



CHANTIER COSTEA "REUSE - REUTILISATION DES EAUX USEES EN AGRICULTURE"



RAPPORT DE SYNTHESE 'MAROC'

MARS 2022

PRESENTE PAR LE BINOME : BRAHIM SOUDI ET KHAOULA ZAHRAOUI



RESUME

Le COSTEA (Comité Scientifique et Technique sur l'Eau Agricole), porté par l'Association Française pour l'Eau, l'Irrigation et le Drainage (**AFEID**) et financé par **l'AFD**, est un réseau qui vise à promouvoir le partage de connaissances et d'expériences entre acteurs de l'irrigation afin d'appuyer les opérations et les politiques en matière d'eau agricole,

Une des actions structurantes du COSTEA intitulée « **REUSE** » vise à documenter pour **six pays** (Algérie, Maroc, Tunisie, Sénégal, Palestine, Bolivie) des dispositifs et expériences de Réutilisation des Eaux Usées afin de bâtir des **recommandations communes et spécifiques**. Elle est coordonnée par la SCP (Société du Canal de Provence).

L'objectif principal est de **donner les clés aux décideurs**, concernés et intervenants dans la REUT, afin d'identifier les opportunités et les enjeux de cette pratique dans la perspective de migration de la situation actuelle caractérisée par un fort potentiel de REUSE sous valorisé, à une situation où la REUSE est promue, boostée et sécurisée.

Le présent rapport porte sur la synthèse de la REUT au Maroc. Il comporte les sections suivantes :

- état des lieux national ;
- bibliographie existante ;
- analyse de la situation nationale selon le prisme des 3 thèmes, et analyse globale par SWOT
- grille d'analyse multicritères pour le choix des sites d'étude.

Il s'agira dans un premier temps d'analyser le contexte marocain actuel en rappelant **les réponses et les initiatives gouvernementales, politiques, réglementaires et managériales**, entreprises dans le secteur de l'eau et de dresser l'état des lieux des dispositifs de traitement - Réutilisation des eaux usées au Maroc.

Faisant suite à la collecte non exhaustive des informations documentaires et leur compilation tout en respectant la trame bibliographique de COSTEA arrêtée à la première phase de recadrage méthodologique de l'étude, une attention particulière a été accordée à l'analyse globale de la situation nationale de la REUSE selon l'approche des **4 Thématiques du travail**, qui étaient précédemment définies et discutées lors l'atelier tenu à Lyon en 2018 : *Thème 1*) : REUSE non planifiée et REUSE décentralisée ; *Thème 2*) : Gouvernance, organisation des utilisateurs, acceptabilité, concertation, formation ; *Thème 3*) : Gestion intégrée des ressources en eau et impact économique de la REUSE et *Thème 4*) : Efficacité et adaptation des équipements, gestion des risques sanitaires et environnementaux.

GIRE ET EAUX USEES TRAITÉES AU MAROC

Force est de constater que le Maroc s'est intensément engagé, **depuis 1960**, dans la **planification et la mobilisation de l'eau** à travers des initiatives et des politiques nationales qui témoignent d'une ferme volonté de relever les défis auxquels le secteur de l'eau est

toujours confronté. Plusieurs efforts sont déployés en matière de mobilisation des ressources en eau souterraines et de surface, de **grandes infrastructures hydrauliques** ont été mises en place, et même des systèmes de **transfert d'eau inter-bassins** ont été créés pour résorber le déficit dans certains bassins. Malgré ces réalisations, et à côté de la **raréfaction des ressources** suite aux années récurrentes de **sécheresse** et **l'augmentation des besoins sectoriels** en eau, la pression sur ces ressources a significativement augmenté.

En réponse à cette situation, une panoplie des stratégies, **plans et programmes de l'eau** ont été lancés, en démarrant par le PNA en 2006 et sa revue stratégique en 2008, arrivant au PNAM lancé en 2018. Ces plans et programmes nationaux se rejoignent dans la reconnaissance de l'importance voire l'obligation de l'intégration de la composante « la réutilisation des eaux usées traitées » dans la GIRE.

En se dirigeant vers cette éventualité d'intégration de la REUT, le récent **programme national d'approvisionnement en eau potable et l'irrigation 2020-2027**, prévoit, à côté des actions de mobilisation des eaux conventionnelles et de rationalisation de l'utilisation de l'eau, le recours aux eaux non conventionnelles, notamment le dessalement de l'eau de mer et la réutilisation des eaux usées, qui deviennent de réelles alternatives dans un contexte de changement climatique.

La vue d'ensemble des dispositifs de traitement des eaux usées au Maroc démontre un rythme soutenu de leur mise en place dans le cadre de PNA, où leur nombre est passé de **5 stations d'épuration en service en 2000 à 141 STEP en fin 2019**, 8 émissaires marins achevés et **79 STEP additionnelles en cours de construction**.

REUT AGRICOLE

Avec ce rythme soutenu de la composante « épuration », évolue potentiellement la composante « réutilisation » où le volume total mobilisable (= volume d'EUT produites ayant bénéficié d'un traitement tertiaire) pour la REUSE, s'élève à environ 200 Mm³ en fin 2019 soit un taux de 51% du volume total traité. Néanmoins, il est à signaler que la REUT en irrigation agricole peine à se développer. En effet, les données factuelles actualisées montrent qu'à ce jour, **aucun projet à une échelle grandeur - nature n'est opérationnel**. Seuls de petits projets pilotes (400 à 1000 m³/jour), notamment ceux de Ouarzazate, Ben Sergao, Drarga, Attaouia ont été réalisés et ont permis de développer des référentiels techniques et de renforcer les compétences scientifiques qui sont assez bien documentées. Rappelons aussi, que **depuis 2009**, plusieurs projets de réutilisation des eaux usées traitées en irrigation des cultures, ont été ficelés, dimensionnés, planifiés et sont à ce jour en cours d'opérationnalisation. Il s'agit notamment **des projets de réutilisation à Boujâad, Oued Zem, Guelmim, Settât, Tiznit et Oujda**. Les efforts déployés par le gouvernement à travers le Département de l'Eau et les autres parties concernées sont considérables pour l'opérationnalisation de ces projets en vue de déclencher le processus de développement de la REUSE en agriculture.

AUTRES USAGES DES EUT

Au temps où la réutilisation des EUT pour des fins agricoles se trouve dans une situation mitigée entre le blocage et la tentative de démarrage, les autres options émergentes telles

que l'arrosage des **golfs**, des **espaces verts** et le **lavage des phosphates** (usage industriel piloté par l'OCP), se sont avérées relativement opérationnelles et demeurent candidates à un développement fortement soutenu par le gouvernement marocain. Pour le cas des phosphates, il n'y a pas concurrence avec la REUSE agricole car le développement s'opère uniquement dans les zones d'intervention de l'OCP.

GESTION DES BOUES

Il est à rappeler que ce rythme de développement de l'assainissement liquide au Maroc génère inévitablement des **gisements importants des boues estimés à plus de 110 000 Tonnes MS¹/an**, dont les principales destinations actuelles sont le stockage direct sur les sites des STEP, la mise en décharge, ou encore une utilisation peu ou non contrôlée par les agriculteurs. Faisant partie du spectre de la présente action, la thématique de gestion des boues des stations d'épuration demeure toujours non résolue, la sonnette d'alarme est tirée de nouveau vu le régime soutenu de génération des boues. Une **stratégie nationale de gestion des boues des stations d'épuration** a été **élaborée en 2010** par le département de l'environnement, mais les recommandations de cette stratégie n'ont pas été concrétisées à ce jour.

Les **trois filières** susceptibles d'être développées au Maroc, à des proportions variables selon le contexte de chaque STEP en termes de capacité, de procédé d'épuration et d'opportunités de valorisation, sont :

- (i) la filière verte (valorisation en agriculture, pour la réhabilitation des sols dégradés, la végétalisation des carrières abandonnées et des décharges fermées, etc.) ;
- (ii) la filière rouge (valorisation énergétique) ;
- (iii) la filière noire (mise en décharges mixtes ou en mono-décharges).

La réussite de toutes ces filières requiert que les boues soient significativement **déshydratées** (au moins à 30% pour la mise en décharge et 60-80% pour la valorisation énergétique et l'épandage direct sur les sols agricoles). Pour cela, et partant du fait que le gisement solaire est important au Maroc, il est recommandé d'adopter un séchage naturel prolongé avant d'épandre les boues séchées, directement ou après **co-compostage** avec d'autres déchets organiques, sur les sols notamment lorsqu'il s'agit de STEP de type extensif (lagunage naturel ou lagunage aéré) implantées dans les petits et moyens centres.

Pour le cas de grandes installations, et particulièrement dans les zones sensibles (activité touristique, proximité de zones écologiquement vulnérables, proximité du littoral, proximité des habitations, etc.), le Maroc est en train de développer le **séchage des boues sous serre** en adoptant la technologie avancée de séchage contrôlé sous-serre hermétique. Le rendement énergétique de cette technologie est amélioré grâce au rayonnement solaire intense dans la plupart des régions marocaines. Le cas de la STEP de **Marrakech** est emblématique qui héberge, depuis 2018, la station de séchage solaire des boues la plus grande au niveau africain. Ce système permet d'atteindre 80% de siccité et d'assurer une valorisation énergétique. La valorisation en agriculture est aussi envisageable.

¹ Ce calcul a été basé sur des ratios moyens de 20 g MS/hab.jour pour les systèmes extensifs de type lagunage et de 60 g MS/hab.jour pour les systèmes intensifs de type boues actives

Le cas des boues issues des petites STEP, notamment en **milieu rural**, devra être traité différemment. En effet, nous avons fortement recommandé d'opter dans ces cas, à **l'épandage direct des boues liquides** seules ou mélangées avec les eaux usées traitées, après la stabilisation et hygiénisation. Il serait utopique, et pas technico - économiquement acceptable de sécher de petits volumes de boues contenant 2% de boues et 98% d'eau. *Leur valorisation hydrique, organique et nutritive devrait être privilégiée particulièrement dans les sols de zones arides.*

Il va sans dire qu'à ce stade, **on ne dispose pas encore d'un référentiel** de valorisation des boues et particulièrement en agriculture. Certes, certains projets pilotes ont vu le jour mais ils ont été voués à l'échec malgré les efforts louables déployés et malgré la bonne qualité des boues comparées aux normes européennes ou canadiennes. Cependant, il est à signaler que le PNAM affiche la gestion des boues parmi les priorités. Au même titre que la REUSE, la valorisation des boues fait l'objet des études dans le cadre de l'assistance technique menée notamment avec l'appui de l'AFD au Ministère de l'Intérieur. Les institutions en charge de l'assainissement sont aujourd'hui conscientes de la nécessité d'intégrer les filières « Eau » et « boues » pour une meilleure durabilité des dispositifs de traitement – réutilisation.

STRUCTURE DU RAPPORT

Conformément à la note méthodologique commune pour les 6 pays cibles de l'action, le présent rapport - synthèse documentaire implique non exhaustivement une compilation d'une soixantaine d'informations documentaires respectant le modèle des fiches du COSTEA prédéfinie à la première phase de l'activité « méthodologie commune ».

Comme les **documents synthétisés** sont de différentes natures, et dans l'objectif d'éviter tout chevauchement entre les fiches, il était nécessaire de les classer selon les **trois catégories** suivantes : (i) études nationales structurantes ; (ii) recherche scientifique et (iii) études spécifiques liées à des projets.

Toutefois, la deuxième catégorie portant sur la recherche scientifique, apparaît être encore généraliste ce qui risquerait d'entremêler les fiches classées sous cette catégorie. Pour y remédier, une deuxième ramification de la deuxième classe s'impose, ainsi on s'est proposé de diviser la catégorie Recherche Scientifique en 4 blocs : (a) *coopération internationale*, (b) *projets pilotes faisant office de champ d'expérimentation et de recherche*, (c) *rappports techniques* et (d) *expérimentation et recherche*.

ANALYSE SELON LES 4 THEMES DE L'APPROCHE REUSE DU COSTEA

Il ressort de l'analyse nationale étayée par la suite, les messages clés suivants relatifs aux quatre thématiques de travail de la REUSE agricole autour desquelles est axée la présente étude :

- **TH1** : La réutilisation dite non planifiée ou non contrôlée, largement répandue au Maroc, pourrait se définir par trois modes : 1) Utilisation des eaux usées brutes directement depuis les sorties d'eaux d'égout ; 2) Utilisation indirecte où le captage de l'eau se fait après traitement et mélange avec les eaux conventionnelles et 3) utilisation mixte et alternée des deux précédents modes ;

- **TH2** : En matière de gouvernance institutionnelle, les goulots d'étranglement résident dans les lacunes institutionnelles : (i) une absence de leadership livrant les projets à une gestion multi-céphalique ; (ii) la norme contraignante relative à la qualité des eaux destinées à l'irrigation qui est en cours de révision ; (iii) les difficultés de mise en conformité avec ladite norme ; (iv) le blocage de la procédure d'octroi de l'autorisation par l'ABH conformément à la loi ; et (v) les faibles capacités financières des communes et des usagers ;
- **TH3** : Dans le spectre d'intégration de la REUSE dans la GIRE, la REUSE est définie comme étant un créneau de renforcement de l'offre et un moyen d'atténuation de la pression sur la ressource. Et pour l'opérationnalisation des objectifs de cette intégration, des subventions sont octroyées aux agences de bassins hydrauliques pour l'investissement dans des actions d'économie d'eau et de protection des ressources et pour intégrer les potentialités de valorisation des eaux usées dans les PDAIREs. Il est inévitable de déduire également qu'il est quasi impossible que les agriculteurs puissent couvrir tous les frais supplémentaires connexes à la REUSE ; la solution résiderait donc dans la subvention par l'état pour couvrir l'écart entre le coût réel et les prix payés par les agriculteurs ;
- **TH4** : Pour assurer une durabilité environnementale, la législation stipule que tous les projets soient soumis à une évaluation environnementale assortie d'un Plan de Gestion Environnementale et Sociale (PGES) qui devra être mis en œuvre par les acteurs concernés. Quant à l'aspect sanitaire de la pratique, une réutilisation sécurisée des eaux usées traitées en agriculture ne pourra être assurée qu'après traitement tertiaire avec désinfection et filtration. En tout cas, c'est l'option retenue pour le Maroc.

Comme il est étayé dans ce rapport, l'approche multi-barrières de l'OMS (2006), bien qu'elle soit pertinente sur le plan conceptuel, il est difficilement applicable dans la petite agriculture car les mesures barrières dont notamment de post-récolte (lavage, cuisson, épluchage, etc.) sont difficiles à contrôler et cela pourrait même créer une réticence chez les agriculteurs et les consommateurs. En outre, comme séparer dans un marché local, les produits des cultures irriguées avec les EUT des autres produits issus des systèmes de production irrigués avec les eaux conventionnelles. Dans tous les cas, des Plans de sécurisation de la REUSE (*Wastewater Reuse Safety Plans*) devront être élaborés et opérationnalisés dans toute la région à l'instar de ce qui a été préconisé par l'Union européenne en se basant sur les directives de l'OMS.

Enfin, et en anticipant sur la prochaine étape de l'action qui portera sur l'organisation des ateliers participatifs ayant pour objet la remontée des expériences marocaines, une **grille d'analyse multicritère** a été élaborée, en faisant participer tous les pays participants, pour le choix des sites en respectant leur représentativité sur les deux échelles et sur les quatre thématiques définies. Ainsi, nous opté à une analyse multicritères pondérée qui s'est soldée par le choix des **sites d'Oujda** (zone aride dans la région de l'Oriental) **et Fezna** (zone oasienne d'Er-Rachidia). Rappelons aussi que ce choix a été préalablement arrêté lors de l'établissement du rapport national de la REUSE en agriculture, par la FAO en 2020 et entériné par la Direction de l'Irrigation et l'Aménagement de l'Espace agricole. Ce choix se recoupe parfaitement avec

les critères – COSTEA et demeure en ligne avec les quatre thèmes ou piliers de l'action structurante – COSTEA.

TABLE DES MATIÈRES

RESUME.....	2
LISTE DES ILLUSTRATIONS.....	10
LISTE DES ACRONYMES	12
1 INTRODUCTION.....	13
1.1 L'INITIATIVE COSTEA REUSE	13
1.2 ETAT ZERO	13
2 ANALYSE DU CONTEXTE.....	15
2.1 REPONSES ET INITIATIVES GOUVERNEMENTALES.....	15
2.1.1 PLANIFICATION ET REFORME DU SECTEUR DE L'EAU	15
2.1.2 DEVELOPPEMENT ET UTILISATION DES RESSOURCES EN EAU	16
2.1.3 PROGRAMME PRIORITAIRE D'ALIMENTATION EN EAU POTABLE ET D'IRRIGATION 2020-2027.....	16
2.1.4 STRATEGIE NATIONALE DE L'EAU.....	17
2.1.5 PLAN NATIONAL DE L'EAU (PNE)	18
2.2 GESTION INTEGREE DES RESSOURCES EN EAU (GIRE) AU MAROC	18
2.3 ÉTAT DES LIEUX DES DISPOSITIFS DE TRAITEMENT DES EAUX USEES AU MAROC	23
2.3.1 PARC DES STEP ET VOLUMES TRAITES	23
2.4 ETAT ET POTENTIEL DE REUTILISATION DES EAUX USÉES.....	24
2.4.1 LIMINAIRE.....	24
2.4.2 SITUATION DE LA REUSE EN AGRICULTURE	25
2.4.3 AUTRES OPTIONS DE REUTILISATION EN IMPORTANT DEVELOPPEMENT.....	27
2.4.4 AUTRES OPTIONS PILOTES EMERGENTES.....	28
2.4.5 CONCLUSION INTERMEDIAIRE.....	28
2.4.6 CAS PARTICULIER DE L'ASSAINISSEMENT LIQUIDE ET REUTILISATION DES EAUX USEES EN MILIEU RURAL MAROCAIN.....	30
2.5 GESTION DES BOUES D'EPURATION	34
2.5.1 LES GISEMENTS DE BOUES CROISSENT AU RYTHME DE L'EPURATION DES EAUX USEES.....	34
2.5.2 REPONSES ET INITIATIVES	36
2.5.3 LES FILIERES RECOMMANDEES POUR LA GESTION DES BOUES ISSUS DES STATIONS D'EPURATION.....	38
2.6 PERSPECTIVES EN MATIERE DE TRAITEMENT – REUTILISATION DES EAUX USÉES.....	49
2.6.1 OBJECTIFS STRATEGIQUES AFFICHES PAR LES POLITIQUES ET PLANS NATIONAUX ...	49
2.6.2 OBJECTIFS OPERATIONNELS – 2030.....	49
3 BIBLIOGRAPHIE.....	52
3.1 PRINCIPALES ÉTUDES STRUCTURANTES NATIONALES.....	52

3.2 RECHERCHE SCIENTIFIQUE	52
3.2.1 ÉQUIPES ET PLATEFORMES DE RECHERCHE DANS LE DOMAINE DE TRAITEMENT- REUTILISATION DES EAUX USEES ET DES BOUES AU MAROC	52
3.2.2 DOMAINES ET THEMES DE RECHERCHE.....	54
3.2.3 COOPERATION INTERNATIONALE	56
3.2.4 PROJETS PILOTES FAISANT OFFICE DE CHAMP D'EXPERIMENTATION ET DE RECHERCHE	57
3.3 ÉTUDES SPECIFIQUES LIEES A DES PROJETS.....	57
3.4 RECAPITULATIF DES FICHES DE SYNTHÈSE.....	58
4 ANALYSE DE LA SITUATION NATIONALE SELON L'APPROCHE DES 4 THEMES.....	66
4.1 TH1 : LA REUTILISATION NON PLANIFIEE DE L'EAU	66
4.2 TH2 : GOUVERNANCE, ORGANISATION DES UTILISATEURS, ACCEPTABILITE, FORMATION	67
4.2.1 GOUVERNANCE	68
4.2.2 ORGANISATION DES USAGERS	70
4.2.3 DETERMINANTS DE L'ACCEPTABILITE DES AGRICULTEURS POUR LA REUSE	70
4.2.4 FORMATION ET ENCADREMENT DES AGRICULTEURS	72
4.3 TH3 : GESTION INTÉGRÉE DES RESSOURCES EN EAU ET ÉCONOMIE DE LA REUSE	72
4.3.1 INTEGRATION DE LA REUSE DANS LA GIRE	72
4.3.2 CONTRAINTE DE RECOUVREMENT DES COUTS.....	73
4.3.3 MARGE POTENTIELLEMENT GENEREE PAR LA REUSE EN AGRICULTURE	73
4.3.4 CAPACITE DES AGRICULTEURS A PAYER POUR LES EUT	74
4.4 TH4 : EFFICACITE ET ADAPTATION DES EQUIPEMENTS, GESTION DES RISQUES SANITAIRES ET ENVIRONNEMENTAUX	75
4.4.1 MAINTENANCE ET EFFICACITE DES EQUIPEMENTS.....	75
4.4.2 DURABILITE ENVIRONNEMENTALE.....	76
4.4.3 GESTION DES RISQUES SANITAIRES.....	76
4.5 ANALYSE SWOT ET PROPOSITIONS D'AMÉLIORATION.....	77
5 GRILLE D'ANALYSE MULTICRITERE POUR LE CHOIX DES ETUDES DE CAS....	80
5.1 PRESENTATION DE LA GRILLE.....	80
5.2. IDENTIFICATION DE SITES POTENTIELS POUR LES ÉTUDES DE CAS DE PHASE 3.....	80
5.2 VERIFICATION DES DONNEES DISPONIBLES.....	82
6 ANNEXES	83
6.1 ANNEXE 1 : LE MAROC FACE AUX CHANGEMENTS CLIMATIQUES.....	83
6.2 ANNEXE 2 : MATRICE AMC POUR IDENTIFICATION DES SITES POTENTIELS POUR LES ETUDES DE CAS DE PHASE 3	87
6.3 ANNEXE 3 : FICHES DE SYNTHÈSE.....	88

LISTE DES ILLUSTRATIONS

LISTE DES FIGURES

Figure 1. Action structurante « REUSE COSTEA » dans un processus de développement de la REUSE.....	14
Figure 2 : Articulation des stratégies, plans et programmes de l'eau.....	20
Figure 3. Cycle de l'eau urbaine et d'assainissement liquide dans le cycle hydrologique naturel (Figure compilée par Soudi et Zahraoui pour la présent rapport).....	21
Figure 4 : Répartition des niveaux de traitement des EU.....	24
Figure 5 : Répartition des procédés d'épuration.....	24
Figure 6 : Filières de gestion des boues recommandées (Soudi et al., 2016 – Réf N°26).....	38
Figure 7 : Humidité des boues et Œufs d'ascaris/ gr MS En fonction du temps du stockage.	39
Figure 8 : Proportions des options de REUT par rapport l'objectif de 325 Mm3 en 2030.....	50
Figure 9 : Potentiel des superficies irrigables en 2030 dans les bassins hydrauliques selon trois options.....	51
Figure 10 : Évaluation du taux de couverture des thématiques clés (REUSE et Boues) par la recherche scientifique au Maroc.....	55
Figure 11 : variation du coût de pompage de l'eau avec le niveau de la nappe.....	71
Figure 12 : Étapes clés de préparation et d'établissement d'un plan de sécurisation sanitaire.....	76
Figure 13 : Analyse SWOT appliquée à la thématique de REUT en agriculture au Maroc.....	78
Figure 14 : Prévisions d'augmentation des températures et de diminution des précipitations (AFD-INRA « Projet d'adaptation au changement climatique de l'agriculture au Maghreb »	84

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1 : Niveau d'assainissement et d'épuration d'eaux usées au Maroc sur la période 2011-2019.....	23
Tableau 2 : Matrice récapitulative des projets de réutilisation agricole en cours d'opérationnalisation.....	26
Tableau 3 : études clés relatives à la gestion des boues des stations d'épuration.....	37
Tableau 4 : Classement des options adaptées au contexte agro-climatique des petites agglomérations rurales (Soudi, 2017).....	42
Tableau 5 : STEP caractérisées.....	44
Tableau 6 : Concentration moyenne des métaux lourds dans les boues résiduaire au Maroc.....	45
Tableau 7 : La teneur des boues en composés traces organiques ($\mu\text{g}/\text{Kg MS}$).....	46
Tableau 8 : Teneurs limites en composés organiques dans les boues ($\text{mg}/\text{kg MS}$) d'après « European Union Draft on Sewage Sludge ».....	46
Tableau 9 : Le nombre des œufs d'helminthes dans les boues résiduaire de neuf STEP.....	46
Tableau 10 : Récapitulatif des fiches de synthèse classées selon les trois catégories prédéfinies.....	59
Tableau 11 : Superficie et nombre de périmètres irrigués avec les eaux usées de manière non planifiée et très souvent non contrôlée.....	67
Tableau 12 : Calcul des gains engendrés sur différentes cultures grâce à la REUT.....	74

Tableau 13 : Taux de REUT pour différents usages en fin 2019	79
Tableau 14: Grille d'analyse multicritères.....	80
Tableau 15 : Matrice de sélection des sites potentiels pour études de cas.....	81

LISTE DES ENCADRES

Encadré 1 : zones d'ombre et lacunes d'opérabilité	68
Encadré 2 : illustrations de cas influençant le degré de réussite et d'acceptabilité de REUT ..	71

LISTE DES ACRONYMES

ABH	Agence de Bassin Hydraulique
AEP	Alimentation en Eau Potable
AMB	Approche Multi-Barrières
AUEA	Association des Usagers de l'Eau Agricole
CESE	Conseil Économique, Social et Environnemental
COSTEA	Comité Scientifique et Technique Eau Agricole
MAD	Dirham (monnaie marocaine)
DIAEA	Direction de l'Irrigation et de l'Aménagement de l'Espace Agricole
DMN	Direction de la Météorologie Nationale
DPA	Direction Provinciale de l'Agriculture
DRPE	Direction de la Recherche et de la Planification de l'Eau
EU	Eaux Usées
EUT	Eaux Usées Traitées
FAO	Food and Agricultural Organization (Organisation des Nations-Unies pour l'Alimentation et l'Agriculture)
Ha	Hectare
MENA	Middle East and North Africa (Moyen-Orient et Afrique du Nord)
Mm ³	Millions de mètre cube
OMS	Organisation Mondiale de la Santé
ONCA	Office National du Conseil Agricole
ONEE-BO	Office National de l'Eau et de l'Électricité – Branche eau
ONSSA	Office National de Sécurité Sanitaire des produits Alimentaires
PDAIRE	Plan Directeur de l'Aménagement Intégré des Ressources en Eau
PNA	Programme National d'Assainissement liquide et d'épuration des eaux usées
PNAM	Programme national d'assainissement mutualisé et de réutilisation des eaux usées traitées
PNAR	Programmes National d'Assainissement Rural
PNE	Plan National de l'Eau
PNREUE	Programme National de Réutilisation des Eaux Usées
PPP	Partenariat Public Privé
RADEEO	Régie Autonome de l'Eau et de l'Électricité d'Oujda
REUT	Réutilisation des Eaux Usées Traitées
SAU	Superficie Agricole Utile
SCP	Société du Canal de Provence
STEP	Station d'Épuration
UE	Union Européenne
UV	Ultraviolet

1 INTRODUCTION

1.1 L'INITIATIVE COSTEA REUSE

Le COSTEA, Créé en juin 2013 à l'initiative de l'Association française pour l'eau, l'irrigation et le drainage (AFEID) et de l'Agence française de développement (AFD), fait office d'une plateforme d'expertise et de valorisation des résultats de Recherche-Développement dans le domaine de l'eau agricole. Ses deux objectifs premiers sont : (i) de promouvoir et de partager les connaissances et expériences des acteurs de l'irrigation en France et dans les pays du Sud ; (ii) d'appuyer les opérations et les politiques publiques en matière d'utilisation durable de l'eau agricole.

Depuis 2015, COSTEA s'est engagé dans une action structurante REUSE suite à un diagnostic de situation élaboré par le bureau d'études Ecofilae et à l'atelier organisé au mois de septembre 2018 qui a permis d'identifier et de prioriser les enjeux spécifiques et communs dans les six (6) pays cibles de cette action (Algérie, Bolivie, Maroc, Palestine, Sénégal, Tunisie.)

1.2 ETAT ZERO

La note d'enjeux partagés, diffusée en 2018, a mis en évidence l'intérêt de remonter et analyser les réussites de projets de REUSE de chacun des pays cibles, d'en réaliser un benchmark notamment sur le plan réglementaire et institutionnel, et de déboucher sur des **recommandations**. C'est dans ce cadre que le présent chantier « COSTEA », appuyé par l'AFD, est amorcé pour documenter les expériences -pays, capitaliser le retour d'expérience, dresser les recommandations pour promouvoir la REUSE et mettre en réseau les experts et les institutions des pays cibles œuvrant dans ce domaine.

La figure 1, ci-dessous, illustre le champ d'intervention de cette action – COSTEA dans le processus de Théorie de Changement et de migration de la situation actuelle caractérisée par un fort potentiel de REUSE sous-valorisé à cause d'un certain nombre de barrières, à une situation où la REUSE est boostée et sécurisée.

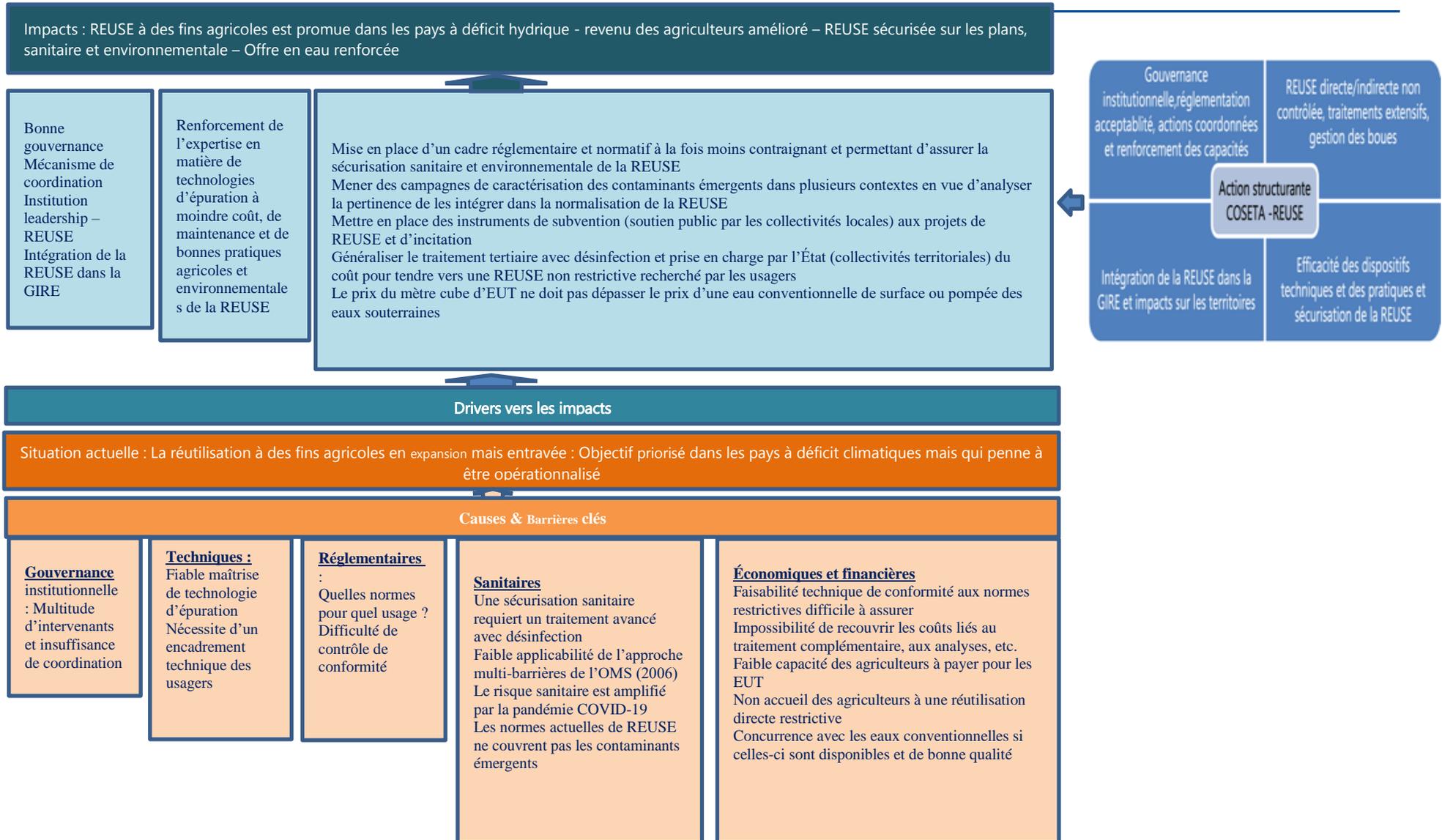


Figure 1. Action structurante « REUSE COSTEA » dans un processus de développement de la REUSE

2 ANALYSE DU CONTEXTE

2.1 REPONSES ET INITIATIVES GOUVERNEMENTALES

2.1.1 PLANIFICATION ET REFORME DU SECTEUR DE L'EAU

Les facteurs de succès de la gestion des ressources en eau au Maroc résident dans la politique de planification à long terme lancée dès 1960 et dans l'établissement d'un cadre institutionnel et d'un arsenal juridique et législatif dont notamment la loi sur l'eau 10-95, révisée en 2016 pour devenir la nouvelle **loi sur l'eau 36-15**. Cette loi consolide la gestion intégrée, participative et décentralisée des ressources en eau par la création, notamment, **d'agences de bassins hydrographiques**. Soulignons le fait que cette loi est venue pour améliorer le cadre juridique relatif aux thématiques suivantes : (i) la valorisation de l'eau de pluie et des eaux usées ; (ii) le dessalement de l'eau de mer ; (iii) la prévention et la protection contre phénomènes extrêmes liés aux changements climatiques, en particulier les inondations ; (iv) la protection et la préservation des ressources en eau ; (v) l'encadrement de l'utilisation du domaine public hydraulique ; et (vi) le renforcement des capacités des acteurs du secteur à travers notamment l'organisation de la profession du forage des puits, le renforcement du rôle de la Police de l'eau, et le développement de systèmes numériques au sein des ABHs.

Ainsi le Maroc s'est doté de 140 barrages en 2016 contre seulement 16 barrages en 1967. Cela a permis d'équiper près de 1,5 Millions d'hectares pour l'irrigation et de satisfaire les besoins en eau potable, les besoins en eau industriels et touristiques, et de développer la production hydroélectrique. Dans le contexte d'accentuation des phénomènes extrêmes de changement climatique, la mobilisation de l'eau dans les barrages a permis d'atténuer les effets de la sécheresse et de protéger contre les inondations.

Malgré ces réalisations, et à côté de la raréfaction des ressources suite aux années récurrentes de sécheresse et en eau et l'augmentation des besoins sectoriels, la pression sur ces ressources a significativement augmenté. Aussi, selon le Conseil Économique, Social et Environnemental (CESE, 2014)², les modèles d'utilisation de l'eau et les prélèvements ne sont pas durables.

Concluons en disant que le Maroc s'est intensément engagé depuis 1960 dans la planification et la mobilisation de l'eau en vue de répondre aux besoins sectoriels vitaux du pays. Ainsi, pour une meilleure gouvernance du secteur, le Maroc a mis en place un cadre institutionnel basé sur la gestion des ressources en eaux à l'échelle des bassins hydrographiques par des agences spécialisées (les ABHs), et un cadre juridique et législatif assez complet qui a commencé par la loi 10-95 et qui est actualisé par la nouvelle loi sur l'eau 36-15. Dans le contexte de changement

² CESE, « Gouvernance par la gestion intégrée des ressources en eau au Maroc : levier fondamental de développement durable », 2014.

climatique, le Maroc a anticipé sur un certain nombre de mesures d'adaptation (économie de l'eau, efficacité d'utilisation, lutte contre les inondations, etc.).

2.1.2 DEVELOPPEMENT ET UTILISATION DES RESSOURCES EN EAU

A partir de 2013-2014, la planification de l'eau au Maroc a mis l'accent sur la maximisation de la capture des ressources en eau de surface du pays et sur leur utilisation optimale en agriculture irriguée, en approvisionnement en eau potable, en industrie et pour la production d'énergie. Ainsi, comme il a été mentionné auparavant, le nombre de grands barrages est passé de 16 en 1967 à 140 en 2016 ; cela a conduit à une augmentation de près de neuf fois la capacité de stockage de l'eau soit un volume de 17.6 Milliards de m³, équivalent à 530 m³ par habitant (Ziyad, 2017)³. Soulignons aussi que le Maroc a mis en place 13 systèmes de transfert d'eau inter-bassins. D'autres grands projets d'infrastructure de planification et/ou de construction, sont à un stade avancé, pour capter la majeure partie du ruissellement de surface. La plupart des grandes infrastructures hydrauliques sont polyvalentes, intégrant dans sa conception et son fonctionnement le Nexus eau-agriculture-énergie.

Les efforts de mobilisation des eaux souterraines à partir des puits et des forages ont été également investis. Cette ressource stratégique contribue à environ un tiers de la production d'eau potable dans l'ensemble du pays, mais jusqu'à 90 % dans les régions rurales. En outre, 40 % de la superficie actuellement irriguée, principalement des cultures d'exportation à haute valeur ajoutée, dépend des eaux souterraines. Celles-ci jouent également le rôle d'un réservoir d'eau stratégique pendant les années de sécheresse.

Rappelons que **la majeure partie des ressources en eau du Maroc est utilisée par l'agriculture**. Ce secteur consomme à lui seul près de **85 % des ressources en eau mobilisées**, contre 10 % pour l'usage domestique et 5 % pour l'industrie.

En somme on peut dire que le Maroc déploie des efforts importants en matière de mobilisation des ressources en eau souterraines et de surface. De grandes infrastructures hydrauliques, de fonctions polyvalentes, ont été mis en place à un rythme soutenu. Pour résorber le déficit dans certains bassins des systèmes de transfert d'eau inter-bassins ont été mis en place. La finalité étant de répondre aux besoins sectoriels dont essentiellement celui de l'agriculture.

2.1.3 PROGRAMME PRIORITAIRE D'ALIMENTATION EN EAU POTABLE ET D'IRRIGATION 2020-2027

Le gouvernement marocain a lancé un programme prioritaire d'alimentation en eau potable et d'irrigation 2020-2027, et ce, pour faire face aux déficits enregistrés au niveau d'accès à

³ Ziyad A (2017) River basin master plans: planning and water management tools to identify hydraulic projects. AFRICA 2017: Water storage and hydropower development for Africa ; Marrakech, Morocco, March 14-16, 2017

l'eau dans certaines zones. Ce programme vise : (i) l'amélioration de l'offre, en accélérant le rythme d'investissement dans les aménagements hydrauliques notamment les grands barrages et le cas échéant, les stations de dessalement ; (ii) la gestion de la demande à travers le programme d'économie d'eau notamment dans le secteur agricole ; (iii) le renforcement de l'approvisionnement en eau potable en milieu rural ; (iv) le recours aux ressources non conventionnelles à travers la promotion de la réutilisation des eaux usées épurées pour l'arrosage des espaces verts ; et (v) la sensibilisation et la communication en vue de renforcer la conscience liée à l'importance de la préservation des ressources en eau et la rationalisation de son utilisation.

Parmi trois axes d'intervention, **l'axe N°2 est dédié à la réutilisation des eaux usées**. En effet, ce programme prévoit le financement de la première tranche de la composante réutilisation du Programme National d'Assainissement Liquide Mutualisé et de la réutilisation des eaux usées (PNAM). Pour ce faire, **87 projets de réutilisation sont programmés à l'horizon de 2027** dont 22 projets seront destinés à l'arrosage des golfs. Remarquons que la majorité, soit 85 projets, ciblent la réutilisation des EUT en agriculture.

En guise de conclusion, on peut dire que ce programme d'urgence, vise deux secteurs vitaux, très menacés par le changement climatique ; il s'agit de sécuriser l'alimentation en eau potable en milieu rural et de répondre aux besoins en irrigation. Une adéquation et une optimisation de l'offre et de la demande constituent sa toile de fond. Retenons aussi deux éléments importants qui sont l'économie de l'eau à travers l'irrigation localisée et le renforcement de l'offre par le recours aux eaux non conventionnelles dont les eaux usées traitées.

2.1.4 STRATEGIE NATIONALE DE L'EAU

La Stratégie Nationale de l'Eau (SNE) 2010-2030 a été présentée devant SA MAJESTE LE ROI MOHAMMED VI en 2009 à Fès, elle visait soutenir le développement socio-économique du Maroc, en satisfaisant les besoins de la croissance et en protégeant le Royaume face aux aléas climatiques. Elle repose sur trois principaux piliers, à savoir :

- **Gestion de la demande** : Les actions sur la demande en eau comprennent notamment un programme de conversion massive à l'irrigation localisée, une amélioration des réseaux de distribution urbains et d'adduction vers les périmètres irrigués pour de meilleurs rendements. La gestion de la demande en eau et la valorisation de l'eau permettra à terme une économie d'eau d'environ 2.5 Milliards de m³ /an
- **Amélioration de l'Offre** :
 - ✓ La mobilisation des ressources en eau conventionnelles moyennant la construction de 60 grands barrages et de 1000 petits barrages pour le développement local d'ici 2030,
 - ✓ Le transfert de ressources en eaux brutes des bassins du Nord vers le Sud (800 Mm³ /an),
 - ✓ Le recours à la mobilisation des ressources en eau non conventionnelles notamment le dessalement de l'eau de mer (400 Mm³ /an) et la réutilisation des

eaux usées épurées (300 Mm³/an). Ainsi un Programme national de réutilisation des eaux usées épurées (PNREUE) a été mis en place à partir de 2015.

- ✓ **Préservation des ressources en eau et la lutte contre la pollution.**

2.1.5 PLAN NATIONAL DE L'EAU (PNE)

Le Plan National de l'Eau (PNE) constitue le document de référence sur lequel reposera la politique nationale de l'eau pour les trente prochaines années, allant de 2020 à 2050. Il décrit les dispositions prioritaires pour assurer la sécurité hydrique du pays. Remarquons que le programme prioritaire d'alimentation en eau potable et d'irrigation 2020-2027, vint en urgence pour booster les préconisations du PNE.

La loi 36-15 sur l'eau a placé le PNE au cœur de la planification économique sociale et d'aménagement du territoire du pays, puisque tous les plans de développement régionaux et sectoriels et les schémas régionaux d'aménagement du territoire ainsi que les documents de planification de l'eau à l'échelle des bassins hydrauliques doivent tenir compte de ses orientations et ses prescriptions.

Le PNE est établi selon une approche participative impliquant toutes les départements ministériels et établissements publics intervenant dans le secteur de l'eau à l'échelle nationale et en prenant en compte les programmes et stratégies de développement sectoriels.

Le PNE fait l'objet de révisions périodiques tous les 10 ans, sauf circonstances exceptionnelles

Le PNE 2020-2050 est en cours de finalisation, il a tenu compte les nouvelles exigences de la loi 36-15 notamment l'horizon de planification qui est passé de 20 à 30 ans et la prise en compte de l'impact du changement climatique sur le secteur de l'eau.

Par ailleurs, le PNE a intégré les actions à engager par les acteurs du secteur de l'eau prévues dans le Programme Prioritaire pour l'approvisionnement en eau et l'irrigation pour 2020-2027 présenté à Sa Majesté Le Roi Mohammed VI.

2.2 GESTION INTEGREE DES RESSOURCES EN EAU (GIRE) AU MAROC

La GIRE est une approche intersectorielle conçue pour promouvoir le développement coordonné et la gestion de l'eau, des terres et des ressources connexes afin de maximiser le bien-être économique et social de manière équitable, sans compromettre la durabilité des écosystèmes vitaux et de l'environnement.

Ses fondements ont été établis à la Conférence de Dublin sur l'eau et l'environnement et au Sommet de la Terre de Rio en 1992 « *Alors que les problèmes de pénurie d'eau et d'évacuation des eaux usées s'aggravent, il devient de plus en plus important d'adopter et d'améliorer les*

pratiques de conservation de l'eau, les systèmes de dessalement et de réutilisation des eaux usées⁴ ».

La GIRE repose sur quatre approches qui devront être adoptées dans leur ensemble ;

- (i) une approche multisectorielle,
- (ii) une approche participative impliquant et responsabilisant les parties prenantes,
- (iii) une approche basée sur le principe d'intégration amont-aval,
- (iv) une approche pollueur – payeur

a- La GIRE est affichée dans la stratégie nationale de l'eau (SNE) et s'opérationnalise par le plan national de l'eau (PNE)

Les principales réformes politiques et stratégiques sont :

- (i) l'adoption d'une stratégie à long terme pour la gestion intégrée des ressources en eau (GIRE), véhiculée par le PNE qui fait office de cadre de programmes d'investissement à l'horizon 2030 ;
- (ii) élaboration d'un nouveau cadre juridique et institutionnel avec la participation des parties prenantes ;
- (iii) l'instauration des instruments d'incitations économiques dans les décisions d'allocation de l'eau par le biais de tarification et de recouvrement des coûts;
- (iv) l'établissement d'un système de surveillance et de contrôle efficaces de la qualité de l'eau afin de réduire sa dégradation.

Il s'agit aussi, pour concrétiser la GIRE, de gérer la demande en eau et la valorisation de l'eau grâce à de nouveaux outils et instruments financiers prioritaires par le PNE. Dans le domaine de l'eau potable, en plus des objectifs de sécurité de l'offre, le plan vise à améliorer l'efficacité des réseaux de distribution pour atteindre une efficacité moyenne nationale de 80 % à l'horizon 2025. Les secteurs de tourisme et de l'industrie sont aussi contraints à adopter des pratiques d'économie d'eau, à réduire la consommation d'eau et à maximiser la réutilisation et le recyclage de l'eau. Dans le domaine de l'agriculture, un programme national d'économie d'eau d'irrigation (PNEEI) a été élaboré. Il est basé sur une conversion massive de l'irrigation de surface en irrigation goutte à goutte. Aussi, et très récemment, un Programme prioritaire d'alimentation en eau potable et d'irrigation 2020-2027 a été élaboré. L'axe N°2 de ce programme est dédié à la réutilisation. Il est ainsi prévu la première tranche de la composante réutilisation du Programme National d'Assainissement Liquide Mutualisé et de la réutilisation des eaux usées (PNAM). Pour ce faire, 87 projets de réutilisation sont programmés à l'horizon de 2027 dont 22 projets seront destinés à l'arrosage des golfs.

b- Les Plans Directeurs d'Aménagement Intégré des Ressources en Eau (PDAIREs): instrument de gestion intégrée des ressources en eau à l'échelle des bassins hydrauliques

⁴ Water Resources Management, Policy Paper, World Bank, 1993

Conformément à la loi 36-15 relative à l'eau, les PDAIREs sont établis pour chaque bassin ou ensemble de bassins hydrauliques en prenant en considération les orientations stratégiques et prescriptions du PNE. Ces plans directeurs sont établis pour une durée d'au moins 30 ans, par les Agences des Bassins Hydrauliques (10 Agences) en concertation avec les services décentralisés des départements ministériels et établissements publics intervenants dans le secteur de l'eau.

Le PDAIRE comprend, notamment :

- (i) une synthèse de l'état des lieux, notamment, l'évaluation des ressources en eau sur les plans quantitatif et qualitatif et l'état de l'aménagement et de l'utilisation des ressources en eau ;
- (ii) l'évaluation de l'évolution de la demande en eau par secteur et par types d'usages ;
- (iii) l'affectation des eaux mobilisables aux différents usages potentiels ;
- (iv) les objectifs à atteindre en matière de qualité des eaux ainsi que les délais et les mesures appropriés pour les réaliser ; (iv) la proposition des schémas de mobilisation et de gestion des ressources en eau conventionnelles et non conventionnelles et des milieux aquatiques, respectant les principes de la GIRE et regroupant les mesures techniques, économiques et environnementales à prendre. Les PDAIREs 2020-2050 sont actuellement en phase finale de leur révision.

On se propose d'illustrer par les figures 2 ci-dessous, **l'articulation et la connexion historique des stratégies, plans et programmes en matière de planification, gestion et utilisation des ressources en eau au Maroc**. Cette figure fait focus sur l'assainissement-réutilisation.

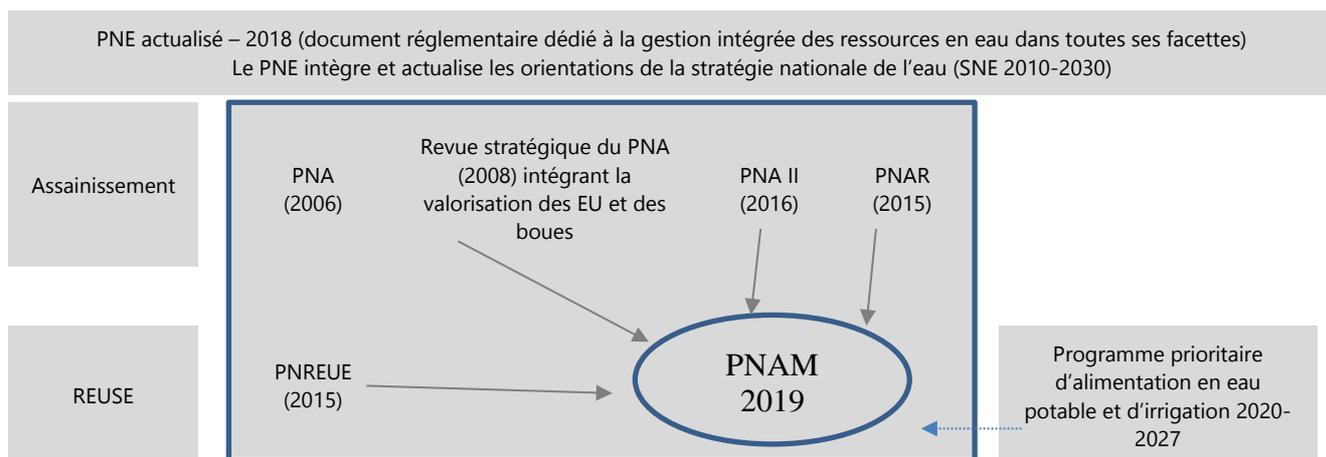


Figure 2 : Articulation des stratégies, plans et programmes de l'eau

Légende :

SNE : Stratégie Nationale de l'Eau, **PNE** : Plan national de l'eau, **PNA** : Programme National d'Assainissement liquide et d'épuration des eaux usées, **PNAR** : Programme National d'Assainissement Rural, **PNREUE** : Programme National de Réutilisation des Eaux Usées Épurées, **PNAM** : Plan National d'Assainissement Mutualisé

c- La gestion intégrée de l'eau urbaine (GIEU) : une connexion nécessaire avec la GIRE à l'échelle des bassins

Les changements économiques, sociaux et environnementaux, identifiés par Daniell et al (2015) comme étant de potentiels moteurs d'une transition vers la GIEU, sont largement répandus au Maroc. Ils comprennent:

- (i) une forte augmentation de la population urbaine, une urbanisation croissante et une demande de plus en plus importante pour les services d'approvisionnement en eau et d'assainissement et de traitement des eaux usées, dans un contexte d'incertitude climatique croissante;
- (ii) la rareté croissante de la ressource;
- (iii) un environnement propice à l'innovation technologique;
- (iv) de nouvelles approches et de nouveaux systèmes de gouvernance de l'eau;
- (v) un changement de la culture de l'eau et une demande plus importante d'approches respectueuses de l'environnement;
- (vi) la dégradation des écosystèmes et la prise de conscience croissante de la nécessité de protéger les écosystèmes fluviaux en milieu urbain.

d- L'intégration de l'assainissement – réutilisation dans la GIRE est une nécessité

Les eaux urbaines font partie du cycle de l'eau. En d'autres termes, le cycle « artificiel » de l'eau urbaine est attaché au cycle hydrologique naturel comme l'illustre la figure 3.

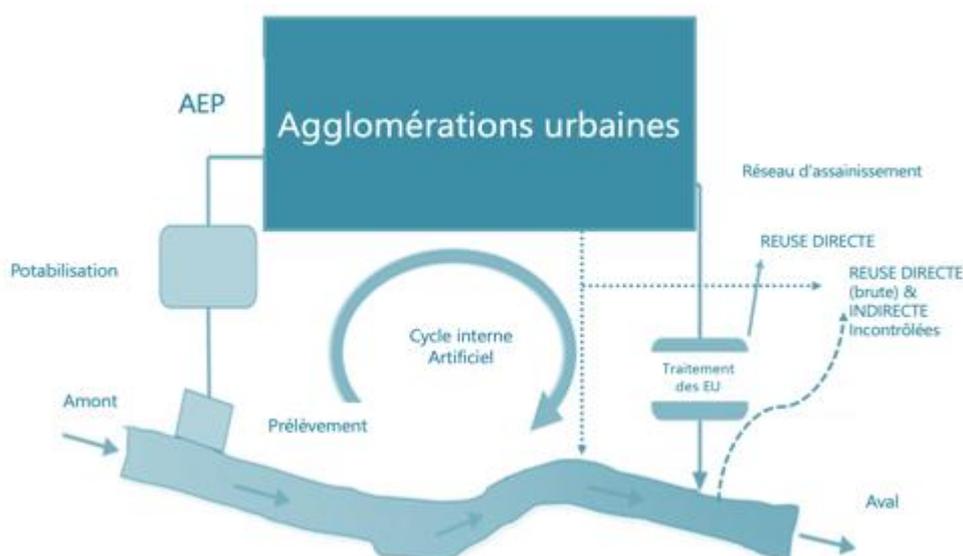


Figure 3. Cycle de l'eau urbaine et d'assainissement liquide dans le cycle hydrologique naturel (Figure compilée par Soudi et Zahraoui pour la présent rapport)

Depuis 2010, l'évaluation environnementale stratégique du Plan d'assainissement – ONEE Branche eau (ex-ONEP), conduite par Soudi – SAFEGE-France (2010)⁵ pour la BEI-ONEP, avait recommandé d'adopter une approche globale du cycle de l'eau. Celle-ci consiste à appréhender à la fois la problématique de l'ensemble du bassin versant et celle du système d'assainissement, tout en les intégrant dans l'urbanisation. C'est grâce à cette approche qu'on peut cerner plusieurs problèmes. Par exemple, une urbanisation mal maîtrisée du point de vue de l'hydraulique pourrait provoquer une augmentation importante des apports d'eaux pluviales au réseau et aggraver la fréquence des déversements au milieu récepteur, multipliant ainsi les chocs de pollution auquel il sera soumis⁶.

Les fondements de cette approche existent dans plusieurs instruments au Maroc mais son application réelle sur le terrain n'a pas encore effective. En outre, la plupart de ces instruments de planification et de gestion quantitative et qualitative de l'eau, à l'amont et à l'aval des bassins versants, ne sont pas encore suffisamment articulés. A ce niveau, il convient de dire de mentionner que la problématique de gestion des eaux pluviales par exemple requiert une action institutionnelle coordonnée entre l'ABH et la commune. En effet, Les eaux pluviales proviennent à la fois des « eaux urbaines » de voirie mais aussi des « eaux naturelles » ou ce qu'on appelle les apports extérieurs. Ceci sous-entend que leur gestion est une responsabilité partagée notamment entre les communes et la agences des bassins.

Dans ce schéma, **il apparait aussi nécessaire d'intégrer la réutilisation des Eaux Usées dans la planification de l'eau et de l'assainissement**. Pour cela, il est recommandé de s'inspirer des Directives de l'EU pour l'intégration de la réutilisation dans la planification et la gestion de l'eau dans le contexte de la Directive Cadre de l'Eau (EU, 2016)⁷.

Ainsi, pour le Maroc, et pour les autres pays du sud de la Méditerranée, la réutilisation des eaux usées devra être intégrée dans :

- (i) plans de gestion des bassins hydrauliques ou hydrographiques (PDAIREs) ;
- (ii) Plans de gestion de la sécheresse et plans d'adaptation au changement climatique,
- (iii) plans d'utilisation des terres aux niveaux urbains et rural ;
- (iv) plans ou programmes d'irrigation ;
- (v) plans et programmes d'assainissement
- (vi) plans et programmes de dépollution hydrique industrielle.

⁵ Soudi, B. 2012. Pour BEI_SAFEGE-ONEP. Évaluation Environnementale Stratégique ONEP - Programme Assainissement

⁶ ONEP. 2009. Assistance technique à la problématique des eaux pluviales. Étude réalisée par C3E-SAFEGE Maroc

⁷ EU.2016. Guidelines on Integrating Water Reuse into Water Planning and Management in the context of the WFD - Document endorsed by EU Water Directors at their meeting in Amsterdam on 10th June 2016



2.3 ÉTAT DES LIEUX DES DISPOSITIFS DE TRAITEMENT DES EAUX USEES AU MAROC

2.3.1 PARC DES STEP ET VOLUMES TRAITES

La situation actuelle du secteur de l'assainissement liquide, en termes de réalisations, a enregistré une évolution remarquable caractérisée par⁸ : (i) un taux de raccordement au réseau de l'ordre de 76% en 2019 contre 70% en 2005 ; et (ii) un taux d'épuration de 66% avec émissaires marins et 55% sans émissaires en 2019 contre 7% enregistré en 2005.

Il est à rappeler que la gestion du secteur de l'assainissement liquide au Maroc est assurée par quatre principaux opérateurs, à savoir l'ONEE-Branche Eau, les régies, les communes et les concessionnaires privés. Le dernier Tableau de Bord du PNA de 2019-2020, montre que le parc des stations d'épuration comprend 156 STEP et 8 émissaires marins achevés ; 79 STEP sont en cours de construction. Le volume des eaux usées traitées est de 394,6 Mm³ (sans émissaires).

Le tableau 1 relate l'état d'avancement du PNA de 2011 jusqu'au mois de septembre 2019.

Tableau 1 : Niveau d'assainissement et d'épuration d'eaux usées au Maroc sur la période 2011-2019

Année	Taux de raccordement (%)	Nombre de STEP	Volume des EU traitées (Mm ³ /an)	STEP avec traitement tertiaire	Taux de dépollution (%)	
					Avec émissaires	Sans émissaires
Projets achevés						
2011	72	49	150	11		
2015	74	98	313,42	39	61%	48%
2019	76	141 dont 8 émissaires	394.6	60	66%	55%
Projets en cours						

Le volume traité jusqu'au niveau du tertiaire⁹ et donc mobilisable pour la réutilisation s'élève à environ 200 Mm³ en 2019 soit un taux de 51% du volume total traité.

⁸ MEME/DE, septembre 2019. Tableau de bord du PNA.

⁹ On entend au Maroc par traitement tertiaire, un traitement complémentaire consistant en une série d'opérations qui se succèdent au traitement biologique secondaire qui sont : (i) pour le cas du lagunage, il s'agit de bassins facultatifs et surtout de maturation suivies par une désinfection pour assurer l'élimination des parasites et des bactéries et par une filtration; (ii) pour les boues activées, ce traitement tertiaire vise à éliminer les bactéries et les restes de solides en suspension par des opérations de finition qui sont: la coagulation, la floculation, la filtration sur sable et désinfection aux UV et la chloration. Cette définition retenue au Maroc est axée sur l'objectif d'une réutilisation non restrictive.

En ce qui concerne le niveau de traitement adopté, on note, comme cela est illustré par figure 4, que la part des procédés de traitement limités au traitement primaire dans la totalité des STEP existantes, a reculé d'un taux 17 % enregistré en 2014 (DIAEA, 2014) à 6% selon le tableau de bord du PNAM de 2019. Alors que les pourcentages des traitements secondaires et tertiaires sont passés respectivement de 42% et 41% en 2014 (DIAEA, 2014)¹⁰ à 51% et 43% enregistrés en 2019.

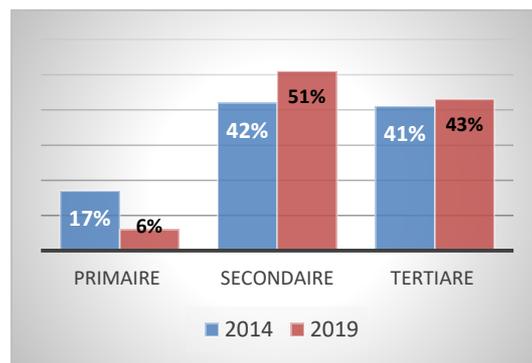


Figure 4 : Répartition des niveaux de traitement des EU

La figure 5 montre la répartition des procédés d'épuration. Force est de constater que, bien le lagunage naturel demeure prédominant, on enregistre une tendance vers la diversification des technologies.

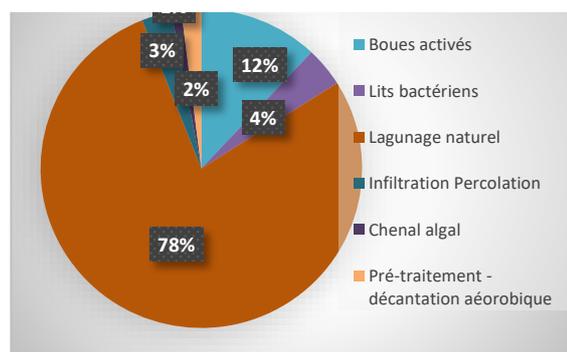


Figure 5 : Répartition des procédés d'épuration

En vue de promouvoir la réutilisation des EUT, le Maroc affiche une tendance à la généralisation du traitement tertiaire, renforcée par la désinfection et la filtration. Dans le cas de l'arrosage des golfs, ou de vulnérabilité du milieu (exemple de la lagune de Marchica à Nador), on procède aussi à une dénitrification et déphosphoration.

2.4 ETAT ET POTENTIEL DE REUTILISATION DES EAUX USÉES

2.4.1 LIMINAIRE

Pour faire face à la situation de pénurie hydrique et de répartition inégale et irrégulière des ressources en eau dans l'espace et dans le temps, le Maroc place la réutilisation des eaux usées traitées, parmi les alternatives pertinentes à l'adaptation au changement climatique dont notamment, le transfert d'eau entre les bassins hydrographiques, le développement de l'irrigation localisée et le dessalement des eaux saumâtres et des eaux de mer. Comme il sera étayé plus loin, ces alternatives s'inscrivent parfaitement dans la stratégie nationale de l'eau, le plan national de l'eau et les autres plans nationaux de préservation et de protection des ressources en eau.

¹⁰ DIAEA.2014. Plan Directeur de la réutilisation des eaux usées traitées en irrigation

Toutefois, cette pratique de REUSE fait face à de nombreux défis et se heurte à de multiples contraintes qui entravent sa mise en œuvre de manière pérenne : défis de gouvernance institutionnelle, lacunes réglementaires et normatives, contraintes techniques, contraintes sociales et culturelles, contraintes économiques et financières, etc.

2.4.2 SITUATION DE LA REUSE EN AGRICULTURE

Le tableau 3 relate les caractéristiques des trois (3) projets de réutilisation « prêts à fonctionner ». Nous constatons que le volume total des EUT mobilisable (= volumes d'EUT produites ayant bénéficié d'un traitement tertiaire) est près de 20 Mm³/an en 2019. La superficie irrigable aménagée est de **1100 ha**.

Remarquons aussi que ces projets sont dotés de dispositifs d'épuration assez complets pour pouvoir sécuriser la réutilisation sur les plans sanitaire et environnementale. Des associations des usagers des EUT sont mises en place et des conventions multipartites ont été signées.

Aussi, il convient de remarquer, que suite à une identification des salmonelles dans l'effluent épuré de la STEP d'Oujda, il a été décidé par le Département de l'Eau, de la Santé, et par la Direction de l'irrigation de doter toutes les STEP où les EUT seraient utilisées en irrigation, d'une composante de désinfection par UV. L'opération de filtration est généralisée en vue de rabattre les Matières solides en Suspension (MES) pour éviter l'obstruction des goutteurs étant donné que le mode d'irrigation localisée est préconisé. Rappelons aussi, que ce type d'irrigation constitue un facteur important de réduction des risques sanitaires et permet une économie de l'eau. Toutefois, il est recommandé de surveiller le paramètre « salinité » car, à la longue, les sels pourraient être accumulés dans la couche superficielle du sol car l'infiltration en profondeur est quasi-nulle.

Rappel des objectifs du Plan Directeur de la REUTI :

*Le potentiel des eaux usées mobilisable a été estimé à **550 Mm³** à l'horizon 2030 sur un volume potentiel (total) des EUT de l'ordre de 1 100 Mm³ au même horizon (DIAEA, 2014)¹¹. Selon ce Plan Directeur de la Réutilisation, la superficie potentielle irrigable par les EUT à l'horizon 2030 varie entre une superficie minimale de **65 000 ha** et maximale de **130 000 ha avec stockage***

¹¹ DIAEA. 2014. Étude du Plan Directeur de Réutilisation des Eaux Usées Traitées en Irrigation

Tableau 2 : Matrice récapitulative des projets de réutilisation agricole en cours d'opérationnalisation

Périmètre	Période de réalisation du projet	Procédé d'épuration	Niveau de traitement	Traitement additionnel au Traitement tertiaire	Volume des EUT mobilisable (en Mm ³)	Volume prélevé pour l'irrigation (en m ³)	État d'aménagement du périmètre	Superficie irrigable (en ha)	Volume de stockage (m ³)	Cultures projetées	Associations des usagers	Date de mise en service de la STEP
Settat / Sid El Aâydi	2011-2015	Lagunage + filtration sur verre recyclé (AFM)	Tertiaire	Filtration	4,56	<i>Pas encore opérationnel</i>	Aménagé	300	14 000	<ul style="list-style-type: none"> • Arbres fruitiers • Blé • Luzerne 	Al Khair	2006
Oujda (1ère tranche) / Bounaïm	2016-2019	Lagunage aéré + maturation	Tertiaire	Filtration à sable Composante de désinfection par UV en cours	13,31	100% en 2021-2022	Aménagé	500	10 000	<ul style="list-style-type: none"> • Olivier • Luzerne 	AUEA	2010
Tiznit/ Doughtourgua et Attbane	2007-2015	Lagunage + filtration sur verre recyclé (AFM)	Tertiaire	Filtration (Désinfection par rayon UV est en cours d'installation + renouvellement des filtres)	1,42	100% en 2021-2022	Aménagé	284 ha (130 ha à Attbane et 154 à Doughtourgua)		<ul style="list-style-type: none"> • Céréales • Cultures fourragères • Olivier 	Ibharen	2006
Autres projets en cours de mise place : Boujâad; Er-Rachidia; Ouarzazate ; Oued Zem Une dizaine d'autres projets en cours d'étude dont les plus importants sont : Al-Hoceima (sur la Méditerranée), Azrou et Ifrane au Moyen -Atlas.												

2.4.3 AUTRES OPTIONS DE REUTILISATION EN IMPORTANT DEVELOPPEMENT

Au Maroc, la tendance de mobilisation des EUT s'oriente essentiellement vers la réutilisation pour l'arrosage des golfs et des espaces verts ainsi que la réutilisation à des fins industrielles

Cas des golfs

On compte actuellement 23 golfs arrosés avec les EUT qui se répartissent dans les villes suivantes (Rabat, Tanger, Tétouan – M'diq -Martil, Agadir, Bouskoura, Benslimane, Bouznika et Marrakech).

Cas des espaces verts

Trois espaces verts des villes de Tanger et de Tétouan, le parc écologique d'Oujda ainsi que la ceinture verte de Ouarzazate sont arrosés avec les EUT.

Le volume des EUT mobilisé pour ces deux types d'usage s'élève à ce jour, à 43 Mm³/an. Rappelons que pour des raisons soit de qualité de l'eau (salinité et risque d'eutrophisation des lacs intra-golfs), des difficultés recouvrement des coûts et de certaines lacunes en matière de partenariat, une sous-valorisation de ce potentiel a été notamment constatée à Agadir pour la raison de salinité. Toutefois, la viabilité de ce type d'usage est nettement plus probable que la réutilisation en agriculture. Les projets d'arrosage des golfs se caractérisent, à priori, par une solvabilité financière.

Cas de la réutilisation à des fins industrielles

La principale réutilisation s'opère pour le lavage des phosphates au niveau des villes de Benguerir, Khouribga et Youssoufia. Le volume des EUT mobilisé et à 100% exploité est de 10,31 Mm³/an.

2.4.4 AUTRES OPTIONS PILOTES EMERGENTES

a- Usage en foresterie : cas de la palmeraie de Marrakech

Un projet FAO démonstratif et susceptible d'être répliqué dans les oasis est le Projet régional GCP/RAB/013/ITA12 où le Maroc est ciblé avec l'Algérie, l'Égypte, et la Tunisie. Le concept de cette première intervention, sur la période d'une année (Premier Mars 2012 à 28 Février 2013), consiste en l'implantation d'une parcelle de démonstration de 10 ha dans la Palmeraie d'El Oulja à Marrakech en vue de profiter de la proximité de la STEP gérée par la RADEEMA. L'extension du projet est prévue sur 350 ha. Sur le plan financier, ce projet a bénéficié de divers appuis dont notamment celui du gouvernement italien et d'autres organisations et agences internationales ainsi que de la Commission régionale des forêts pour le Proche-Orient de la FAO et de la Commission internationale du peuplier. Les éléments novateurs de ce projet sont : (i) la fertigation (ou irrigation fertilisante) permettant d'améliorer la fertilité minérale et organique du sol ; et (ii) la phyto-épuration en tant qu'option adaptable aux oasis des zones arides qui disposent de peu de ressources financières, assurant la rentabilité du système de traitement – réutilisation.

b- Option de recharge de nappe

A côté de ces usages, le Maroc prévoit d'autres options telles que la réinjection dans les nappes phréatiques avec près de 6% du volume des EUT traitées. A ce stade, cette pratique est concentrée à Biougra à proximité d'Agadir où la nappe est saline et fortement exploitée. La réinjection artificielle permet non pas seulement d'augmenter le volume disponible des ressources hydriques, mais également d'améliorer sa qualité suite à une diminution de concentration de quelques substances, les nitrates notamment, par dilution. Actuellement, ce projet de recharge de la nappe de Biougra est bloqué dans la mesure où aucun volume d'EUT a rejoint la nappe jusqu'à présent. Ceci est attribué au colmatage des bassins d'infiltration par les matières en suspension.

2.4.5 CONCLUSION INTERMEDIAIRE

On peut conclure de cette vue d'ensemble que la réutilisation des EUT en agriculture peine à se développer. En effet, les données factuelles montrent, qu'à ce jour, aucun projet à une échelle grande - nature n'est opérationnel. Seuls de petits projets pilotes (400 à 1000 m³/jour), notamment ceux de Ouarzazate, Ben Sergao, Drarga, Attaouia ont été réalisés et ont permis de développer des référentiels techniques et de renforcer les compétences scientifiques qui sont assez bien documentées. Les superficies des parcelles expérimentales ne dépassaient guère 1,5

¹² Projet FAO GCP/RAB/013/ITA « Régénération des forêts en Algérie, en Égypte, au Maroc et en Tunisie par l'utilisation d'eaux usées traitées pour le soutien des moyens d'existence des petits agriculteurs et propriétaires fonciers »

hectares. Ainsi, un écart important est manifestement constaté par rapport aux objectifs affichés par le plan décennal décliné du plan Directeur de réutilisation des eaux usées traitées en irrigation élaboré par le Département de l'Agriculture en 2014.

Depuis 2009, plusieurs projets de réutilisation des eaux usées traitées en irrigation des cultures, ont été ficelés, dimensionnés, planifiés et en cours d'opérationnalisation. Il s'agit notamment des projets de réutilisation à Boujâad, Oued Zem, Guelmim, Settat, Tiznit et Oujda. Les efforts déployés par le gouvernement à travers le Département de l'Eau et les autres parties concernées sont considérables pour l'opérationnalisation de ces projets en vue de déclencher le processus de développement de la REUSE en agriculture.

On peut donc considérer que les projets de réutilisation des EUT en irrigation des cultures se trouvent dans une situation mitigée entre le blocage et la tentative de démarrage.

Pour le cas d'autres usages, on assiste, depuis 2012, à un processus de développement remarquable de deux options émergentes de réutilisation des EUT : (i) l'arrosage des golfs, des espaces verts et des ceintures certes au niveau des villes suivantes : Agadir, Ben Slimane, Bouskoura, Bouznika, Fnideq, Martil, Marrakech, Rabat, Tanger, Tétouan, Zagora, etc. ; et (ii) la réutilisation à des fins industrielles, notamment le lavage des phosphates au niveau de Ben guérir, Khouribga et Youssoufia.

L'arrosage des golfs et espaces verts ainsi que le lavage des phosphates (usage industriel) sont aujourd'hui relativement opérationnels et demeurent candidats à un développement important très encouragé et soutenu par le gouvernement.

En termes de chiffrage, les volumes des EUT, mobilisés et exploités sont les suivants :

- Golfs et espaces verts : 43 Mm³ (Les directives de la plus haute instance du pays consistent à généraliser cette option d'usage pour réduire la pression sur les ressources en eau conventionnelles)
- Usage industriel (lavage des phosphates) : 10,3 Mm³ 100%
- Agriculture : 20 Mm³/an en 2021

Il convient aussi de mentionner que le Projet de la FAO/ GCP/RAB/013/ITA permet d'émerger une autre option de réutilisation en sylviculture et dans les oasis qui mérite d'être documentée, promue et développée.

2.4.6 CAS PARTICULIER DE L'ASSAINISSEMENT LIQUIDE ET REUTILISATION DES EAUX USEES EN MILIEU RURAL MAROCAIN¹³

2.4.6.1 CADRAGE ET DEFINITIONS PREALABLES

De prime abord, il est jugé utile de s'accorder sur la signification de la réutilisation en milieu rural. A cet effet, précisons que la réutilisation des EUT s'opère quasi-systématiquement en milieu rural même si les effluents des eaux usées brutes proviennent du milieu urbain étant donné que les STEP sont dans la majorité des cas (sauf pour certaines grandes villes) dans des communes rurales satellites au milieu urbain. Cette situation pourrait se qualifier d'avantageuse lorsqu'on considère le volume des EUT potentiellement réutilisable en irrigation mais souvent, désavantageuse dans le sens où la pollution et les nuisances sont transférées de l'urbain au rural, en particulier lorsque les STEP démontrent des dysfonctionnements. Un autre inconvénient réside souvent dans l'intrusion des effluents industriels dans les réseaux d'assainissement (en attendant la publication et l'application du texte d'application de la loi sur l'eau 36-15 relatif à la définition des valeurs limites de rejet dans ces réseaux).

Quant à l'assainissement rural, il s'opère de manière tout à fait différente de l'assainissement urbain. Celui-ci relève du PNA et le premier du PNAR.

2.4.6.2 SYSTEMES DE COLLECTE ET DE TRAITEMENT

L'assainissement rural, pourrait être collectif et dans la majorité des cas, il est soit : (i) individuel (pour les localités à habitat dispersé) ; (ii) un réseau d'eaux usées simplifiés (pour les localités à habitat groupé ou semi groupé) ; (iii) réseau d'eaux usées décanté (REUD) pour les localités ayant un habitat dispersé et abritant plus de 1000 habitants.

Les systèmes d'assainissement, généralement adoptés et recommandés, notamment pour des habitations dispersées, sont les latrines ou fosses septiques, suivies d'un système d'infiltration à faible profondeur (les tranchées d'infiltration, les lits d'infiltration, les tertres d'infiltration, les filtres à sables drainés et non drainés, les puits filtrants et les puits d'infiltration. D'autres systèmes d'épuration, comme le réacteur anaérobie à flux ascendant à deux étages (RAFADE) ou des systèmes de traitement de type extensif de type lagunage à filtre planté de roseaux, sont plutôt adoptés dans pour les agglomérations urbaines groupées ou semi-groupées.

¹³ Chapitre inspiré du rapport du PNAR dont (mutualisation des programmes nationaux d'assainissement liquide (PNA et PNAR) et de réutilisation des eaux usées) et du guide d'assainissement durable en milieu rural marocain : Catalogue des techniques et outils d'aide à la décision (2020) élaboré, avec l'appui du Programme GIZ- AGIRE pour le Département de l'Eau et le Ministère de l'Intérieur, par une équipe d'experts : Mohammed Elghali Khyati, Marc Wauthélet, Hicham Id-boufker, Elisabeth Von Muench, Christine Werner, Omar Benjelloun, Rachid Madah, Farah Elaoufir, Mohamed Oubalkace, Bouchaib El Hamouri, Brahim Souidi, Sara Derouich, Abdelmounaim Elhaddari, Rachid Rajel, Hanane Menzou, Mohammed Benrahma

Rappelons que plusieurs centres ruraux (structurés) ont bénéficié de projets d'assainissement liquide dans le cadre du PNA et donc de dispositifs collectifs centralisés. En effet, on note 154 centres relevant des communes rurales et figurant dans la liste des projets - PNA.

2.4.6.3 GENERATION DES EAUX USEES ET DES BOUES ET LEURS IMPACTS POTENTIELS

Les communes rurales génèrent un rejet d'eaux usées estimé à 500 000 m³/jour, ainsi que des quantités importantes de boues provenant des fosses septiques. À ceci, s'ajoutent les excréta des systèmes d'assainissement sec, les volumes des rejets de la population dépourvue d'installations sanitaires et les volumes apportés par les eaux pluviales. Ces rejets sont dispersés en plusieurs points de rejet conduisant à une forte dilution. Leur impact sur la nappe souterraine et les cours d'eau est certes réduit en raison notamment des faibles teneurs en produits chimiques dangereux (absence de rejets industriels en milieu rural) mais au niveau sanitaire, les populations rurales sont fortement exposées aux maladies d'origine hydrique.

Les boues des latrines et des fosses septiques, quand elles sont vidangées, sont soit rejetées dans des décharges ou dans le milieu naturel. Les excréta des ménages ne disposant pas de sanitaires sont rejetés dans la nature.

En somme, soulignons qu'en milieu rural, on compte à environ 40 % de la population qui disposerait d'un système d'assainissement. Il s'agit le plus souvent d'une fosse septique. **Dans ces zones, les taux de raccordement à un réseau d'égout et de dépollution par une station d'épuration (STEP) ne dépasseraient pas 10 % et 3 % respectivement**

2.4.6.4 REPONSES ET INITIATIVES

Le PNAR dans le PNAM

Le Plan National de l'Assainissement Mutualisé (PNAM), élaboré en 2018, constitue une actualisation mutualisée des documents de programmation de l'assainissement existants auparavant (Le Plan National de l'Assainissement liquide (PNA), le Programme National d'Assainissement Rural (PNAR) et Programme National de Réutilisation des Eaux Usées Épurées (PNREU)). Le PNAM prévoit le développement de la réutilisation des eaux usées épurées et l'atteinte en 2040 d'un taux de raccordement des ménages de l'ordre de 95%, (notamment en équipant 1.200 communes et centres en milieu rural) et un taux de dépollution de 76% en milieu urbain.

Projet de Création des opportunités d'Emploi dans le Secteur d'Assainissement Rural au Maroc (CESAR 2015-2020)

Venant en appui au PNAM, le projet CESAR fait partie du pôle eau de la coopération Maroc-Allemand ayant pour objectif la création des opportunités d'emploi dans le secteur de l'assainissement rural au Maroc. Il a été axé sur les thématiques suivantes : (i) l'amélioration de la qualification professionnelle des personnes (femmes et hommes) à la recherche d'emploi

pour jeunes, ouvriers, techniciens et ingénieurs ; (ii) l'établissement des centres de démonstration servant à la présentation des approches de l'assainissement écologique ; (iii) la mise en relation des chercheurs d'emploi dans le secteur avec des employeurs potentiels ; (iii) l'amélioration de l'offre des services et produits dans l'assainissement rural ; et (iv) la création de la demande de la population rurale des services et produits de l'assainissement.

Convention-cadre de partenariat pour le développement de solutions durables d'assainissement, plus écologiques et adaptées au contexte du monde rural caractérisé par la rareté de l'eau¹⁴.

Cette convention est signée par le gouverneur de la Province de Rhamna, le président de MASciR (Moroccan Foundation for Advanced Science Innovation and Research), et le représentant de GROWF (Green and Blue Rural and Women economy). Elle a pour objet de définir les modalités de collaboration entre les trois parties pour l'amélioration du cadre de vie des habitants des douars (villages ruraux) et des élèves des écoles primaires et préscolaires, par le développement de solutions durables d'assainissement adaptées au contexte du monde rural au profit de 30.000 habitants de la zone de la nappe "Bahira" et réduire la pollution de cette nappe.

Les parties signataires s'engagent à réaliser collectivement la prospection et l'identification des sources de financement des projets, entreprendre les études et les recherches pour le développement de solutions innovantes d'assainissement durable, mettre à l'échelle du projet d'assainissement durable dans le cadre d'un plan d'investissement et à élaborer, dans ce sens, des conventions spécifiques de mise en œuvre de projets.

Cette initiative innovante pourrait être mise à l'échelle de toutes les zones rurales du pays.

2.4.6.5 POTENTIEL DE REUTILISATION DANS LES TERRITOIRES VULNERABLES (ZONES OASIENNES ET DE MONTAGNE)¹⁵

Les zones oasiennes

Les zones oasiennes (dont notamment Figuig, Er-Rachidia, Zagora, Ouarzazate, Boudnib, Vallée du Ziz, Guelmim, Tinejdad, etc.) connaissent un déficit hydrique aigu qui a d'ailleurs justifié un axe dédié dans la stratégie de développement des zones oasiennes et de l'arganier (SZOA) pilotée par l'Agence Nationale de développement des zones oasiennes et de l'Arganier (ANDZOA).

¹⁴ <https://quid.ma/a-la-une/benguerir--partenariat-pour-le-developpement-de-solutions-durables-d-assainissement-en-milieu-rural>

¹⁵ *Chapitre inspiré et adapté de Soudi, B. 2020 pour la FAO. Amélioration des connaissances sur l'utilisation saine et sécurisée des eaux usées traitées pour le développement du secteur agricole dans les pays du Maghreb : Déblocage du potentiel de la réutilisation des eaux usées traitées pour le développement agricole dans les pays du Maghreb - Rapport National - Maroc*

Toutefois, les centres ruraux situés au sein des oasis sont généralement de petite taille générant de faibles volumes d'eau usées (la consommation en eau par tête d'habitant est aussi relativement faible).

Ainsi, bien que l'opportunité agro-climatique soit offerte, le potentiel hydrique des EUT demeure relativement faible. Aussi, les technologies de traitement des eaux usées devront, dans ce contexte, être intensifs ou semi-groupés, de préférence décentralisés en évitant des dispositifs impliquant des bassins car l'évaporation est très élevée. Par contre les grands centres chefs-lieux ou provinces oasiens peuvent générer des volumes d'eaux usées relativement importants à mobiliser pour la réutilisation. L'exemple de la ceinture verte de Ouarzazate, arrosée par les EUT, est assez démonstratif. Ce projet a été financé par le gouvernement marocain et le Service coréen des Forêts, avec le soutien de l'ONU-Environnement et de partenaires locaux.

En tentant de dépouiller les données de l'étude d'élaboration du le Plan Directeur – DIAEA¹⁶ de la réutilisation des EUT en irrigation, le potentiel utilisable est d'environ 13% dans les zones oasiennes avec une superficie irrigable de 16 900 ha sur 20% de la superficie des oasis estimée à 80000 hectares.

Il est important de souligner que les oasis de montagne sont directement reliées au réseau **hydrographique** des oueds.

Les zones de montagnes

Selon le Conseil Économique, Social et Environnementale (CESE, 2017)¹⁷, les zones de la montagne marocaine comprennent : (i) le Rif et Beni Znassen ; (ii) le Moyen Atlas et Plateau d'Oulmès ; (iii) le Haut Atlas Occidental humide et Jbilet ; (iv) le Haut Atlas Oriental Aride et Saghro ; et (v) l'Anti-Atlas. Les massifs les Hauts Plateaux de l'Oriental et les oasis de montagnes font partie de ce zonage en raison des interactions qu'elles entretiennent avec les zones précitées.

Un potentiel de réutilisation existe dans ces zones mais elle est relativement faible sauf dans des vallées à l'aval des centres de taille moyenne (population entre 10 000 et 20 000 habitants). Cela est attribué à des particularités caractérisant ces zones, dont une de ces particularités est structurelle : i) l'étroitesse des parcelles agricoles qui ne dépasse pas 1 ha, ii) la disposition des parcelles qui se traduit par une micropropriété et un morcellement très accentué (en moyenne 7 parcelles par exploitation). Cette situation, couplée à l'emplacement en pente sur des petites terrasses constitue une entrave pour la distribution des EUT et pour atteindre des niveaux de production à même de garantir des revenus satisfaisants. Ajoutons aussi, qu'au Maroc, les zones de montagnes sont dominées par des terrains de parcours et de forêts. Une bonne partie des villages ou douars sont enclavés et ont une insuffisance notamment en matière

¹⁶ Plan Directeur de réutilisation des eaux usées traitées en irrigation. 2014. Direction de l'irrigation et de l'Aménagement de l'Espace Agricole (DIAEA), relevant du Ministère de l'Agriculture, de la Pêche Maritime, des eaux et Forêts et du Développement Rural

¹⁷ CESE. 2017. Le développement rural : Espace des zones montagneuses - Saisine n°21/2017

d'accès et d'assainissement. En effet, selon les données de HCP (2014)¹⁸, la plupart des centres ruraux en zones montagneuses, ne disposent pas de plan d'aménagement. Cela constitue une menace pour les acquis réalisés en matière de généralisation de l'eau potable et contribue à la prévalence des risques sanitaires et environnementaux.

La base de données du Plan Directeur de réutilisation des eaux usées traitées en irrigation a permis d'estimer le potentiel de la superficie irrigable en zone de montagne à environ 9000 ha.

En dehors de ces deux types de territoire très vulnérables, les bénéfices de la réutilisation sont aussi de grandes portées sociale et environnementale dans les quatre zones agro-climatiques suivantes :

- ✓ Zone semi-aride : les plaines et les plateaux de la Chaouia et Abda-Doukkala et une partie de la région de l'Oriental (Précipitations de 300 à 400 mm) ;
- ✓ Zone aride : la région sud de la Chaouia, la partie Nord du Tadla, le Haouz-Rhamna et l'Oriental (Précipitations de 200 à 300 mm) ;
- ✓ Zone présaharienne : versant sud-atlasique (Précipitations de 100 à 200 mm)
- ✓ Zone saharienne : provinces sahariennes (Précipitations < 100 mm).

2.5 GESTION DES BOUES D'EPURATION

2.5.1 LES GISEMENTS DE BOUES CROISSENT AU RYTHME DE L'EPURATION DES EAUX USEES

Le développement de l'assainissement liquide au Maroc épouse un rythme soutenu depuis la mise en place du PNA et par la suite pour un souci d'intégration, du PNAM mutualisant le PNA (pour l'assainissement urbain), le PNAR (pour l'assainissement rural) et le Programme national de réutilisation des eaux usées (PNREU). L'ensemble de ces plans et programmes sont pris en compte dans le Plan national de l'Eau.

Ainsi, avec un parc actuel constitué de 156 STEP, on a atteint en 2019 un taux d'épuration d'environ 66%. Rappelons que ce chiffre ne comptabilise pas les dispositifs d'assainissement rural en développement pour lesquels un package technologique est élaboré par le Ministère de l'Intérieur et le Département avec l'appui de la GIZ et de l'Union européenne.

Ce rythme de développement de l'assainissement génère des gisements importants de boues qui peuvent être estimés actuellement à plus de **110 000 tonnes/an (MS)**. Avec près de 58% par les régions et 38% par l'ONEE branche Eau. On prévoit une production de près de 500 000 tonnes de Matières Sèches en 2030.

A ce stade, les principales destinations des boues constatées sont les suivantes :

¹⁸ HCP.2014. Conditions des habitations de ménages – Maroc

- Stockage direct sur les sites des STEP ce qui génère des impacts environnementaux et des nuisances selon la sensibilité du milieu et du voisinage (*option dominante*) ;
- La mise en décharge en cas d'une entente ou d'un arrangement avec entre l'opérateur de l'assainissement et le gestionnaire de la décharge (*option assez fréquente adoptée en tant que solution urgente*) ;
- Une utilisation peu ou non contrôlée par les agriculteurs (*option relativement rare*) ;
- Une valorisation énergétique en développement (*l'expérience emblématique est celle mise en place pour la grande STEP de la ville de Marrakech, voire encadré suivant*) ;
- Etc.

Cette alternative développée à Marrakech est en cours de répliation dans d'autres villes

La station de séchage solaire des boues s a été mise en place en mai 2018. C'est le premier et le plus grand en Afrique. Il comprend. 40 serres de 1440 m² chacune, dont 28 serres pour le séchage solaire équipées d'équipements de haute précision pour le tournage et l'aération des boues, permettant d'augmenter à 80% la siccité des boues extraites au lieu des 20-22% assurés par la déshydratation mécanique. Ce système (Thermo System) économise 5 MW par jour d'énergie thermique.

Les boues séchées sont récupérées dans le procédé de fabrication du ciment : 50 t/jour de boues séchées sont utilisés pour remplacer 18 t/jour de coke de pétrole dans la chaîne de cuisson du clinker par un apport massique de 15 t/jour de matière minérale intégrée dans la composition du clinker

Photo de RADEEMA



Illustration de la serre. Le retournement s'opère par un sanglier électrique (Electric pig), guidé à distance (Thermosystem Technologie)



Il va sans dire qu'à ce stade, on ne dispose pas d'un référentiel de valorisation des boues et particulièrement en agriculture. Certes, certains projets pilotes ont vu le jour mais ils ont été voués à l'échec malgré les efforts louables déployés et malgré la bonne qualité des boues comparées aux normes européennes ou canadiennes. Il s'agit notamment de :

- Projet de valorisation des boues à Dar El Gueddari (Gharb)

- STEP de Nador (expérience interrompue malgré la conformité des boues aux normes d'épandage, l'étude d'aptitude à l'épandage et le partenariat institutionnel bien établi avec les acteurs ; cela est attribué à un manque d'information technique sur la valeur des boues et à un manque de normalisation des conditions de valorisation des boues ;
- STEP d'Agadir (Projet pilote avec étude de faisabilité)
- Etc.

Pour le cas d'Al Hoceima et de Nador, l'ONEE-Branche-Eau, avec l'appui de la FAO, a réalisé, en 2016, une étude technico-économique et des options de valorisation ont été dimensionnées (Soudi et al., 2016)¹⁹. Cette expérience mérite aussi d'être revisitée pour examiner le niveau d'opérationnalisation de mise en œuvre des solutions préconisées ou le cas échéant tirer les leçons des causes ou contraintes qui les ont entravées.

2.5.2 REPONSES ET INITIATIVES

Stratégies et études engagées pour une gestion durable des boues et pour des solutions de traitement-élimination-valorisation

Une stratégie nationale de gestion des boues de stations d'épuration, a été élaborée en 2010 par le Département de l'Environnement dans le cadre d'une prestation confiée au groupement Phénixa-FIW. Les recommandations de cette stratégie n'ont pas été concrétisées à ce jour.

La sonnette d'alarme a été tirée de nouveau car, après 2010, le taux d'épuration a pris un régime soutenu et **la génération des boues s'est conséquemment intensifiée suite aux opérations de curage des lagunes d'épuration**. Ainsi, d'autres études ont été lancées en vue de trouver des solutions d'élimination, traitement et de valorisation des boues dont les plus importantes sont reprises dans le tableau 3 ci-dessous.

¹⁹ Soudi, B. ; F. Poncelet et R. Grela. 2016. Pour FAO-ONEE Branche Eau. Assistance technique au programme de développement de l'alimentation en eau potable rurale et de l'assainissement- phase II : Étude d'opportunités de valorisation des boues des STEP-ONEE Branche Eau : plan prioritaire d'intervention pour les STEP d'Al Hoceima et de Nador

Tableau 3 : études clés relatives à la gestion des boues des stations d'épuration

Année	Titre	Auteurs	Maitre d'ouvrage / partenaires
2018	Gestion et valorisation des boues des STEP – analyse des pratiques européennes de valorisation agricoles en vue d'une application dans les pays d'intervention de l'AFD	Sarah Delbouis	AFD / AgroParisTech
2012	Etude de faisabilité sur le devenir des sous-produits des stations d'épurations des eaux usées domestiques et industrielles dans le Grand-Agadir	ATP Conseil Terrasol Joel Pouget Stéphane Triare	RAMSA /AFD
2014	Problématique de traitement de boues des stations de traitement des eaux usées au Maroc	CEDAT Lahlou Mimi Abdelfettah Ben Hachmi Mohammed Karim	Ministère délégué en charge de l'environnement / GIZ
2015	Gestion des boues générées par les STEP- ONEE -Branche Eau mission 1 : diagnostic de la situation actuelle et ébauche d'une vision d'amélioration des performances	Brahim Soudi	ONEE –branche eau / FAO
2016	Etude d'opportunités de valorisation des boues des STEP-ONEE : plan prioritaire d'intervention pour les STEPs d'Al Hoceima et de Nador	Brahim Soudi	ONEE –branche eau / FAO

Un guide de bonnes pratiques pour la gestion écologiquement durable des boues a été également produit dans le cadre de la stratégie mentionnée auparavant.

Assistance technique par l'AFD²⁰ (en cours)

Récemment, avec cette assistance technique, le Ministère de l'Intérieur, entame, dans le cadre de mise en œuvre du PNAM, le chantier de gestion - valorisation des sous -produits de l'assainissement liquide domestique, dont les boues d'épuration, qui n'a pas été suffisamment, pris en compte à l'aube du PNA. C'était ainsi que la revue stratégique du PNA en 2008, a fortement recommandé d'intégrer la gestion des boues à l'amont dans la planification des projets de collecte-épuration. Aussi, la nouvelle édition de la loi sur l'eau 36-15 a marqué un renouveau à travers des dispositions claires sur la réutilisation des eaux usées et le traitement-valorisation des boues.

Toutes ces initiatives constituent de réels Drivers vers une maîtrise de la gestion des boues d'épuration et de l'intégration de la filière eau usées à la filière boues. Cette intégration technique et managériale s'impose avec acuité. En effet, des boues mal gérées porteraient préjudice à la durabilité des projets d'épuration et de traitement des eaux usées. Les exemples affirmant ce constat sont nombreux au Maroc ainsi que dans les autres pays relevant du réseau COSTEA.

²⁰ AFD-Ministère de l'Intérieur : Assistance technique à la Direction des Réseaux Public Locaux du Ministère de l'Intérieur, pour la mise en œuvre du Programme d'Appui Institutionnel au Secteur de l'Assainissement au Maroc (PAISAM), dans le cadre d'une subvention de la FIV d'un montant de deux millions d'euros en gestion déléguée à l'AFD a été octroyée pour le financement dudit PAISAM

À travers ce projet d'assistance technique par l'AFD, il est attendu à proposer des solutions et des bonnes pratiques de gestion des boues adaptées aux dispositifs d'épuration et au contexte pédologique et agro-climatiques des zones d'intervention.

2.5.3 LES FILIÈRES RECOMMANDÉES POUR LA GESTION DES BOUES ISSUS DES STATIONS D'ÉPURATION

2.5.3.1 SYSTÈME INTENSIF À BOUES ACTIVEES DANS LES GRANDES AGGLOMÉRATIONS

Les études conduites au Maroc et en Tunisie se sont soldées par la recommandation des options de gestion des boues illustrées par la figure 5. Le choix de chacune des options dépendrait du contexte et des opportunités de valorisation verte (filère verte) ou énergétique (filère rouge). En absence de ces deux options, il va falloir s'arranger avec les gestionnaires des déchets ménagers pour pouvoir introduire les boues dans les décharges contrôlées ou amanger des mono-décharges dédiées aux boues. En ce qui concerne, le traitement par séchage contrôlé, des pilotes sont conduits au niveau de Marrakech, Fès et Dakhla. Un procédé de séchage sous serre solaire (Thermosystem) est actuellement opérationnel au niveau de Marrakech.

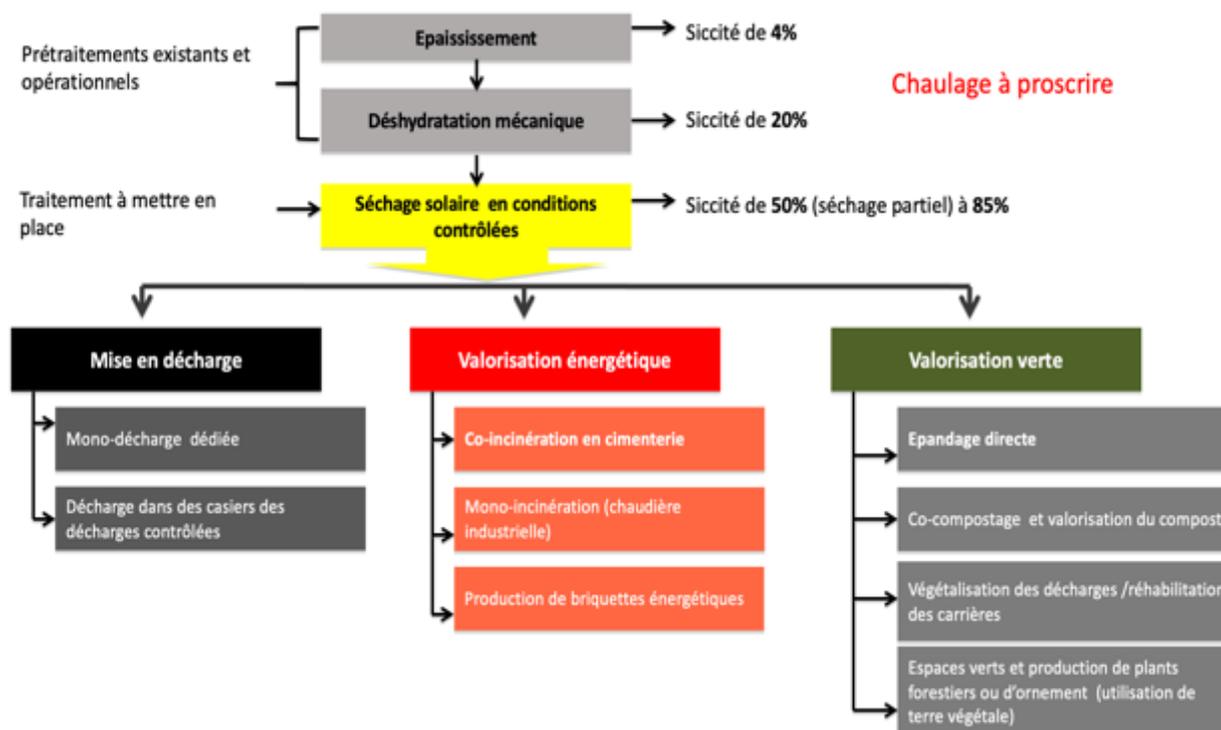


Figure 6 : Filières de gestion des boues recommandées (Soudi et al., 2016 – Réf N°26)

2.5.3.2 FILIERES POUR LES SYSTEMES EXTENSIFS

Les trois voies (verte, rouge et noire) demeurent les mêmes. La différence fondamentale concerne le volet « traitement ». En effet, pour le cas de lagunage naturel, les boues sont mises dans des lits de séchage naturel. Dans ce cas, si le séchage est prolongé dans les zones sèches, on peut les épandre directement sur les sols ou les co-composter avec d'autres déchets organiques disponibles sur une distance économiquement viable. En effet, il a été démontré (Xanthoulis et Soudi, 1993) que le séchage naturel prolongé des boues dans des lits de séchage permet une réduction de la teneur en eau, mais aussi généralement la suppression de pathogènes et la suppression des œufs d'Ascaris (Figure 6)

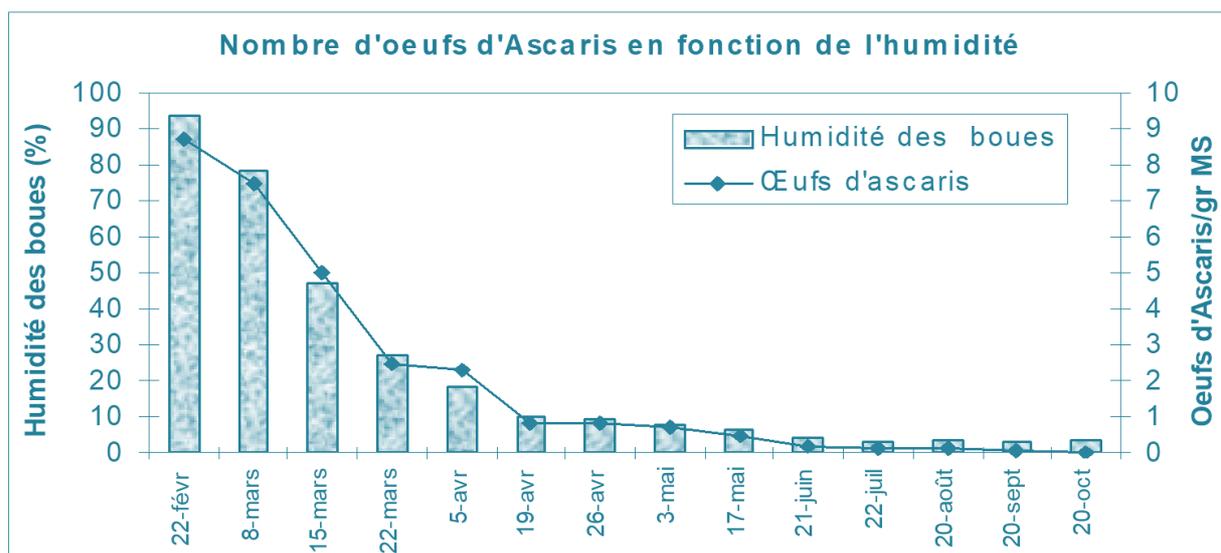


Figure 7 : Humidité des boues et Œufs d'ascaris/ gr MS En fonction du temps du stockage

2.5.3.3 QUID DE LA GESTION DES BOUES EN MILIEU RURAL ?

En absence de retours d'expérience dans nos régions, il est jugé utile d'émettre dans ce rapport, des réflexions inspirées des études réalisées pour des projets pilotes en milieu rural initiés par le Ministère de l'Intérieur avec l'appui de la GIZ (cas du Douar (village rural) de Chourij dans la région de Marrakech-Safi)²¹. Ces réflexions permettent aussi d'enrichir le cadre de l'Action REUSE – COSTEA dans la mesure de **considérer les boues générées par des dispositifs d'assainissement en milieu rural des zones arides, comme étant « une eau usée chargée en matière organique »**. En effet, Le déficit climatique de nos régions ne justifie ni le séchage naturel et encore moins la déshydratation mécanique. Cela revient à évaporer 98% d'eau pour récupérer 2% de boues. C'est une option irraisonnable. En effet, les boues générées par la STEP sont pratiquement liquides et si le séchage généralement préconisé pour récupérer le peu de boues, se justifie dans les pays à climat humide pour réduire le coût de

²¹ Soudi, B. 2017. Traitement et valorisation des boues issues de la STEP du douar Chourij - région de Marrakech – Safi. Projet initié par le Ministère de l'Intérieur avec l'appui de la GIZ

transport, il semble être caduque dans nos régions caractérisées par un grand déficit climatique (cas du bassin hydraulique de Tensift au Maroc), bien qu'elles offrent de grands atouts en termes de capacité évaporatoire. C'est ainsi qu'il est recommandé de **promouvoir l'option de valorisation des boues à l'état liquide (épandage direct des boues liquides), seules ou mélangées aux eaux usées épurées**. Cette dernière option est jugée la meilleure et permet une valorisation maximale des sous-produits, sous condition qu'elle ne présente pas de risque pathogène et que les boues soient préalablement stabilisées chimiquement

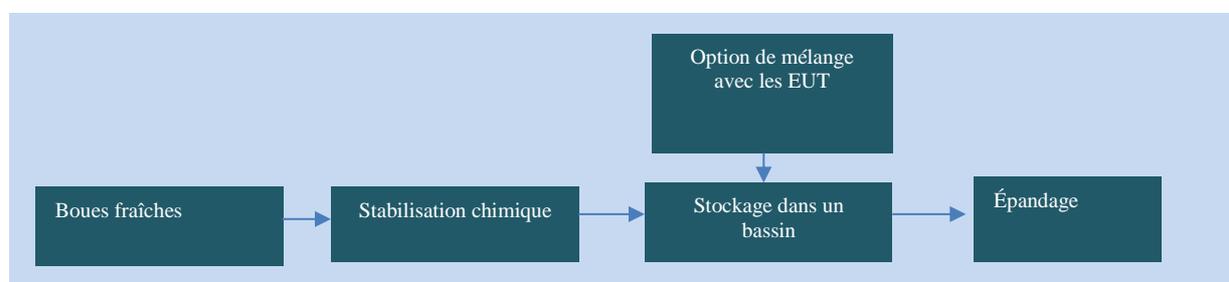
Plusieurs agents chimiques sont utilisés dont le plus largement employé est la chaux (éteinte ou vive). Toutefois, il convient de rappeler que si l'épandage des boues chaulées est largement employé et justifié, cette pratique ne semble pas être très justifiée dans le cas du Maroc, à l'instar des pays du Proche-Orient, dont la majorité des sols sont naturellement riches en carbonates de calcium et se caractérisent, dans la majorité des cas, par un pH neutre à franchement basique. L'épandage des boues chaulées risque d'augmenter excessivement le pH et changer les conditions physico-chimiques des sols (Soudi et Bazza, 2003)²².

Ainsi, on se propose d'utiliser d'autres flocculant comme les chlorures ferriques ou les nitrites. Il importe d'assurer un mélange intime du flocculant avec les boues pour atteindre de bons résultats de stabilisation. A noter que ces flocculants ne permettent pas l'hygiénisation des boues. **Il est aussi nécessaire la promulgation du Décret relatif à la valorisation des boues qui devra inclure les normes sanitaires relative à l'option de valorisation des boues liquides stabilisées pour les STEP en milieu rural.**

Une fois stabilisées, les boues sont mélangées avec l'eau épurée et sont transportées par camions citernes (cas des terrains plats) ou par équidé portant deux petites citernes (cas des terrains sur pente, pratique développée au Maroc dans les zones de montagnes²³ (voir photo ci-contre)) jusqu'aux parcelles agricoles ou sites susceptibles de recevoir l'épandage. Ce type de valorisation est très recommandé pour l'arrosage des vergers d'olivier en zones arides à d'autres de plantations fruitières sur les bassins versants pour la conservation des eaux et des sols.



La filière se schématise comme suit :



²² Soudi, B. et Bazza, M. 2003. Manuel sur le traitement et la valorisation des boues résiduelles : Etat de l'art et tentatives d'adaptation aux pays de Proche-Orient. FAO-Caire

²³ Soudi, B. 2013. Évaluation finale des projets du compact MCA-MAROC : évaluation environnementale et sociale du Programme d'Arboriculture fruitière. Pour NORC – MCC-USAID

L'option relative aux lits de séchage plantés est aussi intéressante mais la superficie requise est relativement élevée et requiert un niveau de maintenance relativement élevé. Elle peut être adaptée pour des douars de taille plus grande et notamment ceux riverains des cours d'eau en aval.

Le dispositif de déshydratation mobile²⁴ des boues issues des dispositifs d'assainissement autonome ou d'assainissement groupé de petite taille est également attrayant et faisable car il permettrait d'avoir un gain en termes d'économie d'échelle.

La matrice décisionnelle suivante (Tableau 4) relate les éléments d'appréciation de la pertinence des options et de leur adaptabilité au contexte de nos régions. Ceci a permis de classer les options économiquement et techniquement faisables et adaptées au contexte agro-climatique.

²⁴ Il s'agit d'une déshydratation de boues en conteneur mobile qui peuvent se déplacer d'un site à un autre notamment en milieu rural ou dans le cas d'assainissement autonome au niveau péri-urbain. Ce dispositif est une alternative économique pour les petites STEP. Il est géré par un opérateur. Il permet d'éviter des installations coûteuses d'épaississement – déshydratation des boues dans les petites STEP

Tableau 4 : Classement des options adaptées au contexte agro-climatique des petites agglomérations rurales (Soudi, 2017)²⁵

Option	Consistance	Coût	Gain en eau des boues dans un contexte aride	Potentiel valorisable	Flexibilité et faisabilité technique	Valeur agronomique dégagée\$	Classement
I	Traitement des boues par séchage solaire sous serre (séchage partiel) + Valorisation agricole des boues par co-compostage (boues et déchets verts agricoles et d'élevage)	Élevé	Très faible	Faible	Moyenne	Élevée (qualité)	4
II	Traitement des boues par séchage solaire prolongé + valorisation agricole et/ou réhabilitation des terres dégradées par épandage direct	Élevé	Très faible	Faible	Moyenne	Moyenne	5
III-1	Stabilisation chimique des boues + épandage à l'état liquide	Faible	Élevé	Élevé	Très élevée	Élevée	2
III-2	Stabilisation chimique des boues + épandage des boues liquides + eaux usées épurées	Faible	Très élevée	Très élevé	Très élevée	Très élevée	1
IV	Séchage des boues sur des lits de séchage plantés de roseaux + valorisation agricole	Moyen	Faible à moyen	Moyen	Faible à moyenne	Élevée	3
V	Déshydratation mobile et co-compostage collectif	Option faisable mais dans le moyen et long terme avec le développement de l'assainissement rural					

\$: En termes de superficie emblavée, volume apporté, éléments nutritifs et matière organique

²⁵ Soudi, B. 2017. Traitement et valorisation des boues issues de la STEP du douar Chouirij - région de Marrakech – Safi. Projet initié par le Ministère de l'Intérieur avec l'appui de la GIZ

En guise de conclusion à cette partie, on peut dire que la gestion des boues n'est pas suffisamment intégrée à la filière « eau ». Bien que des initiatives s'intensifient cette dernière décennie en vue de développer des solutions adaptées d'élimination, de traitement et de valorisation matière ou énergétique des boues. Celles-ci continuent à présenter des nuisances sévères dans l'environnement des STEP.

D'après les études réalisées, trois filières peuvent être développées au Maroc à des proportions variables selon le contexte de chaque STEP en termes de capacité, de procédé d'épuration et d'opportunités de valorisation. Il s'agit de la filière verte (valorisation en agriculture, pour la réhabilitation des sols dégradés, la végétalisation des carrières abandonnées et des décharges fermées, etc.), de la filière rouge (valorisation énergétique) et de la filière noire (mise en décharges mixtes ou en mono-décharges). La réussite de toutes ces filières requiert que les boues soient significativement déshydratées (au moins à 30% pour la mise en décharge et 60-80% pour la valorisation énergétique et l'épandage direct sur les sols agricoles). Pour cela, et partant du fait que le gisement solaire est important au Maroc, il est recommandé d'adopter un séchage naturel prolongé avant d'épandre les boues séchées, directement ou après co-compostage avec d'autres déchets organiques, sur les sols notamment lorsqu'il s'agit de STEP de type extensif (lagunage naturel ou lagunage aéré) implantées dans les petits et moyens centres. Pour le cas de grandes installations, et particulièrement dans les zones sensibles (activité touristique, proximité de zones écologiquement vulnérables, proximité du littoral, proximité des habitations, etc.), le Maroc est en train de développer le séchage des boues sous serre en adoptant la technologie Thermosystem. Le rendement énergétique de cette technologie est amélioré grâce au rayonnement solaire intense dans la plupart des régions marocaines.

Le cas des boues issues des petites STEP, notamment en milieu rural, devra être traité différemment. En effet, nous avons fortement recommandé d'opter dans ces cas, à l'épandage direct des boues liquides seules ou mélangées avec les eaux usées traitées, après la stabilisation et hygiénisation. Il serait utopique, et pas technico - économiquement acceptable de sécher de petits volumes de boues contenant 2% de boues et 98% d'eau. Leur valorisation hydrique, organique et nutritive devrait être privilégiée particulièrement dans les sols de zones arides.

2.5.3.4 RESULTATS DE CARACTERISATION DES BOUES

On se propose dans ce qui suit, de relater les résultats de cette caractérisation effectuée sur 16 STEP représentatives au Maroc (Tableau 5) et synthétisée et interprétée en profondeur par Souli (2016).

Tableau 5 : STEP caractérisées

STEP	Capacité (m ³ /j)	Procédé d'épuration	Source
Ain Taoujdate	1500	Lagunage naturel	<i>Hamdani et Soudi (2008)²⁶, Gestion des boues des stations d'épuration au Maroc : Quantification, caractérisation et options de traitement et de valorisation, mémoire, Institut Agronomique et vétérinaire Hassan II.</i>
Bouregreg	86	Boues activées + lagunage aéré	
Drarga	1180	Infiltration percolation	
Nador	26000	Boues activées	
Skhirat	6000	Lagunage naturel	
Tafoghalt	70	Lits bactériens	
Taurirt	6500	Lagunage naturel	
Grand Agadir	75 000	Infiltration percolation	
Marrakech	120 000	Boues activées	<i>Armelle Sfiligoi, 2010, Bilan sur les possibilités de la filière boue de la STEP de Marrakech, rapport de stage, École nationale Supérieure Agronomique de Toulouse.</i>
Al Hoceima	9600	Boues activées	<i>Données communiquées par l'ONEE-Branche Eau</i>
Berrechid	16000	Lagunage naturel	
Dar El Gueddari	650	Lagunage naturel	
M'rirt	2200	Lagunage naturel	
Outat El Haj	880	Lagunage naturel	
Rissani	1180	Lagunage naturel	
Tiznit	4900	Lagunage naturel	

Les paramètres agronomiques

Les paramètres agronomiques correspondent essentiellement aux éléments nutritifs (N, P, K, Mg, Ca, etc.) mais aussi à la teneur en matière organique qui permet de corriger le déficit hydrique des sols, à travers l'amélioration de leur capacité de rétention d'eau, et d'améliorer leur structure.

En ce qui concerne les teneurs en éléments nutritifs majeurs (N, P, K) dans les effluents épurés, elles étaient variables d'un site à l'autre. Selon Grimaud (1996)²⁷, cette variabilité peut être attribuée à la nature des eaux usées, et au type de procédés de traitement subis par les boues (stabilisation biologique, stabilisation chimique, conditionnement chimique, déshydratation, etc.).

Les fourchettes de teneurs moyennes en éléments nutritifs majeurs sont : N : 15 kg/tonne, P₂O₅ : 25 Kg/tonne et K₂O : 6 Kg/tonne. Les éléments, notamment l'azote et le phosphore se trouvant, sous formes organiques, sont facilement minéralisables et susceptibles de s'ériger en formes minérales assimilables durant les deux premières années d'épandage. Les conditions thermiques qui règnent dans nos régions, favoriseront la vitesse de leur minéralisation.

²⁶ Gestion des boues des stations d'épuration au Maroc : Quantification, caractérisation et options de traitement et de valorisation

Les teneurs en matière organiques varient de 47,4 % (Bouregreg) à 67% (Tiznit) avec une moyenne de 58,041 % de MS, cette quantité est assez importante ce qui favorise l'utilisation agricole des boues par rapport aux autres voies d'élimination et particulièrement dans nos sols très pauvres en matière organique. Il s'agit aussi d'une excellente voie contribuant à la séquestration du carbone.

Les éléments traces métalliques (ETM)

Le niveau de contamination des boues par les éléments traces métalliques est un facteur crucial qui conditionne l'option de valorisation verte. Les éléments comme le zinc, le cuivre, le plomb, le chrome, le cadmium, le mercure, et le nickel sont les principaux métaux qui font généralement l'objet de réglementation dans le cas de l'épandage agricole. Ils peuvent avoir des origines industrielles, domestiques ou pluviales.

Le tableau 6 montre les concentrations moyennes d'ETM contenues dans les boues des seize STEP et leur comparaison avec les valeurs seuils les plus strictes fixées par la réglementation européenne, allemande et française. Les valeurs sont toutes en dessous des seuils, sauf pour Zn dans de très rares cas. Toutefois, des apports répétés de boues par épandage pourraient, à long terme, provoquer dans les sols récepteurs des accumulations pouvant atteindre des niveaux de phyto-toxicité et d'insertion dans les chaînes alimentaires. C'est ainsi, que la réglementation européenne (Directive européenne du 12 juin 1986), fixe une dose moyenne de 30 Tonnes maximum en 10 ans et la Directive européenne fixe des valeurs limites pour les quantités annuelles introduites dans les sols sur la base d'une moyenne de 10 ans.

Il est aussi important de noter que le pH du sol s'avère être un facteur plus discriminant dans la contamination de ce dernier par les ETM. Un pH acide favorise la biodisponibilité de la plupart des ETM tandis qu'un pH basique a l'effet inverse. A juste titre, rappelons que nos sols sont pour la plupart neutre à basiques.

Tableau 6 : Concentration moyenne des métaux lourds dans les boues résiduelles au Maroc

	Concentration en mg/kg MS						
	Zn	Cu	Pb	Cr	Cd	Hg	Ni
Valeurs moyennes	1061	208	132	37	1,26	2,7	19,9
Valeurs max	2800	410	380	86	2,90	4,8	46,0
Valeurs min	440	64	21	10	0,45	0,36	0,00
Médiane	867	232	110	36	1,10	3,45	19,9
Valeurs / fourchettes seuils							
Allemagne (2013) ²⁸	2500	800	900	900	10	8	200
France (2009)	3000	1000	800	1000	10	10	200
UE (2013)	2500- 4000	1000-1750	750-1200	1000-1750	20-40	16-25	300- 400

²⁸ Mininni G. et Dentel S., 2013, Highlights of current legislation on sludge and bio-waste in EU member states and in the United States, Conférence Internationale « Gestion innovante des boues d'épuration à l'échelle européenne », Charleroi Espace Meeting Européen, 22 octobre 2013.

Les composés traces organiques (CTO)

Les composés traces organiques sont présents dans les produits utilisés en industrie ou à des fins domestiques, et se retrouvent dans les boues résiduaires. Il existe plusieurs familles de CTO mais l'identification de deux catégories est exigée dans la plupart des réglementations : (i) les Hydrocarbures Aromatiques Polycycliques (HAP) ; et (ii) les Polychlorobiphényles (PCB).

Parmi les 16 STEP, seules cinq d'entre elles ont fait l'analyse des composés traces organiques. Les résultats sont présentés dans le tableau 7.

Tableau 7 : La teneur des boues en composés traces organiques ($\mu\text{g}/\text{Kg MS}$)

Paramètre	Dar El Gueddari	Berrechid	Nador	Outat Lhaj	Marrakech
Total des 7 principaux PCB	<14	-	0	0	< 0.185
Fluoranthène	3	<0.01	<0.01	0	0.279
Banzo(a)antheracène	3.66	297	<0.01	12.91	
Benzo(b) fluoranthène	4.33	172	<0.01	0	0.078
Benzo(a)pyrène	3.66	38	<0.01	0	0.089

Les résultats d'analyse montrent que les boues présentent des concentrations très faibles en composés traces organiques qui restent largement en deçà des valeurs limites prévues par la proposition de norme de l'union européenne (Tableau 8). Les boues résiduaires de la STEP de Berrechid présentent les valeurs les plus élevées comparées aux boues des autres STEP.

Tableau 8 : Teneurs limites en composés organiques dans les boues ($\text{mg}/\text{kg MS}$) d'après « *European Union Draft on Sewage Sludge* »

Composés organiques	Teneurs limites dans les boues ($\text{mg}/\text{kg MS}$)
HPAs	6
PCBs	0,8

Les pathogènes

Les pathogènes constituent à leur tour un risque d'ordre sanitaire lorsque leurs concentrations dépassent les seuils fixés par la réglementation. Le tableau 9 ci-dessous présente la concentration des boues en œufs d'Helminthes de neuf STEP.

Tableau 9 : Le nombre des œufs d'helminthes dans les boues résiduaires de neuf STEP

STEP	Total d'œufs d'Helminthes (Nombre d'œuf /L ou /100g)
Dar El Gaddari *	328
El Hoceima	1 565
Bouregreg	47
Nador *	143,8
Mriret	176
Outat LHaj	68
Tiznit	64
Rissani	460
Marrakech (RADEMA)	43

* Les valeurs moyennes obtenues à partir de quatre analyses

La connaissance du niveau de contamination helminthique des boues demeure une priorité si on désire les utiliser en agriculture. Les analyses montrent que les teneurs des boues en œufs d'Helminthes dépassent largement le seuil fixé par la réglementation française qui est de l'ordre de 3 /10 g MS. Cependant, dans les boues ayant subi un séchage prolongé dans les lits de séchage dans les conditions marocaines et celles subissant des procédés d'hygiénisation dans les grandes stations, permettent d'éliminer totalement les germes pathogènes connus (Dudkowski, 2000)²⁹. Sur le plan sanitaire, il a été montré par des essais réalisés au Maroc et plus précisément à Ouarzazate, que les œufs de parasites ont complètement disparus des boues après 8 mois de séjour dans les lits de séchage.

La variabilité des concentrations des différents micro-organismes peut être attribuée à la nature de la boue échantillonnée, la nature des effluents bruts, l'état sanitaire de la population raccordée au réseau d'assainissement et les traitements effectués sur les eaux usées et sur les boues.

En guise de conclusion de cette partie, on peut constater que les boues analysées sont tout à fait compatibles avec les règles d'épandage agricole. Elles présentent des valeurs fertilisantes très importantes. A côté de cette valeur minérale, les boues possèdent une valeur organique intéressante ayant des impacts positifs importants en termes d'amélioration des propriétés physicochimiques du sol (la rétention en eau, l'infiltration de l'eau, la stabilité structurale, la capacité d'échange cationique, etc.) et en termes d'amélioration des rendements des cultures à travers l'enrichissement du sol en substances humiques. Ainsi les apports des boues en matière organique permettront de favoriser le stockage du carbone organique dans les sols et de contribuer à atténuer les impacts des changements climatiques.

NOTE DE REFLEXIONS SUR LES NORMES

La normalisation des éléments traces dans les boues résiduaires est un processus marqué par plusieurs limitations :

- *Les normes sont généralement basées sur les concentrations totales or seule la fraction soluble ou bio - disponible doit être considérée ;*
- *La faiblesse et la ponctualité des travaux de recherche en matière de dynamique d'éléments traces et de leurs effets sur les plantes cultivées. Les résultats sont très souvent contradictoires à cause des variantes expérimentales adoptées en ce qui concerne le type de boue, le type de sol ou l'espèce végétale de la plante testée ;*
- *La grande variabilité des normes proposées par les différents pays ;*
- *Les normes présentées ne tiennent pas compte en même temps de tous les paramètres influençant la bio - disponibilité des éléments traces : pH, CEC, texture et matière organique.*

Les normes des éléments traces dans les sols agricoles dépendent de certaines propriétés comme le pH et la texture. Ces facteurs déterminent la bio disponibilité et la mobilité des éléments traces.

²⁹ Alexandre Dudkowski. L'épandage agricole des boues de stations d'épuration d'eaux usées urbaines. INRA-ME&S (<http://www7.inra.fr/dpenv/lesboues.htm>)

La revue de la littérature sur les normes des ETM considère la Capacité d'Échange Cationique (CEC) et de la matière organique du sol qui renseignent sur sa capacité d'adsorption et de chélation des métaux lourds dans les complexes organo- minéraux.

Ainsi, on en déduit que dans les sols de texture sableuse, ayant généralement une CEC faible, des valeurs cumulatives plus faibles sont tolérées que dans les sols plus argileux de CEC plus élevée et donc de capacité d'adsorption plus importante. Ces normes ne sont valables que dans les sols ayant un pH supérieur à 6.5. En effet, la plupart des métaux lourds sont solubles et donc toxiques à des pH acides. Lorsque le pH est basique, la plupart de ces métaux précipitent et deviennent faiblement réactionnels.

Dans les tentatives de propositions de normes d'éléments traces pour le Maroc (eu du Maghreb), on se propose de considérer la notion de Teneur Limite Cumulative (TLC) dans le sol. En effet, la teneur des éléments traces dans les boues est une donnée qui détermine la dose d'application en vue de respecter la norme TLC. Il est clair qu'une boue assez riche en éléments traces rétrécit les possibilités de sa valorisation.

Le pH de la plupart des sols marocains, et de l'Afrique du Nord à l'exception de quelques zones isolées, est à dominance neutre à franchement basique. Dans ce contexte, les seuils tolérés peuvent être majorés par rapport à la plupart des valeurs limites des pays du nord de l'Europe où les sols sont plus acides.

*A l'heure actuelle, de nouvelles interrogations se posent quant aux risques liés à la présence d'autres **substances organiques dites « substances émergentes »**. La classification de ces substances se fait selon plusieurs catégories : les substances pharmaceutiques, les produits chimiques industriels et domestiques, les produits de dégradations (de produits pharmaceutiques, industriels, domestiques).*

Ces polluants sont dits « émergentes » car on manque d'informations sur leur dangerosité. Les risques sanitaires et environnementaux liés à la présence de ces substances restent très mal connus et peu d'études ont été menées sur leur caractérisation dans les boues d'épuration et les risques liés à leur utilisation. Les connaissances sont encore lacunaires et le débat est encore très controversé.

En 2013, L'INERIS et le CNRS (France), ont mené une étude intégrée qui porte sur la caractérisation de ces substances dans douze stations d'épuration utilisant des procédés de traitement différents et sur quatre campagnes de prélèvements, les résultats étaient surprenants : Aucun échantillon de boue n'est exempt des substances pharmaceutiques et les antibiotiques représentent la classe dominante. Les autres polluants détectés sont : l'antidépresseur escitalopram, le propranolol³⁰. Pour les polluants non pharmaceutiques, Les cholestènes présentent des concentrations très supérieures par rapport aux autres composés.

Le peu de données recueillies sur la présence de ces substances émergentes dans les boues induit des difficultés dans la constitution d'un cadre réglementaire limitant leur nocivité.

³⁰ INERIS et CNRS, 2014, substances « émergentes » dans les boues et composts de boues de stations d'épurations d'eaux usées collectives – caractérisation et évaluation des risques sanitaires, Étude réalisée pour le compte de l'ADEME, le SYPREA-FNADE, la FP2E, le SIAAP, (Contrat N°1006C0122).

Ainsi, aucun chiffre n'a été officiellement établi concernant leur valeur limite des substances mais des campagnes européennes sont mises en œuvre dans le but de recenser un maximum d'informations répondant aux critères d'élaboration d'un cadre réglementaire solide.

2.6 PERSPECTIVES EN MATIERE DE TRAITEMENT – REUTILISATION DES EAUX USÉES

2.6.1 OBJECTIFS STRATEGIQUES AFFICHES PAR LES POLITIQUES ET PLANS NATIONAUX

1. **Le PNAM** prévoit le développement de la réutilisation des eaux usées épurées et l'atteinte en 2040 d'un taux de raccordement de 95%, (notamment en équipant 1.200 communes centres en milieu rural) et un taux de dépollution de 76% en milieu urbain.
2. **Le récent programme national d'approvisionnement en eau potable et l'irrigation 2020-2027** (PNAEPI 20-27) a été établi dans un cadre concerté avec une convention cadre pour sa mise en œuvre. Ce programme, d'un coût de 115,4 milliards de dirhams, vise l'accélération des investissements dans le secteur de l'eau pour la sécurisation de l'approvisionnement en eau potable et la consolidation des acquis de l'agriculture irriguée. Ainsi, ce programme prévoit, en plus des actions de mobilisation des eaux conventionnelles et de rationalisation de l'utilisation de l'eau, le recours aux eaux non conventionnelles, notamment le dessalement de l'eau de mer et la réutilisation des eaux usées, qui deviennent de réelles alternatives.
3. **Le Nouveau modèle de développement** (NMD) publié en mai 2021, préconise la mise en place d'une tarification qui reflète la valeur réelle de la ressource et la rationalisation des usages et de la gestion de sa rareté, ainsi que la création d'une **Agence nationale de gestion de l'Eau** (ANGE) avec une déclinaison régionale par bassin hydraulique. Le rapport note que le traitement et la réutilisation des eaux usées et eaux pluviales doivent être rendus systématiques pour répondre aux besoins des périmètres irrigués et soulager la pression sur les barrages, ce qui nécessite la mise en place d'un cadre réglementaire permettant l'intégration effective des eaux traitées dans la planification de l'eau, et la définition des responsabilités dans la prise en charge du traitement et des frais de suivi de la qualité des eaux usées traitées, ainsi que les normes de réutilisation sécurisée et saine des eaux usées, conformément aux normes établies par l'Organisation mondiale de la santé.

2.6.2 OBJECTIFS OPERATIONNELS – 2030

Volume réutilisé

Le premier chiffrage de l'objectif de réutilisation est de 325 Mm³ en 2030 et 573 Millions de m³ en 2040 soit environ 60% du potentiel évalué par le Plan Directeur – DIAEA³¹ pour l'irrigation des cultures. Comme le montre la figure 7 ce volume se partage sur la réutilisation à des fins agricoles (46 %), industrielles (5 %), l'arrosage des espaces verts et des parcours de golfs (43%) et la recharge de nappes (6%).

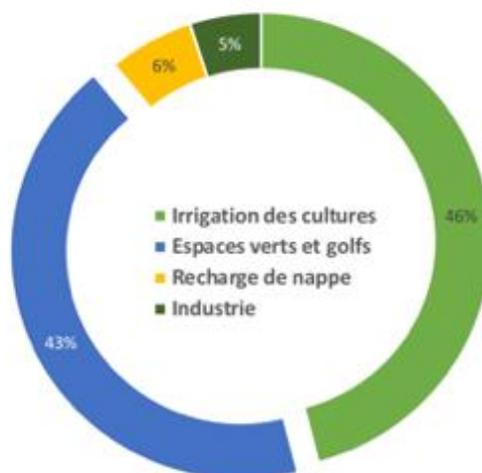


Figure 8 : Proportions des options de REUT par rapport l'objectif de 325 Mm³ en 2030

Superficies agricoles irrigables projetées

Selon le Plan Directeur de la Réutilisation des eaux usées en irrigation, la superficie potentielle irrigable par les EUT à l'horizon 2030 varie entre une superficie minimale de 65 000 ha sans stockage et maximale de 130 000 ha avec stockage intersaisonnier. Il est clair qu'il s'agisse du potentiel, un exercice impliquant le concept d'aptitude à la réutilisation a été également adopté pour 391 centres. Ainsi la répartition des superficies irrigables à travers les bassins hydrauliques marocains est illustrée par la figure 8.

Ces superficies ne représentent certes que 1.4% de la SAU (un peu plus de 10% de la superficie irriguée en grande hydraulique) et peuvent donc apparaître peu importantes. Cependant elles ont un impact socio-économique local très significatif dans des zones caractérisées par un grand déficit climatique.

³¹ Direction de l'irrigation et de l'Aménagement de l'Espace Agricole (DIAEA), relevant du Ministère de l'Agriculture, de la Pêche Maritime, des eaux et Forêts et du Développement Rural

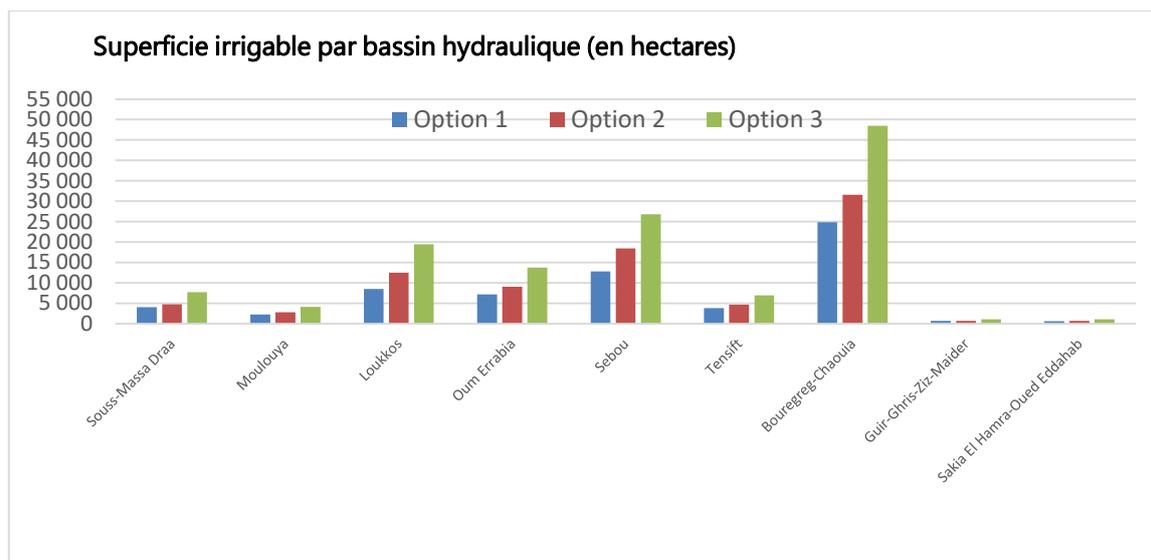


Figure 9 : Potentiel des superficies irrigables en 2030 dans les bassins hydrauliques selon trois options

Option 1 : Superficie irrigable par le débit journalier (sans stockage) au cours du mois de pointe. Le débit journalier des EUE est utilisé en totalité au cours de ce mois ; **Option 2** : En plus de la superficie irrigable au cours du mois de pointe, la superficie irrigable pourra s'étendre pendant les autres mois en raison des besoins inférieurs pour l'irrigation ; **Option 3** : Cette dernière option d'estimation de la superficie irrigable consiste à adopter le stockage annuel de toutes les EUE produites, en supposant dans ce cas l'utilisation des volumes produits totaux, sous réserve de la faisabilité technique et économique).

Traitement et valorisation des boues

Objectif : Le Plan National de l'Assainissement Mutualisé (PNAM) affiche aussi l'objectif de traiter et de valoriser les gisements des boues d'épuration. L'établissement d'une réglementation spécifique traitement et de valorisation des boues constitue un préalable. Le Département de l'Eau a élaboré, avec l'appui de la GIZ, un projet de Décret sur cet aspect qui est encore en discussion.

Gisements actuels et projetés : Le gisement actuel des boues s'élève à environ **110 000 tonnes/an**. Ce gisement est candidat à un accroissement significatif suite au développement de l'épuration et à l'accroissement démographique pour atteindre près de **600 000 tonnes en 2030 (rural et urbain)**.

3 BIBLIOGRAPHIE

3.1 PRINCIPALES ÉTUDES STRUCTURANTES NATIONALES

Comme a été étayé dans la section 2.1. REPONSES ET INITIATIVES GOUVERNEMENTALES du présent rapport, plusieurs programmes et plans stratégiques ont été lancés par le gouvernement marocain pour faire face aux défis de raréfaction de la ressource hydrique accentuée par les changements climatiques. Ainsi, plusieurs références nationales ont été collectées, analysées et synthétisées sous format de fiches présentées en annexe 3.

Le tableau 10 de la section 3.4. RECAPITULATIF qui suivra, relate l'ensemble des fiches portant sur toutes les catégories, y compris les principales études structurantes nationales, établies dans cette phase bibliographique.

3.2 RECHERCHE SCIENTIFIQUE

3.2.1 ÉQUIPES ET PLATEFORMES DE RECHERCHE DANS LE DOMAINE DE TRAITEMENT-REUTILISATION DES EAUX USEES ET DES BOUES AU MAROC

Loin de prétendre de l'exhaustivité, au Maroc, on compte actuellement un nombre de chercheurs, en dehors des étudiants et thésards qui continuent ou pas leurs recherches dans ce domaine, à environ une quarantaine. Ces chercheurs relèvent, pour la plupart des universités et des établissements de recherche dont notamment :

- ✓ Centre national d'études et de recherche sur l'eau et l'énergie (CNEREE), Université Cadi Ayyad, Marrakech
- ✓ Département de biologie, Laboratoire de biotechnologie marine et environnementale, Faculté des Sciences, Université Chouaib Doukkali
- ✓ Département de parasitologie et maladies parasitaires, Institut agronomique et vétérinaire Hassan II, Rabat
- ✓ Département du génie civil, énergétique et environnemental / Unité de gestion de l'eau et de l'environnement, Université Abdelmalek Essâadi, Tanger
- ✓ École nationale des sciences appliquées of Al-Hoceima (ENSAH)
- ✓ Institut Agronomique et Vétérinaire Hassan II: Département de biochimie, Département des Sciences du Sol, Département de Parasitologie et Département d'Horticulture – Laboratoire de Salinité et de Nutrition des plantes

- ✓ Laboratoire d'agro-physiologie, de biotechnologie, d'environnement et de qualité (LAPBEQ), Faculté des Sciences, Université Ibn Tofail, Kenitra
- ✓ Laboratoire d'Hydrobiologie, Écotoxicologie et Assainissement LHEA, Université Cadi Ayyad, Marrakech
- ✓ Laboratoire de Biochimie et Environnement, Faculté Des Sciences, Université Moulay Ismail, Meknès
- ✓ Laboratoire de biotechnologie microbienne et de protection des végétaux, Faculté des Sciences d'Agadir, Université Ibn Zohr
- ✓ Laboratoire de géosciences Eau & Environnement (LGEE), Faculté des Sciences, Rabat
- ✓ Laboratoire de microbiologie et de sécurité alimentaire, Institut Pasteur du Maroc. Casablanca,
- ✓ Laboratoire de salinité et de nutrition végétale, Institut Agronomique et Vétérinaire Hassan II, Agadir
- ✓ Laboratoire de Virologie, Hygiène & Microbiologie, Faculté des Sciences & Techniques, Université Hassan II Mohammedia
- ✓ Laboratoire Hydrobiologie et Écologie Générale, Faculté des Sciences, Université Mohammed1er Oujda
- ✓ Laboratoire Système Aquatique : Milieu Marin et Continental, Faculté des Sciences Agadir, Département de Biologie, Université Ibn Zohr, Agadir
- ✓ Pôle de Compétences Eau & Environnement (Point focal national : Université Cadi Ayyad, Faculté des Sciences Semlalia (Site web : <http://www.ucam.ac.ma/fssm/pc2e>); ce pôle regroupe quatre (4) autres universités (Casa Ben Mssik, Kenitra, Oujda, El Jadida)

Remarquons la bonne couverture des différentes régions par des laboratoires et centres de recherche relevant des universités et des instituts

Les contacts clés mais non exhaustifs qui ont œuvré dans les domaines de recherche, de développement et de consulting national et international, en matière de traitement – réutilisation des eaux usées en agriculture sont :

- ✓ Assobhei (Faculté des Sciences, Université Bouchaib Doukkali, El Jadida)
- ✓ Bouchaib El Hamouri, Département de biochimie/et Département de Génie Rural (Institut agronomique et vétérinaire Hassan II)
- ✓ Brahim Soudi (Département des ressources naturelles et environnement, Institut agronomique et vétérinaire Hassan II)
- ✓ Fatiha El Hafiane (Département des ressources naturelles et environnement, Institut agronomique et vétérinaire Hassan II)
- ✓ Jallal Jamaledine (École Mohammedia des ingénieurs, Rabat)
- ✓ Khalid Khallâyoune (Département de Parasitologie, Institut agronomique et vétérinaire Hassan II)

- ✓ Laila Mandi (Université Cadi Ayyad, Marrakech)
- ✓ Mohammed Mountadar et (Faculté des Sciences, Université Bouchaib Doukkali, El Jadida)
- ✓ Naaila Ouazzani (University Cadi Ayyad, Marrakech)
- ✓ Redouane Choukrallah (Département d'Horticulture – Laboratoire de Salinité et de Nutrition des plantes, Institut agronomique et vétérinaire Hassan II)
- ✓ Said Wahbi (University Cadi Ayyad, Marrakech)
- ✓ Tawfik El Moussaoui (Laboratoire de Biotechnologie et Physiologie Végétale, Université Cadi Ayyad, Marrakech).

En somme, remarquons que près de 17 laboratoires, département au sein des instituts et universités et centres de recherche sont engagés dans des programmes et projets de recherche en matière de traitement et de réutilisation des eaux usées dans les différentes régions marocaines. Ces projets sont initiés et supervisés par une douzaine d'académiques et experts. Ce chiffre de 12 référents académiques n'inclut pas le nombre de doctorants, futurs académiques, qui est beaucoup plus grand. En effet, toute une pépinière de jeunes chercheurs émerge depuis 2006 (lancement du PNA) dans ce domaine. Aussi, à côté de ces staffs académiques, une ingénierie nationale en matière d'assainissement et de réutilisation est assez étoffée dans les cabinets et bureaux d'études.

3.2.2 DOMAINES ET THEMES DE RECHERCHE

Une analyse sommaire des fiches-documents et une investigation sur Google Scholar sur la période 2000-2020, montre que les domaines de recherche abordées en matière de traitement et réutilisation des eaux usées sont variés mais d'intensité inégale. En effet, comme le montre la figure 9 ci-dessous, relatant une évaluation qualitative et relativement subjective en absence d'une étude méta-analyse, l'intensité de couverture des différents domaines thématiques, montre que les investigations les plus étoffées sont :

- (i) la qualité biologique des EUT et risques sanitaires ;
- (ii) la qualité physico-chimique des EU ;
- (iii) les performances épuratoires ;
- (iv) et les pratiques agricoles de réutilisation en agriculture. Ce dernier thème a été excellemment abordé dans le cadre de projets pilotages faisant office de laboratoires dont notamment celui de Ben Sergao (infiltration – percolation) piloté par la RAMSA et le Complexe horticole d'Agadir ; celui de Ouarzazate (Projet MOR 86/018 (1998) PNUD /FAO /OMS (1990-1994) et celui de de l'IAV Hassan (Chenal algal à haut rendement).

Les autres thématiques à renforcer sont par ordre prioritaire :

- (v) la dimension socio-économique des projets de réutilisation,

- (vi) les investigations épidémiologiques à l'échelle de la zone d'influence des projets de REUT incluant les usagers, les consommateurs
- (vii) le traitement et la valorisation des boues ;
- (viii) l'innovation en matière de technologies d'épuration des eaux usées ; etc. ;
- (ix) le volet écotoxicologique notamment lié aux métaux lourds dans les EU ou dans les boues ;
- (x) les modèles d'intégration de la REUSE dans la gestion intégrée des ressources en eau ;
- (xi) et l'impact de la REUT sur la qualité des sols et des eaux.

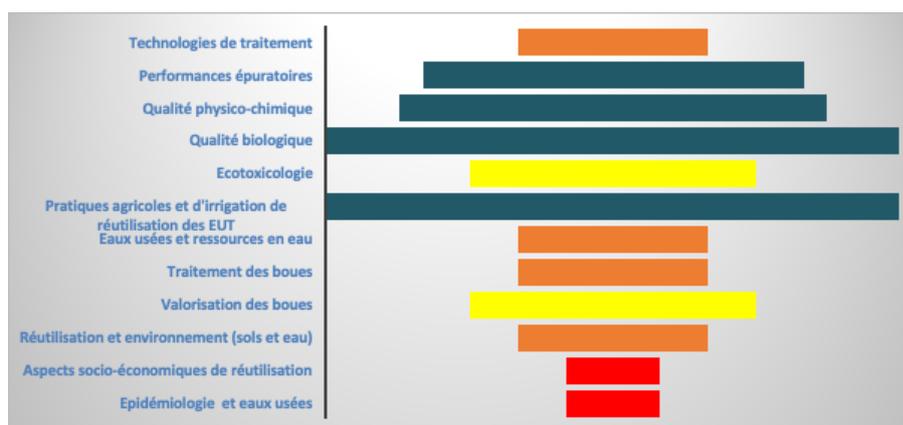


Figure 10 : Évaluation du taux de couverture des thématiques clés (REUSE et Boues) par la recherche scientifique au Maroc

On compte sur Google Scholar environ 7980 publications scientifiques sur la période 2010-2020, sur le traitement, la réutilisation des eaux usées et les aspects sanitaires et environnementaux qui leur sont associés, au Maroc et/ou au Maroc parmi d'autres pays méditerranéens ou de MENA.

https://scholar.google.com/scholar?start=0&q=wastewater+treatment+and+reuse+,+Morocco&hl=fr&as_sdt=0,5&as_ylo=2010&as_yhi=2020

Le créneau de recherche sur les contaminants émergents demeure peu investi au Maroc et à l'international. Il est temps à ce que l'OMS élargisse ses normes pour couvrir ces contaminants. Le groupe COSTEA devra initier la mise en place d'un groupe de réflexion sur cet aspect dans le cadre de son objectif de sécurisation sanitaire de la REUSE.

Force est de signaler que les résultats de recherche demeurent, malgré tout, sous-valorisés.

3.2.3 COOPERATION INTERNATIONALE

Pour rester dans le cadre de la section « recherche scientifique », on tentera de relater dans ce qui suit, une liste des projets appuyant la recherche – innovation et la recherche - développement dans le domaine de traitement – réutilisation des eaux usées au Maroc. En guise d'avertissement, cette liste est loin d'être exhaustive et ne couvre ni les mégaprojets d'assainissement – réutilisation financés par les bailleurs de fonds (AFD, Banque mondiale, BEI UE, USAID, etc.), ni les projets d'assistance technique exécutés par la FAO, la GIZ, etc.

- Projet MOROCOMP 2006-2010 (LIFE TCY05/MA000141) : Conception et application d'une unité de compostage innovante pour le traitement efficace des boues et autres déchets organiques biodégradables au Maroc
- Projet : Économie d'eau dans l'agriculture méditerranéenne : WASAMED (projet de réseau thématique financé par la Commission européenne (CE), dans le cadre du 5ème programme-cadre de la coopération internationale), www.wasamed.iamb.it
- Projet Innova Med : Procédés et pratiques innovants pour le traitement et la réutilisation des eaux usées
- Projet Européen de Recherche Développement (PCRD)
- Lutte environnementale contre la schistosomiase dans les systèmes d'irrigation des régions méditerranéennes (1984-1987)
- Projet Européen de Recherche Développement (PCRD)
- Utilisation des eaux usées pour l'irrigation - traitement, irrigation avec divers systèmes sur diverses cultures (1984-1987)
- Projet écologique de traitement et de réutilisation des eaux usées (technologie innovante par "Filtres imbriqués" à partir de 2015), dans un établissement universitaire à Marrakech, par une biotechnologie verte : Projet. Pour promouvoir ce procédé d'assainissement liquide à faible coût, adapté aux petites agglomérations, le CNEREE a créé la startup WATECH (Water Treatment Technologies) incubée à l'UCA.

Partenaires : Centre National d'Études et de Recherche sur l'Eau et l'Énergie (CNEREE) relevant de l'Université Cadi Ayyad (UCA) de Marrakech, Faculté des Sciences Semlalia à Marrakech, Faculté des Sciences et Techniques à Marrakech, Université de Shimane au Japon, Institut International de l'Eau et l'Assainissement de l'ONEE à Rabat et l'Agence Japonaise de la Coopération Internationale (JICA)

- Projet événement « Méditerranée durable" qui vise à stimuler l'échange intergénérationnel et régional de connaissances sur les eaux usées, à partager et à promouvoir des projets novateurs des jeunes travaillant sur l'eau à tous les niveaux et à renforcer la sensibilisation à la pénurie d'eau en Méditerranée. Dans ce cadre le prix « Winner of the Mediterranean Water Heroes » a été mis en place. Ce prix a été décerné, en 2017, au Doctorant Tawfik EL MOUSSAOUI pour récompenser son projet de recherche sur le Traitement et la Réutilisation des Eaux Usées Urbaines en Irrigation Durable dans la région de Marrakech »

Bailleurs : AFD, Banque mondiale, BEI, CIHEAM, GIZ, Plan Bleu

- Projet de Recherche Marocco-Tunisien (2000-2002) : Épuration des eaux usées industrielles et urbaines par plantes macrophytes
- Projet d'Initiative propre (PIP), Maroc/Belgique, 2003-2007. Optimisation et valorisation d'une filière d'épuration des eaux usées par chenal algal.
- Projet Fédérateur du Pôle de compétences Eau & Environnement (PC2E), 2003-2007. Traitement et Valorisation des Effluents Industriels.
- Projet INCO-Med PURATREAT (2005-2009), New Energy Efficient approach to the operation of Membrane Bioreactors for Decentralised Wastewater Treatment
- Projet MELIA, INCO-MED (2006-2009), Mediterranean Dialogue on Integrated Water Management

3.2.4 PROJETS PILOTES FAISANT OFFICE DE CHAMP D'EXPERIMENTATION ET DE RECHERCHE

- Projet Mor 86/018 (1998) PNUD /FAO /OMS : réutilisation des eaux usées d'Ouarzazate (1990-1994) : Le travail a été accompli à l'intérieur d'un champ expérimental clôturé. Les objectifs étaient de : (i) construire la station d'épuration (un système d'épuration utilisant en parallèle une filière de bassins de stabilisation (BDS) et une filière de technologie des bassins à haut rendement (TBHR) ; (ii) caractériser la qualité de l'effluent et déterminer les performances de la station d'épuration ; (iii) conduire des essais agronomiques permettant de comparer l'effet de l'application de l'effluent épuré sur les eaux souterraines (par rapport aux parcelles-témoin), sur la production et sur la qualité hygiénique des cultures.
- Projet Ben-Sergao (Agadir 1991-1994) : Ce projet a débuté en 1991. Il a adopté la technique infiltration/ percolation comme moyen d'épuration des eaux usées. Le projet a concerné un champ expérimental clôturé de 3 ha. Une irrigation goutte-à-goutte a été adoptée avec l'effluent épuré pour 50% du terrain et avec l'eau potable pour 50% dans le but d'évaluer l'effet des eaux usées épurées. Ce projet a été ponctuellement appuyé par la RAMSA dans le cadre des lignes de financement (AFD, BEI) dédiés à l'assainissement du Grand d'Agadir.

3.3 ÉTUDES SPECIFIQUES LIEES A DES PROJETS

De manière systématique, tous les projets font l'objet des études de faisabilité technico-économiques. Aussi sur le plan réglementaire, la loi 12-03 relative aux études d'impact sur l'environnement (récemment révisée pour inclure les évaluations environnementales stratégiques (EES) des politiques, plans et programmes) stipule l'obligation de soumettre tous les projets de STEP et de réutilisation à une étude d'impact sur l'environnement. Ces projets ne peuvent être réalisés que lorsqu'ils aient une acceptabilité environnementale et sociale.

3.4 RECAPITULATIF DES FICHES DE SYNTHÈSE

Pour couronner cette phase documentaire, une soixantaine des fiches de synthèse a été établie selon le modèle fixé à la première phase, suite à la collecte, analyse et synthèse globale d'une multitude des documents référencés.

Comme les documents collectés sont de différents types et natures, et pour éviter tout chevauchement entre les fiches réalisées, il était suggéré de classer les fiches de synthèse selon les trois catégories suivantes, suffisamment définies dans les sections précédentes de ce chapitre 3. BIBLIOGRAPHE :

1. **Les études nationales structurantes** ;
2. **Recherche scientifique** : là encore, les fiches de synthèse établies sous cette catégorie risquent de s'entremêler, il s'est avéré alors utile d'ajouter une deuxième ramification de « recherche scientifique » pour une lecture plus facile et une logique plus honnête. Dans ce sens, les fiches de recherche scientifiques sont divisées en quatre blocs suivants :
 - i. *Coopération internationale* ;
 - ii. *Projets pilotes faisant office de champ d'expérimentation et de recherche* ;
 - iii. *Rapports d'assistance technique pour différents sites* ;
 - iv. *Expérimentation et recherche*.
3. **Etudes spécifiques liées à des projets**.

Ainsi et loin de toute exhaustivité, le tableau 10 qui suit, relate toutes les études nationales, recherches scientifiques et études spécifiques qui ont été analysées et synthétisées sous format des dites « fiches de synthèse » associées à ce présent rapport en annexe 2.

Tableau 10 : Récapitulatif des fiches de synthèse classées selon les trois catégories prédéfinies

Numéro de fiche	Intitulé du DOC	Auteur	Année
1. Etudes nationales structurantes			
Fiche N°1	Appui à la promotion de la réutilisation des eaux usées par le renforcement des aspects institutionnels, règlementaires et financières, ainsi que des démarches participatives, des mesures incitatives et la sensibilisation	Brahim SOUDI	2018
Fiche N°2	Etude du plan directeur de réutilisation des eaux usées traitées en irrigation – Rapport principal	NOVEC pou DIAEA	2015
Fiche N°3	Etude du plan directeur de réutilisation des eaux usées traitées en irrigation - Elaboration d'une boîte à outils : Manuel pour l'élaboration des projets de REUT en irrigation -	NOVEC pour DIAEA	2015
Fiche N°4	Etude du plan directeur de réutilisation des eaux usées traitées en irrigation - Elaboration d'une boîte à outils : Guide de sensibilisation sur les bonnes pratiques de sécurisation de la réutilisation des eaux traitées en irrigation-	NOVEC pour DIAEA	2015
Fiche N°5	Projet de Renforcement des Capacités sur l'Utilisation sans danger des Eaux Usées en Agriculture	FAO	2011
Fiche N°6	Réutilisation des eaux usées au Maroc : Analyse de situation et recommandations pour le déblocage du potentiel de valorisation des eaux usées traitées pour le développement agricole	SOUDI Brahim	2020
Fiche N°7	Analyse des contraintes entravant les projets de réutilisation des eaux usées en agriculture	SOUDI Brahim	2012

Numéro de fiche	Intitulé du DOC	Auteur	Année
Fiche N°8	Mutualisation des programmes nationaux d'assainissement liquide (PNa et PNAR) et de réutilisation des eaux usées	ADI pour DEA (ministère de l'intérieur)	
Fiche N°9	Elaboration d'une approche de gestion intégrée des ressources en eau non conventionnelles – Partie 1	Multitude des auteurs dont Brahim SOUDI	2013
Fiche N°10	Elaboration d'une approche de gestion intégrée des ressources en eau non conventionnelles – Partie 2	Multitude des auteurs dont Brahim SOUDI	2013
Fiche N°11	Projets intégrés d'épuration et de réutilisation des eaux usées épurées : finalisation du Schéma Organisationnel et Institutionnel et de Gestion de la composante de réutilisation des eaux usées épurées	Brahim Soudi et Dimitri Xanthoulis	2004
Fiche N°12	Gestion de la rareté de l'eau en Milieu Urbain au Maroc	Dahan Stephane	2017
Fiche N°13	Etude relative à l'Évaluation Environnementale Stratégique (ÉES) du Programme Assainissement (PA-ONEP)	Ingénieurs conseillers de SAFEGE	
Fiche N°14	Etude pour l'Elaboration de la Stratégie Nationale de Gestion des Boues des Stations d'Épuration des Eaux au Maroc - Partie 1	Groupe Phénixa - FIW	2010
Fiche N°15	Etude pour l'Elaboration de la Stratégie Nationale de Gestion des Boues des Stations d'Épuration des Eaux au Maroc - Partie 2	Groupe Phénixa - FIW	2011
Fiche N°16	Gestion des boues générées par les STEP- ONEE - branche eau : diagnostic de la situation actuelle et ébauche d'une vision d'amélioration des performances	Brahim SOUDI	2015

Numéro de fiche	Intitulé du DOC	Auteur	Année
2. Recherche scientifique			
i) Coopération internationale			
Fiche N°17	COMPÉTITIVITÉ ÉCONOMIQUE DU MAROC - Ébauche de révision des normes de qualité des eaux usées traitées destinées à l'irrigation des cultures et à l'arrosage espaces verts	Brahim SOUDI	2013
Fiche N°18	Réutilisation des eaux usées traitées en Méditerranée et impacts sur les territoires	DEBOOS Arthur	2018
Fiche N°19	Convention eau du bassin Haouz-Mejjate – Plan d'action 2018-2028	ABHT	2017
Fiche N°20	Guide pour l'assainissement liquide des douars marocains	KOPITOPOULOS Derkos	2005
Fiche N°21	Guide de traitement et de valorisation agricole des boues issues des dispositifs d'épuration en milieu rural marocain	IFDES	2017
Fiche N°22	Etude d'opportunités de valorisation des boues des STEP-ONEE : plan prioritaire d'intervention pour les STEP d'Al hoceima et de Nador	Brahim SOUDI	2016
ii) Projets pilotes liés à l'expérimentation et recherche			
Fiche N°23	Assistance technique à la mise en oeuvre des projets de réutilisation des eaux usées en aval des stations d'épuration de Tiznit, Drarga et Ouarzazate	BET MAK ETUDES	2016
Fiche N°24	Sustainable water resources management in the Oasis of Figuig, Morocco	A. Torrens, et al.	2012
iii) Rapports d'assistance technique liés à différents sites			
Fiche N°25	Réutilisation des eaux usées pour l'irrigation agricole en zone péri-urbaine de pays en développement : pratiques, défis et solutions opérationnelles	Rémi DECLECQ et Nicolas CONDOM	2015
Fiche N°26	Bonnes pratiques : Réutilisation des eaux usées épurées au niveau de la ville de Settat Maroc	KHAJOUR Larbi	2013
Fiche N°27	Guide technique de réutilisation en agriculture des eaux usées épurées et des boues des stations d'épuration	Brahim Soudi et Dimitri Xanthoulis	2007

Numéro de fiche	Intitulé du DOC	Auteur	Année
Fiche N°28	Valorisation des eaux non conventionnelles : Renforcement de l'offre et mesure d'adaptation au changement climatique dans les zones arides - Cas du Maroc -	Brahim SOUDI	2013
Fiche N°29	La réutilisation des eaux usées traitées en méditerranée : retour d'expériences et aide à l'élaboration de projets	Nicolas Condom, Marianne Lefebvre, Laurent Vandome	2012
Fiche N°30	Manuel des bonnes pratiques Boues	Phénixa et FIW pour Département de l'environnement	2011
iv) Expérimentation et recherche			
Fiche N°31	Assainissement rural au Maroc : situation, réalisations et perspectives	LATRACH et al	2018
Fiche N°32	Bilan sur les possibilités de la filière boue de la STEP de Marrakech	Armelle Sfiligoi	2010
Fiche N°33	REUSE of treated wastewater in agriculture: solving water deficit problems in arid areas	Faissal AZIZ, Mohamed FARISSI	2014
Fiche N°34	Suburban wastewater treatment designed for reuse and replication (Morocco)	George K. Danso, Munir A. Hanjra and Pay Drechsel	2012
Fiche N°35	Study of Physicochemical and Bacteriological Quality of Treated Wastewater by the New Aourir Plant (Southwestern of Morocco) Using Activated Sludge Technology in a Semi-Arid Region	Sara Hajji, et al.	2021

Numéro de fiche	Intitulé du DOC	Auteur	Année
Fiche N°36	Physicochemical quality of wastewater purified by infiltration-percolation: case of the plant of BEN SERGAO (south-western Morocco) after ten years of running	R. MIMOUNI, B. YACOUBI & R. EDDABRA	2011
Fiche N°37	Suivi et analyse du risque lié à l'utilisation des eaux usées en agriculture dans la région de Meknes au Maroc	El Addouli Jamal, Chahlaoui Abdelkader et Chafi Abdelhafid,	2008
Fiche N°38	Impact of irrigation with wastewater on accumulation of heavy metals in soil and crops in the region of Marrakech in Morocco	Sana Chaoua, et al.	2019
Fiche N°39	Parasitic Contamination of the Mint and Turnip Irrigated By Untreated Wastewater in Sidi Yahia Gharb (Morocco)	Sylla Idrissa, et al.	2010
Fiche N°40	Removal of Antibiotic-Resistant Salmonella in Sewage Water from Wastewater Treatment Plants in Settatt and Soualem, Morocco	Nadia Oubrim, et al.	2012
Fiche N°41	Impact of Sewage Sludge Leaching on Soil Constituents and Quality	Zahra Zerrouqi, et al.	2020
Fiche N°42	Effect of purified wastewater from the city of Settatt (Morocco) on the quality of spearmint essential oil (Mentha Spicata)	Fatima BENSABAH, Abdeslam LAMIRI and Jamal NAJA	2013
3. Etudes spécifiques liées à des projets			
Fiche N°43	Étude de réutilisation des eaux usées traitées dans le domaine de l'agroforesterie de la ville de Marrakech	Tawfik El Moussaoui, Said Wahbi, et al.	2017
Fiche N°44	Effets de la réutilisation des eaux usées brutes de la ville d'Oujda sur quelques paramètres agronomiques et bactériologiques	Mounia ABOUELOUAFI, et al.	2002
Fiche N°45	Efficacité de l'épuration des eaux usées domestiques par filtres plantés et essais de réutilisation des eaux usées épurées en milieu rural marocain	Saloua EL FANSSI, Naaila Ouazzani & Laila MANDI	2019

Numéro de fiche	Intitulé du DOC	Auteur	Année
Fiche N°46	Etude de la qualité physico-chimique des eaux usées brutes de cinq villes de la région de la Chaouia – Ouardigha (Maroc)	Mohammed BOUTAYEB, Abdelhamid BOUZIDI et Mohammed FEKHAOUI	2012
Fiche N°47	Etude physico-chimique et parasitologique des eaux usées destinées a l'irrigation du périmètre péri-urbain de Fouarat (Kenitra, Maroc)	EL GUAMRI et al	2007
Fiche N°48	Entre décharge participative et État développeur : des élites rurales marocaines en quête de légitimité	Pierre-Louis Mayaux et Audrey Massot	2019
Fiche N°49	Étude épidémiologique des helminthiases intestinales chez l'enfant de la zone d'épandage des eaux usées de la ville de Marrakech	Khadija Bouhoum et al	2014
Fiche N°50	Water and wastewater management in Morocco: Biotechnologies application	Laila Mandi, Naaila Ouazzani	2014
Fiche N°51	Impact of treated wastewater on groundwater quality in the region of Tiznit (Morocco)	Mounir El Heloui, Rachida Mimouni and Fatima Hamadi	2016
Fiche N°52	Assessment of Helminths Health Risk Associated with reuse of Raw and Treated Wastewater of the Settat City (Morocco)	K. Hajjami, M. et al.	2012
Fiche N°53	A Hybrid Wetland for Small Community Wastewater Treatment in Morocco	Bouchaib El Hamouri, Christopher Kinsley, Anna Crolla	2012
Fiche N°54	Wastewater reuse in the Mediterranean region: Case of Morocco	Abdelaziz Hirich, Redouane Choukr-Allah	2013

Numéro de fiche	Intitulé du DOC	Auteur	Année
Fiche N°55	Wastewater in the Peri-Urban Area of Great Casablanca (Morocco): Status Quo, Treatment and Potential Reuse in Urban Agriculture	M. Chlaida, et al.	2011
Fiche N°56	Environmental assessment of a wastewater treatment plant using life cycle assessment (LCA) approach: case of Ain Taoujdate Morocco	Yassine BAHI, et al.	2020
Fiche N°57	Application of Activated Sludge for Urban Wastewater Treatment and Reuse for Irrigation in Kénitra, Morocco	Abdellah Lachheb, et al.	2016
Fiche N°58	Soil-transmitted helminth infections associated with wastewater and sludge reuse: a review of current evidence	Isaac Dennis Amoah, Anthony Ayodeji Adegoke and Thor Axel Stenstrom	2018
Fiche N°59	Traitement et valorisation des boues issues de la STEP du douar Chouirij - région de Marrakech - Safi	Brahim SOUDI	2017
Fiche N°60	La réutilisation des eaux usées traitées en irrigation comme incubateur d'un processus de pérennisation et de bonne gouvernance des infrastructures d'assainissement : cas pratique de la station d'épuration de Tidili au Maroc.	Nina Legros	2017

4 ANALYSE DE LA SITUATION NATIONALE SELON L'APPROCHE DES 4 THEMES

4.1 TH1 : LA REUTILISATION NON PLANIFIEE DE L'EAU

De prime abord, il y a lieu de souligner que là où les eaux conventionnelles font défaut, et où des réseaux d'assainissement (de collecte) sont opérationnels, les agriculteurs ont tendance à prélever et réutiliser les eaux usées brutes (EUB). **La seconde session du Conseil Supérieur pour l'Eau et le Climat (1994) a rapporté une superficie agricole irriguée avec les EUB qui s'élevait à plus de 7000 hectares.** Entre cette date et l'avènement du PNA (2006), cette superficie a certainement augmenté suite à l'augmentation des volumes des effluents, à la raréfaction de l'eau et au déficit en matière de traitement. Les statistiques fiables sur la portée de cette pratique n'existent pas.

Avec le développement du PNA et l'accroissement significatif du taux d'épuration qui affleure les 60% en 2021, le captage des eaux usées brutes réduirait inéluctablement le prélèvement illicite des EUB. Toutefois, le recours aux EUB en absence d'alternatives devrait naturellement persister dans les zones dotées de réseau de collecte et pas de dispositifs de traitements. Aussi, pour certaines STEP, lorsque les agriculteurs ex-usagers, souvent péri-urbains, situés à l'amont des STEP, n'ont pas été intégrés dans les projets de réutilisation, ils se sont illicitement contraints à forcer le prélèvement des conduites acheminant les EUB à la STEP. Cette adduction est à leurs yeux, synonyme d'une privation de la ressource à laquelle ils présument avoir droit. Cette situation, bien qu'elle soit localisée, a poussé les gestionnaires à une inclusion sociale des agriculteurs en assurant un refoulement des EUT. La leçon tirée est de réaliser une étude socio-économique dans la zone d'influence de la STEP à l'amont chronologique du processus de planification et de mise en place des ouvrages de traitement.

Lors de l'établissement du Plan Directeur de réutilisation des eaux usées traitées en irrigation (PD-REUTI - DIAEA – Département de l'Agriculture, 2014), un état des lieux sur la réutilisation a été établie à travers des enquêtes et des visites de terrain dans les différentes régions du Maroc. Ainsi, près de 80 fiches-périmètres ont été renseignées.

A cette période, le traitement des données recueillies permet de caractériser les zones irriguées à partir des eaux usées. Les principaux éléments ressortant de l'analyse concernent les superficies irriguées, les populations concernées, les cultures pratiquées. Ce diagnostic a permis de distinguer l'irrigation par les eaux usées traitées et par les eaux usées brutes et de différencier trois modes d'utilisation qui s'apparentent toutes les trois à une réutilisation dite non planifiée ou non contrôlée :

- ✓ Utilisation directe : utilisation des eaux usées brutes depuis une sortie d'eaux d'égout, évacuées directement sur les terres ;

- ✓ Utilisation indirecte : captage d'eaux usées après mélange avec des eaux conventionnelles (ou d'eau d'un cours d'eau) pour l'irrigation ;
- ✓ Utilisation mixte : utilisation alternée des eaux usées et des eaux conventionnelles en cas de manque de ces dernières (tarissement en période d'étiage).

Les résultats chiffrés sont relatés dans le tableau 13. Constatons que la superficie irriguée avec les EUB est respectivement de 2015 ha, 3772 ha et de 1434 ha pour les trois modes de réutilisation directe, indirecte et mixte telles qu'elles sont définies plus haut. La réutilisation indirecte prédomine. Le total est de 7221 ha sur 61 petits périmètres. Celui-ci est certainement sous-estimé.

Selon le rapport du PD-REUTI, et pour la même période, **le diagnostic de l'état des lieux a relaté une superficie irriguée avec les EUT ; en modes directe, indirecte et mixte, était de 1776 ha soit 20% de la superficie totale irriguée avec les EUB et les EUT.**

En somme, toutes ces formes de REUSE sont non contrôlées et non planifiées. D'ailleurs l'étude d'élaboration du PD-REUTI a basé l'établissement du plan prioritaire décennal sur ces données cartographiées dans toutes les régions du Maroc.

Tableau 11 : Superficie et nombre de périmètres irrigués avec les eaux usées de manière non planifiée et très souvent non contrôlée

Nature des eaux utilisées	Eau brute							
	Directe		Indirecte		Mixte		Sous total	
Utilisation	Superficie irriguée (ha)	Nombre de périmètres						
DRA								
Totaux	2015	22	3772.5	25	1434	14	7221	61

4.2 TH2 : GOUVERNANCE, ORGANISATION DES UTILISATEURS, ACCEPTABILITE, FORMATION

Entendons-nous qu'il s'agit ici de la gouvernance des projets de réutilisation des eaux usées traitées en agriculture. Pour cela, et tenant compte du fait que la plupart des projets sont en cours d'opérationnalisation, dont au moins trois projets phares au niveau de Settat, Oujda et Tiznit, cette analyse portera sur les sites où une gouvernance est mise en place et des études préalables de faisabilité et d'évaluation de l'accueil des agriculteurs à l'irrigation avec les EUT sont établies. **Cette démarche s'avère, malgré tout, pertinente car ces projets – laboratoire seront tout à fait reproductibles dans les autres régions du Maroc.**

4.2.1 GOUVERNANCE

Pour assurer une bonne gouvernance des projets de réutilisation, les institutions de tutelle et leurs structures déconcentrées procèdent à l'établissement de **conventions de partenariat et de gestion du système traitement – réutilisation des EUT**. Ces conventions sont plutôt de nature Public – Public. Elles engagent une multitude d'acteurs pour ne pas dire tous les acteurs institutionnels et leurs structures déconcentrées (Wilaya, Conseil Régional, ABH, Communes, Département de l'Agriculture et ses différentes structures (ONSSA, ONCA, etc.), Régie ou ONEE-Branche eau, Ministère de la Santé, usagers (AUEAs), etc.).

L'analyse de ces conventions fait ressortir, en plus de leur caractère multi-acteurs, que **les engagements de la plupart des parties prenantes sont plutôt des « déclarations d'intention » et non pas des engagements effectifs** à travers des contributions financières ou en nature. L'essentiel des engagements opérationnels est assuré par le Département de l'Eau à travers les ABHs, le Département de l'Environnement, le Département de l'Agriculture pour l'aménagement hydro-agricole, les régies et l'ONEE – Branche Eau. Les autres parties s'engagent dans le suivi de mise en œuvre de la convention, le contrôle, etc.

Un second élément crucial, caractérisant ces conventions, réside dans le fait que **les agriculteurs usagers ne s'engagent pas**, explicitement dans ces conventions, à payer pour les EUT ; dans certains cas, l'engagement le plus explicite de leur part consiste en la prise en charge des frais de gestion et de maintenance des ouvrages connexes (station de pompage, station de filtration, bassin de stockage, etc.).

Deux conventions sont toutefois en cours de concrétisation sur le terrain ; il s'agit de celles établies pour les sites Tiznit et Oujda (faisant partie des sites potentiels identifiées dans le cadre de l'action COSTEA).

L'encadré 2 ci-dessous relate les zones d'ombre et les lacunes de quelques conventions (Souidi, 2018).

Encadré 1 : zones d'ombre et lacunes d'opérabilité

Zones d'ombre et lacunes d'opérabilité

Cas de Settat :

- La formulation de l'Article 7, relative à l'engagement de la Régie (RADEEC) est ambiguë en termes de normes de qualité des EUT livrées (niveau tertiaire ou normes de rejet dans le milieu récepteur ?)
- Dans le même Article 7, l'ABH s'engage à délivrer l'autorisation d'utilisation des eaux usées aux bénéficiaires or selon la loi sur l'eau, les usagers formulent une demande d'autorisation et la soumettent à l'ABH. Cette convention ne mentionne pas qui prendra en charge le suivi « coûteux » de la qualité des EUT conformément à la norme en vigueur.

Cas d'Oujda :

Cette convention est relativement mieux étoffée, toutefois, on retrouve l'ambiguïté réglementaire relative à la délivrance de l'autorisation. En effet, dans les termes de la convention, il est dit que « l'ABH s'engage à aider les associations usagères des EUT pour l'obtention de l'autorisation de réutilisation ». Selon la loi, les usagers constituent une demande d'autorisation et la soumettent à l'ABH. On peut aussi se poser la question sur la faisabilité financière de l'engagement de l'ABH à effectuer le suivi de la qualité des EUT conformément à la norme contraignante en vigueur. En effet, les frais de suivi sont coûteux et la capacité financière des ABH est insuffisante pour couvrir

Cas de Tiznit

- La convention ne mentionne pas les modalités de prise en charge de l'opération de suivi de la qualité des EUT. Ceci risquerait d'entraver la procédure d'obtention de l'autorisation de réutilisation. En effet, la délivrance de l'autorisation par l'ABH est tributaire de disposer d'une qualité des EUT conformes aux normes en vigueur.
- L'engagement du Secrétariat d'État chargé du Développement Durable (Département de l'Environnement dans la convention) relatif à l'Étude d'Impact sur l'Environnement (EIE) est à l'encontre de la législation nationale. C'est le porteur du Projet qui a l'obligation, selon la loi 12-03 relative aux EIE, de réaliser une EIE de la STEP et de ses ouvrages connexes et de soumettre l'EIE pour examen et acceptabilité environnementale soit au comité régional des EIE ou au comité national.

En guise de conclusion à cette analyse, on peut dire que ces conventions consistent en une forme d'arrangement institutionnel régional ou provincial, elles sont multi-acteurs et n'engagent aucune entité privée. Il ne s'agit nullement d'un modèle PPP. Les engagements des partenaires se superposent à leurs attributions régaliennes. Certains aspects cruciaux conditionnant l'opérationnalisation et la viabilité du contrat ne sont pas clairement mentionnés ou ne le sont pas ; il s'agit notamment de : i) l'autorisation délivrée par l'ABH sous conditions du respect des conditions de réutilisation, et ii) de la conformité aux normes de qualité des eaux destinées à l'irrigation. Il est souvent mentionné que l'ABH appuie les associations des usagers à l'obtention de cette autorisation mais les conditions requises ne sont pas clairement énoncées.

L'engagement pour la mise en place d'un traitement complémentaire est mitigé, et sa prise en charge s'opère au cas par cas. En d'autres termes cette responsabilité devrait être institutionnalisée. Les conventions laissent comprendre que les EUT sont distribuées gratuitement aux usagers agricoles. Ceci inciterait certes à la demande des EUT et à la promotion des projets de valorisation de cette ressource additionnelle mais la convention ne mentionne pas les risques de surcoût généré par le traitement complémentaire et par les frais de suivi des paramètres de qualité des EUT conformément à la législation en vigueur. Par rapport à cet aspect, les conventions ne mentionnent pas toujours qui prendra en charge ces analyses bien que l'ABH s'engage, selon la convention, à contrôler la qualité des EUT. Rappelons que le coût de revient du mètre cube des EUT incluant le traitement complémentaire et les frais d'analyses de suivi de la qualité des EUT s'élève à plus de 2 Dirhams/m³.

En somme, ces conventions, demeurent lacunaires, multi- céphaliques et risquent de ne pas être viables. Tout échec risquerait d'entraver le processus de développement de la réutilisation

En matière de gouvernance institutionnelle, les goulots d'étranglement résident dans les lacunes institutionnelles : (i) une absence de leadership livrant les projets à une gestion multi-céphalique ; (ii) la norme contraignante relative à la qualité des eaux destinées à l'irrigation qui est en cours de révision ; (iii) les difficultés de mise en conformité avec ladite norme ; (iv) le blocage de la procédure d'octroi de l'autorisation par l'ABH conformément à la loi ; et (v) les faibles capacités financières des communes et des usagers.

4.2.2 ORGANISATION DES USAGERS

Le Maroc dispose d'un atout particulier en matière d'approche participative à l'irrigation, qui réside dans les organisations des irrigants en Associations d'Usagers de l'Eau Agricole (AUEA) aussi bien dans les périmètres de petite et moyenne hydraulique que dans le secteur de grand hydraulique. Ces associations participent à l'aménagement, à l'exploitation et à la maintenance des systèmes d'irrigation. Bien qu'aucun droit de l'eau ou droit sur l'infrastructure d'irrigation n'ait été attribué aux AUEA, le gouvernement peut leur déléguer le pouvoir d'exproprier des terres au sein de leur zone de services pour des raisons d'intérêt public. Leur rôle actuel est de superviser les niveaux de services, en fixant les redevances, la perception des redevances et la répartition de l'eau (Banque Mondiale, 2007) ³².

Les AUEA au Maroc donnent aussi aux agriculteurs une certaine influence en matière de politiques nationales d'irrigation (Tsur et al., 2004) ³³, en participant aux réunions du Conseil d'Administration de l'Agence du bassin hydraulique (ABH) et en contribuant ainsi à l'élaboration de la politique de l'eau au niveau du bassin. Les AUEA peuvent aussi avoir bénéficié des subventions notamment dans le cadre du Fonds de Développement Agricole (FDA).

Ce mode participatif de gestion de l'irrigation, bien établie au Maroc, a constitué une bonne base à la mise en place des associations des usagers des EUT moyennant des amendements spécifiques ayant trait à la sécurisation de la réutilisation, notamment à Oujda, Settat et Tiznit.

4.2.3 DETERMINANTS DE L'ACCEPTABILITE DES AGRICULTEURS POUR LA REUSE³⁴

Il est unanimement admis que les facteurs conditionnant la réussite de la réutilisation des EUT diffèrent d'un contexte à l'autre et s'expriment dans une intensité variable. En effet, l'adhésion

³² World Bank (2007). Making the Most of Scarcity: Accountability for Better Water Management in the Middle East and North Africa. MENA Development Report on Water.

³³ Tsur Y., Roe T., Doukkali R. and Dinar A (2004). Pricing irrigation water: Principles and cases from developing countries. Resources for the Future Press, Washington D.C., Unites States of America

³⁴ Souidi, B. 2018. Appui à la promotion de la réutilisation des eaux usées par le renforcement des aspects institutionnels, règlementaires et financières, ainsi que des démarches participatives, des mesures incitatives et la sensibilisation. Pour UE/SWIM-HORIZON 2020

des agriculteurs aux projets de réutilisation des eaux usées dépend des conditions locales et régionales et particulièrement de la qualité, de la disponibilité et des tarifs des ressources en eau conventionnelles, de la distance entre les sites de production et de réutilisation des EUT, des conditions climatiques (degré de déficit climatique), et des particularités agro-socio-économiques des contextes de réutilisation.

Pour illustrer ces aspects cruciaux, déterminant le degré de demande des EUT par les agriculteurs, on se propose d'examiner, dans l'encadré 3, des cas de situations contrastées au Maroc qui continuent à s'inscrire dans la tendance actuelle avec un déficit en eau croissant attribué aux effets de changements climatiques (Soudi et Xanthoulis, 2005)³⁵.

Encadré 2 : illustrations de cas influençant le degré de réussite et d'acceptabilité de REUT

Quelques illustrations de cas influençant le degré de réussite et d'acceptabilité de la réutilisation des EUT

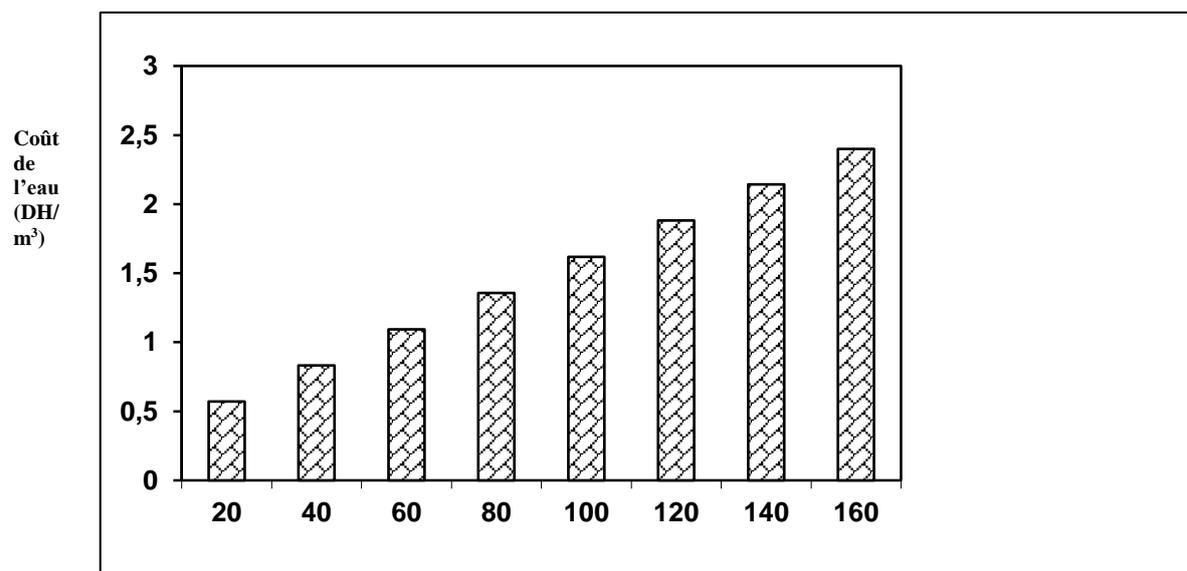
A. Cas des zones irriguées

Dans ces zones, le prix du mètre cube d'eau conventionnelle est fortement concurrentielle aux EUT. Ceci rend extrêmement difficile la réussite des projets de réutilisation des EUT. En effet, pour le cas des eaux de barrages dans les périmètres irrigués aménagés en grande hydraulique, les tarifs restent faibles et fortement subventionnés pour assurer l'équilibre du service de l'eau (couverture des frais exploitation, de maintenance et de renouvellement des infrastructures) ; ces prix varient, en moyenne, selon les offices régionaux de mise en valeur agricole (ORMVA) de 0,17 à 0,63 dirham/m³. Dans les deux ORMVAs oasiens (Ouarzazate et Tafilalet), l'eau est quasi-gratuite. Ces tarifs ne couvrent pas plus de 20% du coût total de l'eau.

B. Cas de pompage des eaux souterraines

Le coût de pompage de l'eau varie selon le type d'énergie utilisé et surtout selon le niveau piézométrique de la nappe comme l'illustre la figure 10 :

Figure 11 : variation du coût de pompage de l'eau avec le niveau de la nappe



Source (SGRID/ORMVA-Souss-Massa 2000)

³⁵ Soudi, B., et D. Xanthoulis, 2007. Guide technique de réutilisation en agriculture des eaux usées épurées et des boues des stations d'épuration. Rapport préparé pour la FAO-ONEP (Maroc)

Quelques illustrations de cas influençant le degré de réussite et d'acceptabilité de la réutilisation des EUT

On en déduit que l'opportunité de réutilisation des EUT, augmente avec le niveau piézométrique étant donnée le coût de pompage relativement élevé et qui augmente avec le niveau de la nappe

B. Zones d'agriculture pluviale (Bour)

Ces zones se distinguent en bour favorable et en bour défavorable selon le niveau des précipitations. Généralement, l'intérêt porté à la REUE est plus élevé étant donné que l'irrigation avec les eaux usées traitées générerait des accroissements de rendement des cultures et donc un gain économique nettement supérieur à celui généré par la situation (avant-projet de réutilisation) caractérisée par un déficit hydrique (manque de ressource). Toutefois, la demande de l'EUT devrait être théoriquement plus importante dans les zones de bour défavorable à fort déficit hydrique (cas des régions de Tensift, oriental, Souss – Massa, Drâa, etc.) que dans les zones de bour favorable.

C. Zones de réutilisation des eaux usées brutes

Dans ces zones, les agriculteurs sont déjà habitués à la réutilisation des EU et donc il serait plus facile de promouvoir la réutilisation des eaux usées épurées. Leur participation est possible moyennant une bonne information sur la nouvelle qualité des EUT et moyennant des mécanismes de subvention. Aussi, il est nécessaire de faire bénéficier les agriculteurs à l'amont des STEP (généralement ex-usagers des eaux usées brutes) et aussi les agriculteurs situés en aval. La mise en place des dispositifs de collecte - traitement – réutilisation ne devra pas exclure les agriculteurs en amont qui ne disposent pas d'autres ressources en eau.

4.2.4 FORMATION ET ENCADREMENT DES AGRICULTEURS

Ce volet est bien couvert dans le cadre des conventions – REUSE. En effet, les associations des usagers bénéficient d'un accompagnement au fil du temps qui leur permet une bonne maîtrise des pratiques d'irrigation avec les EUT. Aussi, l'Office national du conseil agricole (ONCA) et l'ONSSA (Office national de santé et sécurité des aliments) déploient un effort considérable dans ce sens. Aussi, la Direction d'épidémiologie et de lutte contre les maladies, relevant du Ministère de la santé, assure le transfert des supports de formation à l'association des usagers sur la nécessité d'assainissement des eaux usées, sur les risques liés aux eaux usées polluées essentiellement par les pesticides et engrais, sur l'encadrement technique des usagers et sur l'hygiène domestique et alimentaire.

4.3 TH3 : GESTION INTÉGRÉE DES RESSOURCES EN EAU ET ÉCONOMIE DE LA REUSE

4.3.1 INTÉGRATION DE LA REUSE DANS LA GIRE

En conformité avec la loi sur l'eau, **l'instrument idoine d'intégration de la REUSE est le Plan Directeur d'Aménagement Intégré des Ressources en Eau à l'échelle des bassins hydrauliques.** Rappelons que le PDAIRE a pour fonctions :

- (i) évaluer le développement des ressources en eau au niveau quantitatif du bassin hydraulique ;
- (ii) évaluer le développement des ressources en eau au niveau qualitatif du bassin ;
- (iii) évaluer la distribution de l'eau parmi tous les secteurs ;
- (iv) mettre en place les projets nécessaires à la conservation des ressources en eau. Dans ce schéma, la REUSE est stratégiquement définie comme étant un créneau de renforcement de l'offre et un moyen d'atténuation de la pression sur les ressources en eau conventionnelles.

Pour l'opérationnalisation des objectifs d'intégration de la REUSE dans la GIRE, des subventions sont octroyées aux agences de bassins hydrauliques pour l'investissement dans des actions d'économie d'eau et de protection des ressources et pour intégrer les potentialités de valorisation des eaux usées dans le PDAIRE. Cela serait également en adéquation avec le principe pollueur-payeur.

Le Nouveau modèle de développement (NMD), récemment publié, prévoit la mise en place d'une Agence nationale de l'eau (ANE) qui vient booster cette intégration et coordonner avec les ABH des différentes régions l'adaptation et l'application de la stratégie nationale de l'eau au niveau régional et local ; laquelle prévoit la promotion de la REUSE.

4.3.2 CONTRAINTE DE RECOUVREMENT DES COUTS

De prime abord, rappelons que la difficulté de recouvrement des coûts est une constante pour tous les projets de réutilisation non restrictive des EUT en agriculture et donc nécessitant un traitement complémentaire et un monitoring intense de leur la qualité. Bien que les EUT sont, à la fois une ressource en eau (gain hydrique) et une source d'éléments nutritifs (gain en fertilisants), les usagers ne conçoivent pas toujours de payer pour les EUT.

Ce faible recouvrement des coûts ne favorise donc pas l'apport de financement supplémentaire pour le traitement complémentaire alors que celui-ci pourrait être un argument de poids pour les usagers récalcitrants à l'utilisation des eaux usées traitées de par leur peur de contamination des cultures (Hajiba & Soudi, 2009). Le paradoxe est que ces usagers utilisaient dans la plupart des cas les eaux usées brutes. Pourrions-nous déduire que trop de communication pour une réutilisation des EUT induit une réticence chez les agriculteurs ? Dans tous les cas, les petits agriculteurs, au Maroc et à l'échelle des pays de MENA ont une faible capacité de payer le prix réel des EUT.

4.3.3 MARGE POTENTIELLEMENT GENEREE PAR LA REUSE EN AGRICULTURE

Le tableau 14 montre les estimations des gains en eau et en éléments fertilisants et d'accroissements des rendements escomptés rapportés à l'hectare (Soudi et al. 2000). Cette évaluation a été conduite pour un assolement simulé dans le centre de Drarga (Souss-Massa, Maroc).

Tableau 12 : Calcul des gains engendrés sur différentes cultures grâce à la REUT

Culture	Gain net sur l'eau par (MAD/ha)	Gain en fertilisant Équivalent (MAD/ha)	Gain total (MAD/ha)	Rendement Moyen actuel	Rendement escompté
Irrigation gravitaire					
Blé	740	1492	2242	8 à 16 Qx/ha	40 Qx/ha
Mais grain	1588	3614	5140	9 à 15 Qx/ha	50 Qx/ha
Mais fourrager	1568	3572	5140	10 Qx/ha	20 Qx/ha
Irrigation localisée					
Courge	61	1216	1827	5 à 10 T/ha	25 T/ha
Tomate	1553	3542	5095	10 à 15 T/ha	55 T/ha
Pomme de Terre	940	2140	3080	Peu Pratiquée dans la zone	35 T/ha

(Soudi, et al., 2000)

Nous déduisons de ce chiffrage des gains que :

- Le prix de l'eau économisée grâce à une irrigation gravitaire raisonnée/ha génère un gain net sur l'eau de 740 MAD/ha ;
- Le prix des fertilisants économisés/ha permet annonce une économie en engrais de près de 1592 MAD/ha.
- Le rendement escompté est estimé à près de de 25 Tonnes/ha supplémentaires par rapport au rendement moyen actuel. Pour l'année 2016- 2017, le référentiel de prix pour la tonne de blé s'élève à 540 MAD. Pour 25 tonnes supplémentaires, le gain serait donc de 13 500 MAD.

La vente de l'eau traitée à 1 MAD/m³ (tarif planifié pour ce projet) permet une marge nette - REUSE à l'hectare de près de 10 000 MAD/ha. Toutefois, cette marge ne comptabilise pas les autres composantes de coûts liés à la main d'œuvre, au traitement phytosanitaire, aux travaux d'entretiens et au coût de récolte.

Il va falloir aussi rappeler qu'en cas d'adoption de l'irrigation localisée, le Fonds de Développement agricole subventionne les équipements inhérents.

4.3.4 CAPACITE DES AGRICULTEURS A PAYER POUR LES EUT

En ce qui concerne l'évaluation de la capacité des agriculteurs à payer pour les EUT au Maroc, aucune étude spécifique basée sur des méthodes idoines comme la Méthode d'Évaluation Contingente (MEC) n'a été réalisée comme c'était le cas par exemple en Jordanie (Alfarra et al.,2013)³⁶. Toutefois, dans le cadre des études de faisabilité des projets de réutilisation conduites au Maroc, des enquêtes sur l'accueil des agriculteurs à l'irrigation avec les eaux

³⁶ Alfarra A., Sonneveld, B. G. J. S., Hoetz, H. (2013) Farmers' willingness to pay for treated wastewater in the Jordan valley, Sky Journal of Agricultural Research Vol. 2(6), pp. 69 – 84.

usées sont routinières. Ces enquêtes permettent d'échanger avec les agriculteurs par rapport à la volonté de réutiliser les EUT et de les payer. Les résultats sont souvent très génériques et n'incarnent pas des avis fermes, définitifs et justifiés. **Les prix du mètre cube évalués varient de 0,5 DH à 1 DH/m³ (soit l'équivalent de 0,05 à 0,1 \$ US/m³).** Ces prix sont cités dans des contextes arides et où il y a soit quasi-absence d'eau conventionnelle accessible (Settat, Tiznit, Boujâad, etc.) soit disponibilité des eaux souterraines (Souss-Massa, Tensift) mais avec un coût de pompage élevé.

L'étude économique des projets de réutilisation, conduite dans le cadre de l'établissement du PD-REUTI (2014), a montré que la part du coût du traitement complémentaire (ou tertiaire) par rapport au coût total d'investissement du projet du REUT varie entre 32% et 44%, pour les projets dont la superficie est supérieure à 50 ha.

D'après la simulation réalisée par l'ONEE-Branche Eau en 2010 (Madame Bourziza Hajiba, communication personnelle), le coût dynamique du traitement tertiaire a été estimé à 2.40 Dirhams marocains/m³ dont 0.95 est la part de l'investissement et 1.45 la part de l'exploitation incluant les frais de suivi conformément à la norme de qualité des eaux destinées à l'irrigation de 2002. Il convient de préciser que cette simulation a concerné le procédé d'épuration par lagunage naturel avec bassins de maturation. Dans le cas d'adoption des autres technologies en développement au Maroc, boues activées avec filtration, désinfection aux Ultraviolet (UV), etc.), ce coût unitaire est candidat à la hausse.

En somme, force est de déduire qu'il est quasi-impossible que le paiement des EUT par les agriculteurs puisse couvrir les coûts de traitement complémentaire, d'exploitation des ouvrages connexes pour la REUSE et ceux liés aux frais de monitoring de la qualité des EUT. Rappelons que la politique de REUSE au Maroc table sur une REUSE non restrictive. La seule solution réside donc dans la subvention par l'État pour couvrir l'écart entre le coût réel et le prix payé par les usagers. **D'ailleurs, le Programme national de réutilisation des eaux usées épurées (PNREUE) a prévu que le tarif des EUT doit être inférieur ou égal au prix de l'eau conventionnelle, lui-même fortement subventionné.**

4.4 TH4 : EFFICACITE ET ADAPTATION DES EQUIPEMENTS, GESTION DES RISQUES SANITAIRES ET ENVIRONNEMENTAUX

4.4.1 MAINTENANCE ET EFFICACITE DES EQUIPEMENTS

Généralement dans les petits projets de traitement – réutilisation, les frais d'amortissement et de suivi environnemental ne sont pas pris en compte au sein des prix établis pour les différentes eaux vendues. Aussi, on note que d'autres frais tels que les coûts de maintenance et les coûts de la ressource ne sont que partiellement pris en considération. Cette sous-évaluation du prix de l'eau est liée au fait que, les mécanismes de perception des coûts n'étant pas tous opérationnels.

Le risque résultant réside dans la dégradation des installations or les fonds ne sont pas toujours suffisants pour financer les travaux de remise à niveau.

NB. Cette situation est excellentement maîtrisée dans les grandes agglomérations et particulièrement dans de l'usage à des fins d'irrigation des espaces verts et des golfs.

4.4.2 DURABILITE ENVIRONNEMENTALE

La législation environnementale nationale stipule que tous les projets soient soumis à une évaluation environnementale assortie d'un Plan de Gestion Environnementale et Sociale (PGES) qui devra être mis en œuvre par les acteurs concernés.

4.4.3 GESTION DES RISQUES SANITAIRES

Au Maroc, les gestionnaires du secteur de l'eau et les institutions de gestion sanitaire (Ministère de la santé et ses services d'hygiène) et de salubrité des aliments (ONSSA) sont unanimes sur le fait que la réutilisation des eaux usées traitées en agriculture ne pourra se faire sans traitement tertiaire avec désinfection et filtration. La filtration permet d'adopter l'irrigation localisée qui, elle-même, permet de réduire significativement la contamination biologique des produits agricoles et la dissémination des agents pathogènes auprès des opérateurs (agriculteurs, ouvriers, etc.). Dans tous les cas, des Plans de sécurisation de la REUSE (Wastewater Reuse Safety Plans) devront être élaborés et opérationnalisés dans toute la région à l'instar de ce qui a été préconisé par l'Union européenne en se basant sur les directives de l'OMS. Les étapes, adaptées du rapport UE-DEMOWARE³⁷ par Soudi (2018) sont illustrées par la figure 11.

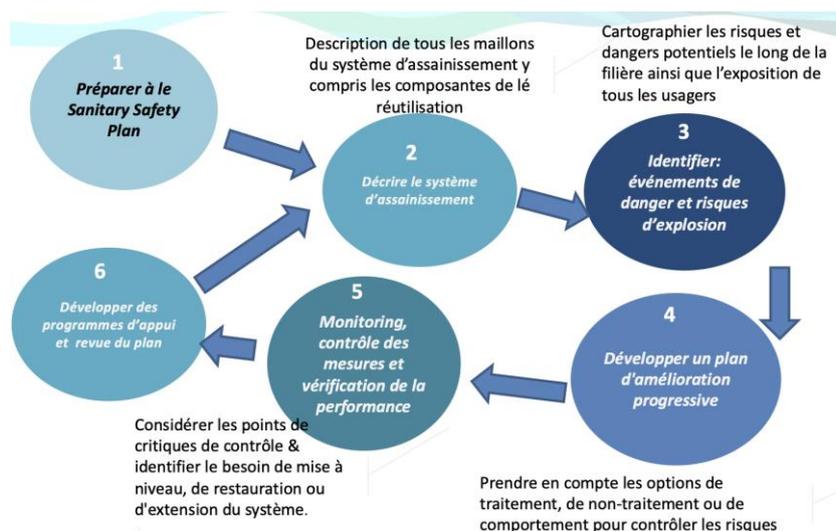


Figure 12 : Étapes clés de préparation et d'établissement d'un plan de sécurisation sanitaire

³⁷ <http://demoware.ctm.com.es/en/results/deliverables/deliverable-d3-4-water-reuse-safety-plan.pdf/view>

4.5 ANALYSE SWOT ET PROPOSITIONS D'AMÉLIORATION

Une analyse SWOT a été conduite en capitalisant sur la cartographie des opportunités et contraintes liés à la réutilisation des eaux usées traitées en agriculture au Maroc. La matrice suivante (Figure 11) relate les résultats de cette analyse.

	Facteurs facilitant l'atteinte des objectifs	Facteurs entravant l'achèvement des objectifs
Facteurs internes	<p>Forces</p> <ul style="list-style-type: none"> • Accueil des agriculteurs à l'irrigation avec les EUT • Forte volonté politique et gouvernementale • Modèles de convention de partenariat établie et en cours de test à Oujda et Tiznit • Expérience confirmée en matière d'organisation et de fonctionnement des usagers de l'eau agricole • Traitement des eaux usées à un niveau tertiaire + désinfection pour tous les projets axés sur la REUSE • Richesse de l'écosystème « recherche » • Les compétences et les responsabilités de chaque domaine sont bien définies et la collaboration entre les acteurs liés à la gouvernance de l'eau est bonne • L'engagement de tous les acteurs du cycle de l'eau au niveau local, régional et de l'État, à une gestion durable de l'eau est clair • L'ouverture à la société civile et la sensibilisation du grand public et des usagers de l'eau sur la question de la raréfaction des ressources en eau, à leur vulnérabilité à la pollution a beaucoup augmenté ces dernières années • Il existe des approximations sur les bilans hydriques, avec un contrôle régulier des ressources disponibles et de la consommation • Il existe un système tarifaire pour l'eau potable et pour l'assainissement liquide. • Il y a des indicateurs de performance diffusés publiquement, tant pour l'eau potable que pour l'assainissement 	<p>Faiblesses</p> <ul style="list-style-type: none"> • Difficulté de recouvrement des surcoûts élevés générés par le traitement complémentaire • Prise en charge de traitement complémentaire non institutionnalisée (on procède du cas par cas) • Faible capacité des petits agriculteurs à payer pour les EUT • Difficulté de prise en charge du monitoring de la qualité des EUT conformément aux spécifications réglementaires de l'Arrêté fixant les normes de réutilisation • Gestion multi-acteurs sans leadership par l'agriculture, (institutionnalisé) • Faible maîtrise de traitement-élimination – valorisation des boues • Manque de retour d'expérience sur des projets opérationnels • Il manque un protocole de coordination et de communication entre tous les acteurs impliqués dans la gestion de l'eau • Il manque une gestion plus intégrée des sous-systèmes (approvisionnement en eau, égouts, assainissement et environnement) du cycle urbain de l'eau. • Absence des textes d'applicabilité des lois établies. • Manque des recherches scientifiques dans la matière.



Figure 13 : Analyse SWOT appliquée à la thématique de REUT en agriculture au Maroc

Ci-après, on se propose d'ajouter quelques indicateurs sur l'état de la REUSE au Maroc à la date 2018-2019 (Tableau 13).

Tableau 13 : Taux de REUT pour différents usages en fin 2019

Usage	Volume traité (Mm ³ /an)	Volume d'EUT réutilisée (Mm ³ /an)	Taux de REUT* (%)
Pour agriculture	20 (NB ; Juste pour effluents destinés à l'irrigation)	14,7 (Pour 2022)	0%
Pour arrosage des golfs	43,3	8,3 (En accroissement significatif à Tanger – Tétouan al Hoceima, Rabat et Agadir sur la période 2019-2021)	19%
Pour arrosage des espaces verts	7	0,307 (En accroissement significatif à Tanger – Tétouan al Hoceima, Rabat et Agadir sur la période 2019-2021)	4%
Pour usage industriel (lavage du phosphate - OCP)	10	10 (En duplication)	100%

* : Il s'agit de la REUT directe

5 GRILLE D'ANALYSE MULTICRITERE POUR LE CHOIX DES ETUDES DE CAS

5.1 PRESENTATION DE LA GRILLE

La matrice des critères de sélection, associés aux quatre thématiques – COSTEA, est la suivante (tableau 14).

Tableau 14: Grille d'analyse multicritères

Thématiques	Critères
TH1 : REUSE ET ENVIRONNEMENT	1.1. REUSE informelle, non planifiée
	1.2. Impact environnemental sur les eaux de surface ou souterraines
	1.3. Recyclage agronomique des boues
TH2 : GOUVERNANCE ET SOCIAL	2.1. Schéma de gouvernance locale
	2.2. Vérification de l'application des normes
	2.3. Acceptabilité et engagement
TH3 : GIRE ET ECONOMIE	3.1. GIRE (approche besoin-ressource par bassin versant)
	3.2. Tarification de l'eau
	3.3. Commercialisation de la production agricole
TH4 : TECHNIQUE ET SANITAIRE	4.1. Equipement de traitement tertiaire
	4.2. Equipement d'irrigation
	4.3. Impact sanitaire

5.2. IDENTIFICATION DE SITES POTENTIELS POUR LES ÉTUDES DE CAS DE PHASE 3

Le processus de sélection des deux sites – COSTEA qui feront partie du réseau de sites des autres pays pour le partage et l'échange des bonnes pratiques de développement des projets REUSE, a consisté dans une première étape, à considérer les sept sites de Traitement – Réutilisation des EUT à des fins agricoles, priorisés par les institutions nationales qui sont listés ci-après :

- ✓ Boujâad
- ✓ Fezna)
- ✓ Oued Zem

- ✓ Oujda
- ✓ Tiznit
- ✓ Tidili
- ✓ Settata

Sur la base de la matrice des critères présentée plus haut, l'évaluation des critères s'est soldée par le choix des sites de Oujda et de Tiznit.

La matrice suivante (Tableau 15) montre le détail de cette évaluation.

Tableau 15 : Matrice de sélection des sites potentiels pour études de cas

Thématiques	Critères	Boujaâd	Fezna	Oued Zem	Oujda	Settat	Tidili	Tiznit
		Note (/4)						
TH1 : REUSE ET ENVIRONNEMENT	1.1. REUSE informelle, non planifiée	2 ★★☆☆	2 ★★☆☆	2 ★★☆☆	2 ★★☆☆	2 ★★☆☆	2 ★★☆☆	2 ★★☆☆
	1.2. Impact environnemental sur les eaux de surface ou souterraine	1 ★☆☆☆	2 ★★☆☆	2 ★★☆☆	4 ★★★★★	2 ★★☆☆	1 ★☆☆☆	2 ★★☆☆
	1.3. Recyclage agronomique des boues	1 ★☆☆☆	1 ★☆☆☆	1 ★☆☆☆	2 ★★☆☆	1 ★☆☆☆	1 ★☆☆☆	1 ★☆☆☆
TH2 : GOUVERNANCE ET SOCIAL	2.1. Schéma de gouvernance locale	3 ★★☆☆	3 ★★☆☆	3 ★★☆☆	4 ★★★★★	4 ★★★★★	3 ★★☆☆	4 ★★★★★
	2.2. Vérification de l'application des normes	1 ★☆☆☆	2 ★★☆☆	2 ★★☆☆	4 ★★★★★	2 ★★☆☆	2 ★★☆☆	4 ★★★★★
	2.3. Acceptabilité et engagement	2 ★★☆☆	2 ★★☆☆	2 ★★☆☆	3 ★★☆☆	2 ★★☆☆	3 ★★☆☆	3 ★★☆☆
TH3 : GIRE ET ECONOMIE	3.1. GIRE (approche besoin-ressource par bassin versant)	2 ★★☆☆	2 ★★☆☆	2 ★★☆☆	4 ★★★★★	4 ★★★★★	3 ★★☆☆	4 ★★★★★
	3.2. Tarification de l'eau	2 ★★☆☆	2 ★★☆☆	2 ★★☆☆	2 ★★☆☆	2 ★★☆☆	2 ★★☆☆	2 ★★☆☆
	3.3. Commercialisation de la production agricole	1 ★☆☆☆	1 ★☆☆☆	1 ★☆☆☆	2 ★★☆☆	1 ★☆☆☆	3 ★★☆☆	3 ★★☆☆
TH4 : TECHNIQUE ET SANITAIRE	4.1. Equipement de traitement tertiaire	2 ★★☆☆	2 ★★☆☆	2 ★★☆☆	4 ★★★★★	3 ★★☆☆	3 ★★☆☆	4 ★★★★★
	4.2. Equipement d'irrigation	1 ★☆☆☆	3 ★★☆☆	1 ★☆☆☆	3 ★★☆☆	3 ★★☆☆	2 ★★☆☆	3 ★★☆☆
	4.3. Impact sanitaire	1 ★☆☆☆	2 ★★☆☆	1 ★☆☆☆	2 ★★☆☆	2 ★★☆☆	2 ★★☆☆	2 ★★☆☆
Total		19	24	21	36	28	27	34
Classement		7	5	6	1	3	4	2

Toutefois les prérequis du COSTEA consiste en considérer deux échelles différentes : **(i)** une échelle correspondant à un site rural, pour des petites communautés et des effluents traités limités ; et **(ii)** une deuxième échelle représentée par un site périurbain, avec un procédé d'épuration classique mais avec des volumes importants des effluents traités réutilisées en milieu rural ou péri-urbain. Et comme Oujda et Tiznit appartiennent tous les deux à la deuxième échelle, la décision de **retenir le site de Tiznit** a été validée à l'atelier national tenu le 28 Décembre 2021 car l'autre site (Oujda) fait partie du scoop d'intervention d'une étude similaire conduite par la FAO.

Quant à la représentativité de la première échelle, il n'existe pas encore des dispositifs fonctionnels d'assainissement – réutilisation en milieu rural. Cependant, dans le cadre du PNAR, un grand nombre de projets sont en cours de lancement. Ainsi, lors de l'atelier il a été arrêté de **retenir le site « Sidi Abdallah Bouchouari »** + 2 douars (villages), totalisant près de 1400 habitants, situé dans la même région que Tiznit (site grande échelle) et correspond parfaitement à la petite échelle au niveau rural. Le projet réseau + STEP + REUSE est dimensionné et budgétisé, toutefois il n'est pas encore en service, ainsi son évaluation selon la grille d'analyse multicritères s'apparait caduque.

Ainsi, les deux sites – COSTEA retenus et validés à l'atelier national en concertation avec les parties prenantes sont : **Tiznit et Sidi Abdallah Bouchouari.**

5.2 VERIFICATION DES DONNEES DISPONIBLES

Les données collectées et celles en cours d'acquisition sont fiables du fait qu'elles sont basées sur des rapports nationaux et sur des études récentes dans lesquelles, l'équipe locale COSTEA (Brahim Soudi et EMM) a été intensément impliquée.

Un autre facteur facilitateur au partage de l'information réside dans la dynamique actuelle en matière de promotion de la REUSE à l'échelle nationale. Il s'agit d'un cadre politique favorable qui favorise la mise à contribution des institutions dans toutes les initiatives engagées en matière de développement de la REUSE dont l'action COSTEA.

Anticipons aussi à dire que les tâches d'identification des sites potentiels et d'évaluation des critères de choix, ont été entamées par les institutions concernées avant l'action COSTEA. Cela permet d'adapter ces critères, selon une approche standardisée au niveau du réseau des pays partenaires à cette initiative COSTEA en vue d'orienter, de manière pertinente et ciblée, les actions futures qui seront appuyés par COSTEA et à consolider une plateforme d'échange de données et de l'information sur les sites-projets retenus. Chemin faisant, il va sans dire que cette plateforme que COSTEA initie, devra être associée à une base de données – SIG avec une assurance qualité de contrôle de la qualité des données.

La seule contrainte actuelle réside dans la difficulté d'organiser des ateliers durant cette période estivale. En effet, après presque deux années de pandémie, les responsables au niveau de nos institutions partenaires, dont nos trois points focaux, risquent de pas être disponibles. Un échange rapide sera fait avec eux pour actualiser notre plan de travail.

6 ANNEXES

6.1 ANNEXE 1 : LE MAROC FACE AUX CHANGEMENTS CLIMATIQUES

1- De par sa position géographique, le Maroc est fortement affecté par le changement climatique et présente une vulnérabilité de plus en plus croissante

Ce constat peut être témoigné par réchauffement moyen global sur tout le territoire estimé autour de 1°C, et par la variabilité temporelle et spatiale des précipitations avec une baisse significative oscillant entre 3 et 30% selon les régions, l'accélération des phénomènes extrêmes (notamment les sécheresses et les inondations), la tendance à la hausse des vagues de chaleur et à la baisse des vagues de froid, et l'élévation du niveau de la mer.

En effet, d'après les projections futures au Maroc, on s'attend raisonnablement à une augmentation des températures et à une diminution des précipitations ainsi qu'une augmentation de leur variabilité. En effet, la température moyenne pourrait augmenter de 1.1 à 1.6 °C d'ici à 2030, de 2.3 à 2.9 °C en 2050, et de 3.2 à 4.1 °C en 2080. Au niveau de l'ensemble du pays, les précipitations pourraient diminuer de 14% en 2030, de 13 à 30% en 2050, et de 21 à 36% en 2080 (Zeino-Mahmalat, et Bennis, 2012)³⁸. Des changements dans les moyennes, mêmes faibles, impliquent une augmentation de la fréquence des extrêmes climatiques (Katz et Brown, 1992)³⁹. Les risques principaux concernent alors une probable augmentation de la fréquence et de l'intensité des sécheresses ainsi qu'une concentration des épisodes pluvieux sur un faible nombre de jours. Par conséquent, les conditions climatiques défavorables de ces dernières décennies pourraient progressivement devenir la norme au Maroc, faisant ainsi infliger des risques considérables sur les ressources naturelles et sur l'agriculture.

La figure 1 ci-contre, illustre les prévisions d'augmentation des températures et de diminution des précipitations au Maroc⁴⁰

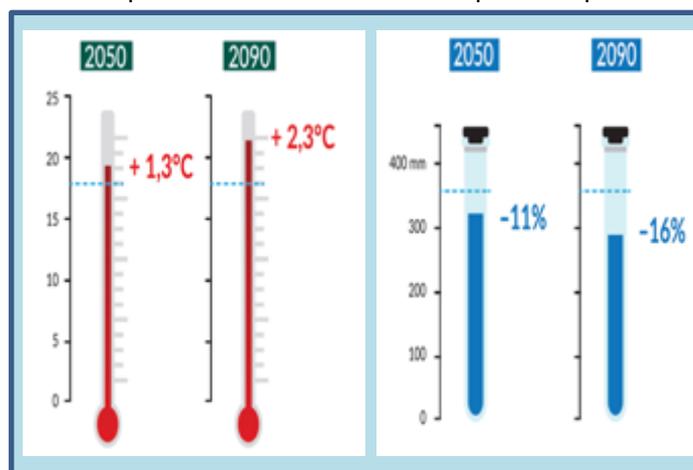


Figure 14 : Prévisions d'augmentation des températures et de diminution des précipitations (AFD-INRA « Projet d'adaptation au changement climatique de l'agriculture au Maghreb »)

³⁸ Zeino-Mahmalat, E. et Bennis, A., (2012). Environnements et Changement Climatique au Maroc : Diagnostic et Perspectives, pp. 1-88.

³⁹ Katz, R.W., and Brown, B.J. (1992). Extreme events in a changing climate, *Climatic Change*, 21, pp. 289-302.

⁴⁰ AFD-INRA Maroc (2013-2016) . *Projet d'« Adaptation au Changement Climatique de l'Agriculture au Maghreb » (ACCAGRIMAG) est de contribuer à réduire la vulnérabilité de l'agriculture pluviale aux effets du changement climatique au Maroc* <https://www.ffem.fr/fr/carte-des-projets/accagrimg-adaptation-au-changement-climatique-de-lagriculture-du-maghreb>

2- Les impacts des changements climatiques au Maroc

2.1- Vulnérabilité du secteur agricole et impacts du CC

L'agriculture marocaine est particulièrement affectée par les changements climatiques en raison de sa dépendance à la pluviométrie et du rôle important de la petite agriculture ou l'agriculture familiale dans la stabilité des populations rurales, dont la plupart des ménages en dépendent pour l'alimentation et le revenu. Le rendement agricole, notamment des cultures conduites en bour (agriculture pluviale) et celles où le progrès technologique reste faible, serait inévitablement affecté par l'impact des changements climatiques (Ballaghi, 2017)⁴¹.

Les études d'impact du changement climatique sur l'agriculture marocaine réalisées par l'Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture (FAO), l'Institut National de la Recherche Agronomique (INRA) et la Direction de la Météorologie Nationale (DMN), prévoient :

- Une accélération de la dégradation des sols sous l'effet de l'érosion hydrique et éolienne ;
- Une perte de fertilité de ces sols en raison de la baisse de la matière organique induisant ainsi une diminution de la productivité, et conséquemment une chute de la productivité agricole, en particulier pour les cultures pluviales et celles pour lesquelles le progrès technologique réalisé est faible ou nul ;
- Le déplacement géographique de « l'aire de cultures », vers des altitudes élevées, de certaines espèces (comme celles qui sont exigeantes en eau ou qui seront affectées par la hausse des températures et la baisse des disponibilités en eau d'irrigation) entraînerait un accroissement des déficits hydriques subis par l'agriculture⁴².

En somme, la plupart des études évaluatrices des impacts du changement climatique montrent que celui-ci pourrait finalement amoindrir les efforts de promotion d'un développement durable en augmentant les risques de désertification et la pression sur les ressources hydriques. En ce sens, le changement climatique va fortement intensifier et accélérer des problèmes existants plus qu'il ne va en créer de nouveaux⁴³. En réponse à ces impacts et aux effets qui en résulteraient, l'adaptation de l'agriculture s'impose avec acuité.

Dans le cadre du projet MOSAICC « *Modelling System for Agricultural Impacts of Climate Change*⁴⁴ » et du projet ACCAGRIMAG⁴⁵, les rendements des principales céréales d'automne, blé et orge, ont été simulés jusqu'à la fin du siècle, pour les scénarios RCP4.5 et RCP8.5⁴⁶ ainsi que les modèles MIROC-ESM et CanSEM2 à l'échelle de toutes les zones agricoles du Maroc.

⁴¹ Balaghi, R. (2017). *État de L'Art, Vulnérabilité, Impact Sur Les Terres Et Les Principales Cultures Résumé À L'Attention Des Décideurs*.

⁴² Zeino-Mahmalat, E. et Bennis, A., (2012). *Environnements et Changement Climatique au Maroc Diagnostic et Perspectives*, pp. 1-88.

⁴³ Downing, T.E., Ringius, L., Hulme, M., Waughray, D. (1997). *Adapting to climate change in Africa, Mitigation and Adaptation Strategies for Global Change*, 2(1), 19-44.

⁴⁴ <http://www.changementclimatique.ma/indexabdf.html?q=fr/node/10>

⁴⁵ <https://www.ffem.fr/fr/carte-des-projets/accagrimga-adaptation-au-changement-climatique-de-lagriculture-du-maghreb>

⁴⁶ REC : Representative Concentration Pathways en anglais, ou « voies représentatives de concentration en français » : RCP4.5 : scénario de stabilisés correspondant à des élévations de température à l'échelle mondiale de 1,8°C (± 0,7°C) pour le scénario RCP4.5 et de 3,7°C (± 1,1°C) pour le scénario RCP8.5, vers la fin du 21^{ème} siècle par rapport à la période 1986-2005.

Les résultats de cette simulation montrent, pour le cas de la région de Fès-Meknès, que les rendements des céréales d'automne comme le blé diminueront avec le changement climatique, avec une succession de périodes sèches et humides. Les rendements baisseront significativement dans le cas du scénario RCP8.5, par rapport à la période de référence 2010-2016, alors qu'ils restent stationnaires dans le cas du scénario RCP4.5.

Il en résultera ainsi une faible sécurisation hydrique de ces secteurs. Et, lorsqu'on évoque l'agriculture, ce phénomène porterait préjudice à la sécurité alimentaire.

2.2- Impact sur les ressources en eau

Les ressources en eau renouvelables dépendent en grande partie des apports pluviométriques et du pouvoir évaporateur de l'air qui augmente avec la température. Ainsi, comme il a été mentionné plus haut, les tendances projetées au Maroc sur la diminution des précipitations et l'augmentation des températures se conjuguent donc pour induire une raréfaction des ressources en eau. En effet, pour un réchauffement global de +2°C, à l'horizon 2050, et en cas de fortes émissions globales de gaz à effet de serre, la diminution des débits annuels des cours d'eau pourrait ainsi dépasser 30% sur l'ensemble du pays (MEFRA, MTELE, AFD, DGM et Triple A., 2020)⁴⁷. Selon cette même référence, le fait que les simulations hydrologiques étaient à faible résolution spatiale, il a été recommandé de considérer les simulations à haute résolution spatiale effectuées en Espagne qui prévoient des baisses de débits annuels de l'ordre de 50% à horizon 2050 pour le scénario RCP8.5. Ces chutes des apports et des débits s'opèrent selon un « effet ciseau » avec l'accroissement de la démographie et des volumes utilisés dans les divers secteurs dont essentiellement l'agriculture.

L'impact du CC sur les ressources en eau est crucial pour le Maroc et se décline en plusieurs impacts prévisibles :

- a- Augmentation de la demande en eau (notamment en irrigation), en raison de l'augmentation des températures et de l'évapotranspiration saisonnières ;
- b- Dérèglement des régimes naturels (saisonniers) des oueds ;
- c- Réduction de la capacité de stockage des retenues des barrages (en raison d'un envasement accéléré de leurs retenues par une érosion accentuée des sols des bassins versants engendrée par des fortes intensités de pluie);
- d- Aggravation du déficit des nappes d'eau souterraines (surexploitation) ;
- e- Accentuation de l'approfondissement des niveaux des nappes d'eau souterraine ;
- f- Accentuation de la baisse des débits des sources et des exutoires naturels ;
- g- Augmentation de la salinité des nappes côtières en raison d'une invasion plus importante des eaux marines ;

⁴⁷MEFRA, MTELE, AFD, DGM et Triple A. 2020. *Le Maroc à l'épreuve du changement climatique : Situation, impacts et politiques de réponse dans les secteurs de l'eau et de l'agriculture*

- h- Dégradation de la qualité des eaux superficielles en raison d'une baisse de la dilution, notamment au niveau des oueds recevant des rejets d'eaux usées (domestiques et industrielles) brutes.

6.2 ANNEXE 2 : MATRICE AMC POUR IDENTIFICATION DES SITES POTENTIELS POUR LES ETUDES DE CAS DE PHASE 3

6.3 ANNEXE 3 : FICHES DE SYNTHESE