieux traitées dans un volume de 100 ml comparer aux volumes 250 et 500 ml dans le cas de photocatalyseur en suspension. Dans le cas de l'emploi du photocatalyseur fixé sur support, les germes sont mieux traités dans un volume de 1 litre comparé aux volumes 3 et 5 litres. Ces résultats sont expliqués au fait que la réaction photocatalytique a lieu à l'interface solide fluide, aussi l'épaisseur de la lame d'eau joue un rôle sur la pénétration des rayonnements en profondeur. Les essais photocatalytique par rayonnement UV, réalisés au niveau de l'unité de désinfection à
--	--	---

		UV de la STEP de Kélibia, montrent que la concentration 0,1 g/l permet d'avoir les meilleurs résultats mais il n'y a pas une très grande différence entre employé ou ne pas employé TiO₂. Les abattements sont dus à l'action des rayons UV. Ainsi les eaux traitées ne sont pas conformes aux normes de l'OMS pour une irrigation sans restrictions. D'après ces résultats, on peut conclure que la désinfection par photocatalyse des eaux usées urbaines est limité par plusieurs facteurs tels qu'un temps d'irradiation élevé, l'emploi des pH basiques pour assurer des abattements élevés, la charge élevée en MES et l'emploi de faibles volumes.
Contribution à l'étude de l'effet à long terme de l'irrigation avec les EUT sur les sols et les aquifères	Mastère en Hydraulique Agricole et Aménagement Rural Mabrouk Wafa <i>Institut National Agronomique De Tunisie</i> <i>Département : Génie Rural, Eaux et Forêts</i> 2007	Le recours aux eaux usées traitées (EUT) pour l'irrigation est devenu une pratique courante dans divers pays. Cette ressource constitue un potentiel de matières fertilisantes azotées, phosphatées et potassiques. Cependant, son utilisation présente des problèmes sanitaires et environnementaux, telle que l'accumulation des éléments traces métalliques (ETM), qui représentent des risques de contamination des sols et des nappes. D'autre part, l'effet à long terme de l'irrigation avec ces eaux n'a pas été suffisamment étudié. Dans cet objectif, on a entrepris l'évaluation de cet effet sur les sols et les eaux souterraines et l'état de contamination de ces deux ressources par les sels et les ETM, et ce dans deux périmètres irrigués depuis une vingtaine d'année par les EUT. Il s'agit du périmètre de Mornag et celui de Nabeul. Deux parcelles irriguées, l'une avec l'EUT et l'autre avec l'eau de puits, ont été retenues pour permettre la comparaison. Et pour interpréter les données relatives aux teneurs totales en ETM, on a procédé par une caractérisation complète des sols jusqu'à 4 m de profondeur et une analyse de la distribution spatiale de leurs teneurs en ETM. Les résultats montrent une augmentation de la teneur en matière organique des sols irrigués par les EUT et son entraînement en profondeur. A Mornag, compte tenu de la salinité relativement élevée des EUT par rapport à celle de l'eau de puits, la salinisation des sols et leur sodisation sont manifestes. Dans le cas de Nabeul, la situation est différente : la salinisation reste modérée mais légèrement plus importante dans la parcelle irriguée par l'eau de puits que celle par l'EUT, reflétant la qualité des eaux d'irrigation. Concernant les ETM, les teneurs sont sensiblement plus élevées dans les parcelles irriguées par l'EUT que dans celles irriguées par l'eau de puits. Au bout d'une vingtaine d'années d'irrigation, les teneurs en certains ETM (Ni, Cr et Pb à Nabeul, Pb à Mornag) ont doublé et certains ont dépassé les normes (Cd à Nabeul et Ni et Cd à Mornag). On a constaté aussi l'enrichissement en ETM des sols en profondeur (4m), ce qui témoigne de la mobilité de ces éléments malgré la richesse des sols en calcaire et leur pH basique. La texture relativement sableuse et la faible capacité d'échange cationique des sols d'une part, le régime pluvial et le régime intensif de l'irrigation d'autre part, seraient à l'origine de cette

		augmentation. Ceci pourrait être confirmé par la contamination des eaux des puits par certains ETM et également par les nitrates. Enfin, il apparaît qu'il est nécessaire, d'une part, d'approfondir certains aspect de l'exploitation des EUT en irrigation, et d'autre part de contrôler la pollution des sols et des aquifères par ces ressources en eau.
--	--	--

5.3 Programme de travail – rencontres avec les parties prenantes (été 2017)

Date	Structure	Mission	Objet
19/6	COPIL	M1	Réunion de lancement
19/6	Min. de la santé		Premier contact : positionnement et biblio
20/6	ONAS		Premier contact : positionnement et biblio
20/6	Min. de l'agri DGGREE		Premier contact : positionnement et biblio
21/6	Min. de l'enviro DGQV		Premier contact : positionnement et biblio
21/6	COPIL		Restitution mission 1
29/6	Min agri DGGREE	-	Biblio études et suivi
10/7	ANSCEP	-	Contrôle sanitaire des produits
11/7	INRGREF	M2	Biblio recherche
12/7	ONAS et CRDA		Terrain site PPI El Hajeb, prélèvements eau
13/7	ONAS et CRDA		Terrain site PPI Borj Touil, prélèvements eau
13/7	Golf la Soukra		Terrain, prélèvements eau
13/7	CERTE		Biblio recherche
18/7	ONAS et CRDA	M3	Terrain site PPI Borj Touil, prélèvements sol
19/7	COPIL élargi		Premiers livrables
20/7	ONAS et CRDA		Terrain site PPI El Hajeb, prélèvements sol
28/7	ONAS	-	Conventionnements, jeu d'acteurs
9/8	ONAS	M4	Système de contrôle de la qualité de l'eau
9/8	Min. de la santé		Système de contrôle de la qualité de l'eau
11/8	ONAS et CRDA		Terrain PPI Souhil, prélèvements eau
14/8	ONAS et CRDA		Terrain PPI El Hajeb, prélèvements eau
22/8	ONAS et CRDA	-	Rencontre Nabeul : GIRE, recharge
28/8	Ag foncière du tourisme	-	Usage EUT golfs et espaces verts
28/8	Ag foncière de l'industrie	-	Usage industriel EUT
29/8	Min agri DGGREE	M5	Programme d'échantillonnage