



# PMA

REUTILISATIONS MULTI-  
ECHELLES DES EAUX USEES  
DANS LE SYSTEME OASIEN  
(MAROC, TODGHA/DADES-  
BOUMALENE

## RAPPORT DE SYNTHESE DES TRAVAUX DE FIN D'ETUDE

Ehssan El Meknassi  
Septembre 2022

## Table des matières

<b>TABLE DES MATIERES.....</b>	<b>1</b>
<b>INTRODUCTION.....</b>	<b>2</b>
<b>ACTEURS PARTENAIRES IMPLIQUES DANS LE PMA .....</b>	<b>4</b>
<b>TECHNIQUES D'ASSAINISSEMENT ET REUTILISATION DES EAUX USEES ADAPTEES AU MILIEU OASIEN.....</b>	<b>4</b>
CONTEXTE ET OBJECTIFS .....	4
METHODOLOGIE .....	5
RESULTAT.....	6
<b>IDENTIFICATION DE SITES DE COLLECTE, DE TRAITEMENT ET DE REUTILISATION DES EAUX USEES ET CONCEPTION D'UN PROJET PILOTE ADAPTE AUX ZONES OASIENNES .....</b>	<b>6</b>
INTRODUCTION.....	6
OBJECTIFS .....	8
METHODOLOGIE.....	9
RESULTATS .....	11
<i>Potentiel de réutilisation des eaux usées dans la région Draa-Tafilalet.....</i>	<i>11</i>
<i>Diagnostic de la situation de l'assainissement et d'épuration dans les communes de la vallée de Toudgha ..</i>	<i>14</i>
<i>Performance de la STEP de Tinghir .....</i>	<i>17</i>
<i>Scénarios de valorisation des eaux usées de la STEP de Tinghir .....</i>	<i>19</i>
<i>Traitements complémentaires adéquats aux scénarios retenus .....</i>	<i>20</i>
PROPOSITION ET CONCEPTION D'UNE SOLUTION D'ASSAINISSEMENT ADAPTEE POUR UN ETABLISSEMENT TOURISTIQUE ..	21
<b>CONCEPTION DE SOLUTIONS DE COLLECTE, DE TRAITEMENT ET DE REUTILISATION DES EAUX USEES ADAPTEES AUX UNITES TOURISTIQUES DE LA VALLEE DE DADES .....</b>	<b>24</b>
INTRODUCTION.....	24
METHODOLOGIE.....	24
RESULTATS .....	25
<i>Diagnostic des sites pilotes existants au village Aït Idir et propositions réhabilitation.....</i>	<i>25</i>
<i>Diagnostic de la situation d'assainissement au niveau des communes de la vallée de Dadès.....</i>	<i>29</i>
<i>Diagnostic de la situation d'assainissement au niveau des unités touristiques de la vallée de Dadès.....</i>	<i>30</i>
<i>Choix et conception d'une solution d'assainissement adaptée pour un établissement touristique de la zone d'étude .....</i>	<i>31</i>
<b>CONCEPTION D'UN PROJET DE REUTILISATION DES EAUX USEES TRAITEES EN AVAL DE LA STEP DE TINGHIR.....</b>	<b>33</b>
<b>CONCLUSION ET RECOMMANDATIONS .....</b>	<b>35</b>
VALLEE DE TOUDGHA .....	35
VALLEE DE DADES.....	37

## Introduction

Les oasis marocaines, patrimoine historique, symbole de diversité et de durabilité, sont aujourd'hui menacées de disparition en raison de la pression anthropique et des changements climatiques. L'accélération urbanistique, la prolifération des habitations dispersées et des unités touristiques isolées engendrent une pollution importante des ressources en eau superficielles et souterraines. Face à cette situation, des initiatives locales ont entrepris des actions pour sauvegarder leur patrimoine, en mettant en place des solutions de collecte, de traitement et réutilisation des eaux issues de lavage, des Pilotes d'assainissement rural ont été installés dans certains villages et des stations d'épuration construites dans les grandes villes. Malgré ces efforts, la problématique de collecte et de traitement des eaux usées reste posée avec acuité en raison du manque de dispositifs efficaces, simples et non coûteux pouvant être multipliés à grande échelle pour réduire la pollution des eaux et du milieu naturel.

La région de Draa-Tafilalet connaît un faible nombre de jours de pluie par an, une variation interannuelle des précipitations et des sécheresses de plus en plus fréquentes. Ces conditions climatiques s'ajoutent sur les fortes dynamiques démographiques et économiques menaçant la pérennité des systèmes oasiens. Le développement démographique et touristique engendre un volume élevé de rejets d'eau polluée ou faiblement traitée, impactant la qualité de vie des habitants et l'attractivité touristique de la région.

Le processus Multi-acteurs sur la « réutilisation multi-échelle des eaux usées » du projet Massire se focalise sur l'étude des systèmes innovants de l'assainissement, du traitement et de la réutilisation des eaux usées traitées à l'échelle périurbaine et rurale des zones oasiennes de la région Draa-Tafilalet, plus précisément la zone de Todgha et de Dadès-Boumalène.

La mise en place d'un processus multi-acteurs autour de cette innovation devra favoriser au-delà des interventions du projet Massire à l'échelle du bassin Toudgha et de Dadès, une généralisation des systèmes peu coûteux d'assainissement, de traitement et de Reuse. Ces systèmes contribueront à l'amélioration de la qualité des eaux et à la durabilité des ressources en eau dans une zone désertique à travers :

- L'adoption de systèmes peu coûteux pour la collecte et le traitement des eaux usées dans les unités touristiques isolées ;
- La valorisation des eaux usées traitées de la STEP de Tinghir, actuellement rejetées en milieu naturel.

Les enjeux sont multiples :

- La situation de la filière assainissement/traitement/réutilisation est peu développée dans la zone malgré la présence de cas réussis (laveries) ;
- La zone présente de réelles possibilités de valorisation des eaux usées traitées et des sous-produits de l'assainissement rural (eaux, boues et gaz) pour assurer la durabilité des oasis ;
- L'analyse porte sur un travail de terrain qui couple entre des enquêtes avec la population concernée et les acteurs impliqués. Ce travail pourrait servir de référence

pour initier un marché local de technologies et de compétences liées à l'installation, la maintenance et la gestion des rejets valorisables ;

- La multiplication de ces systèmes au niveau des unités touristiques isolées pourrait améliorer considérablement la qualité des eaux de surface et par la suite l'attractivité touristique de la zone. Une approche territoriale pour la multiplication des systèmes, et la valorisation des sous-produits est nécessaire et ce rôle pourrait être coordonné par l'ANDZOA ;
- La réutilisation des eaux usées traitées de la STEP de Tinghir dans l'arrosage des espaces verts pourra réduire la pression sur les ressources conventionnelles utilisées par les oasis en aval.

Ce rapport résume quatre travaux de recherche menés depuis 2019 par les étudiants du Génie Rural et encadrés par une équipe d'enseignants-chercheurs et de chercheurs dans la vallée de Todgha et Dadès, dans le cadre du projet Massire. Ces travaux visent à mettre en oeuvre un processus multi-acteurs dans le domaine de la réutilisation multi-échelles des eaux usées. Ces travaux ont permis de :

- Faire l'état des lieux du potentiel de réutilisation des eaux usées dans la vallée du Todgha ;
- Réaliser un diagnostic des systèmes de collecte et du traitement des eaux usées au niveau des ménages et des unités touristiques dans les vallées de Todgha et de Dadès-Boumalene ;
- Etudier les possibilités de valorisation des eaux usées traitées de la STEP de Tinghir ;
- Concevoir de solutions adaptées aux unités touristiques dans les vallées de Todgha et de Dadès-Boumalene.

Le tableau Tableau 1 présente les travaux de PFE entre 2020 et 2022.

Tableau 1 : Projets de fin d'études sur la REUSE réalisés entre 2020 et 2022

Année	Intitulé du PFE	Etudiants	Encadrants
2020	Techniques d'assainissement et réutilisation des eaux usées adaptées au milieu oasien : Cas des oasis de la région de Draa-Tafilalet	LOUA Cécé Labilé & THIAM Mame Mbayang	El Meknassi Y . Ehssan
2021	Identification de sites de collecte, de traitement et de réutilisation des eaux usées et conception d'un projet pilote adapté aux zones oasiennes	TAOUILE Hajar & AZARHOUN Khalid	El Meknassi Y . Ehssan El Khiyati M.Ghali
2022	Conception de solutions de collecte, de traitement et de réutilisation des eaux usées adaptées aux unités touristiques des zones oasiennes	EL ASRI Kaoutar & NADIF Samah	El Meknassi Y . Ehssan A. Hammani El Khiyati M.Ghali

	Conception d'un projet de réutilisation des eaux usées traitées en aval de la STEP de Tinghir	MAGASSOUBA Bandjigui & OUEDRAOGO Wendenda Augustin Marie Nathanaeel	El Meknassi Y. Ehssan A. Hammani Mayaux Pierre Luis El Khiyati M.Ghali
--	---	--	--

## Acteurs partenaires impliqués dans le PMA

- ANDZOA,
- Agence de bassin hydraulique Guir-Ziz-Rhéris (ABH)
- Province de Tinghir
- Unités touristiques isolées des gorges de Todgha et de Dadès
- Commune de Tinghir
- Commune de Dadès-Boumalene
- ORMVA-Tf

## Techniques d'assainissement et réutilisation des eaux usées adaptées au milieu oasien

### Contexte et objectifs

Les eaux usées traitées peuvent constituer une ressource en eau supplémentaires pour faire face aux problèmes de pénuries auxquelles les zones oasiennes font face actuellement. Pour répondre à ces question une étude a été réalisée sur la situation de l'assainissement et de réutilisation des eaux usées traitées dans la région de Darâa-Tafilalet. Les questions suivantes se posent avec acuité pour la région de Darâa-Tafilalet :

- Quelles est la situation actuelle de l'assainissement, l'épuration et de la réutilisation des eaux usées dans la région ?
- Quelles sont les techniques employées pour le traitement des eaux usées et avec quel est le niveau de performance de ces techniques ?
- Quel seront leur impact sur le milieu naturel, les eaux et les sols ?
- Existe-t-il de bonnes pratiques adaptées aux zones oasiennes ?
- Quelles sont les conditions pour générer des modèles de projets d'épuration et de réutilisation adoptés à cette zone oasienne ?

Pour répondre à ses questions l'étude s'est fixée les objectifs suivants :

- Etude de diagnostic des systèmes d'assainissement et de réutilisation des eaux usées épurées ;
- Elaboration d'un système d'information géographique (SIG) et d'outil d'aide à la prise de décision en matière d'assainissement et de réutilisation des eaux usées ;

- Elaboration d'un projet d'assainissement et de réutilisation des eaux usées.

### Méthodologie

La zone d'étude concernée par ce présent travail regroupe 9 communes rurales réparties sur deux provinces de la région de Draa Tafilalet à savoir Er-Rachidia et Tinghir (Figure 1). Ces dernières appartiennent toutes deux au bassin versant de Maider dont les ressources en eau de surface principalement issues des précipitations s'élevaient à 68 Mm<sup>3</sup>/an. La zone d'étude couvre un ensemble de 67 Douars.

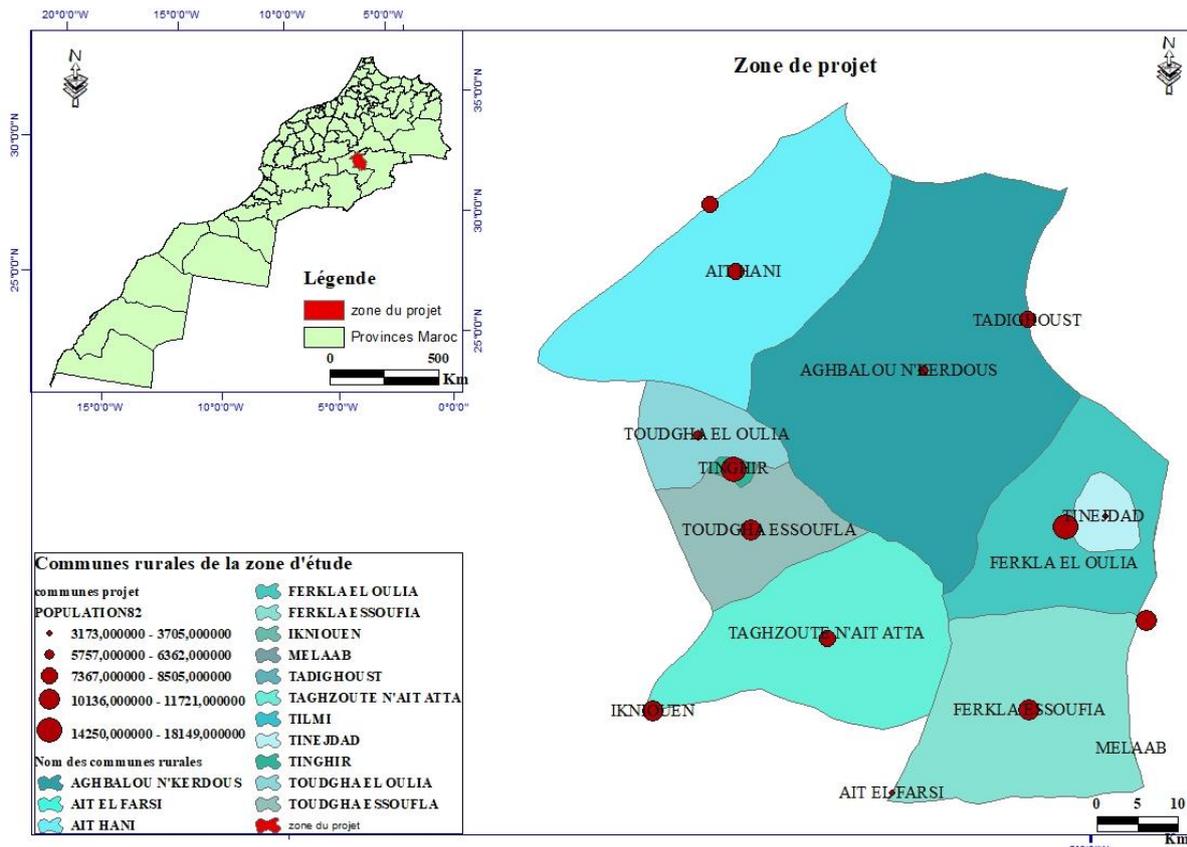


Figure 1 : Zone concernées par l'étude du diagnostic de la REUSE dans la région de Darâa-Tafilalet

La démarche méthodologique comprend les étapes suivantes :

- Réalisation d'un diagnostic et caractérisation du système d'assainissement, de traitement et de réutilisation des eaux usées ;
- Proposition un système d'assainissement au niveau de chaque localité dans la zone d'étude ;
- Evaluation du potentiel de réutilisation au niveau de chaque localité ;
- Etude de faisabilité d'un projet d'assainissement et de réutilisation des eaux usées traitées dans une localité sur la base d'un certain nombre de critères préalablement définis.

## Résultat

L'étude de diagnostic révèle un retard au niveau de la gestion des rejets liquides qui est dû principalement au manque de moyens financiers. Une dégradation des ouvrages d'assainissement existant dû au manque d'entretien a également été relevé accompagné d'un cadre réglementaire qui n'est pas toujours respecté.

Cette étude a aussi révélé que les projets de réutilisation des eaux usées pourraient permettre de palier les effets du changement climatique et la surexploitation des ressources en eau.

La base de données élaborée dans le cadre de cette étude servira de porte d'entrée pour les détenteurs de projet. Le projet (élaboré dans le cadre de cette étude) qui vise à l'assainissement, le traitement et la réutilisation des eaux usées du Douar d'Agoudim aura un impact positif sur l'environnement et sur la vie socio-économique à travers la création de plusieurs opportunités d'emploi et l'amélioration du bien-être de la population de ce douar.

## Identification de sites de collecte, de traitement et de réutilisation des eaux usées et conception d'un projet pilote adapté aux zones oasiennes

### Introduction

L'étude s'est focalisée sur l'assainissement, le traitement et de la réutilisation des eaux usées traitées à l'échelle périurbaine et rurale des zones oasiennes de la région de Draa-Tafilalet, plus précisément la zone de Toudgha. Ce travail est une contribution à la réponse à la problématique de la pénurie et de la rareté de la ressource en eau liées aux changements climatiques et l'augmentation de la demande, ce qui pousse à chercher des ressources alternatives, ainsi que la vulnérabilité du système oasien vis-à-vis la pollution engendrée par les eaux usées évacuées directement dans le milieu naturel.

La problématique, se décline en sous problèmes qui ont été abordés dans la présente étude :

- La recherche de ressources en eau alternatives et non conventionnelles pour palier la raréfaction d'eau dans le système oasien au Maroc, causé par une hausse importante des températures moyennes et une perturbation accrue des régimes pluvieux ;
- La gestion des rejets liquides accrus causés par l'accroissement continue de la population et l'urbanisation ;
- La préservation de l'espace naturel oasien et la santé des populations par une gestion rationnelle des rejets liquides qui constituent une véritable menace sur les ressources en eau, nuisent au bien être direct de la population et détériore l'attractivité touristique des oasis ;
- La recherche de solutions techniques adaptées aux systèmes oasiens caractérisés par la dispersion des habitats, le faible volume de rejets, la faible épuration des milieux naturels et la forte évaporation.

Dans cette optique, il devient pertinent de se demander d'abord où en sont les zones oasiennes de Drâa Tafilalet par rapport à l'amélioration de l'assainissement, l'épuration et de la réutilisation des eaux usées ? Quelles sont les techniques d'assainissement, de traitement

et de réutilisation employées et avec quel niveau de performance ? A quel point, ces techniques utilisées répondent-elles aux problèmes relevés plus haut ? Existe-t-il de bonnes pratiques adaptées à cette zone présaharienne du territoire marocain et quelles sont-elles ? Et Enfin, Quelles sont les possibilités offertes pour conceptualiser un projet pilote d'épuration et de réutilisation à une échelle réduite et adapté aux particularités de la région et peut être reproduit ? C'est donc toutes ces questions qui feront l'objet de notre recherche dans la zone d'étude.

Dans cette étude, on part de l'hypothèse qu'un système d'assainissement et d'épuration bien adapté aux conditions oasiennes, couplé à la réutilisation des eaux usées constitue une solution possible aux divers problèmes relevés précédemment. En effet, les eaux usées peuvent représenter une source d'eau constante (ou même croissante) et indépendante des sécheresses dans une zone qui connaît un stress hydrique croissant.

De plus, la conception et la mise en œuvre des stations d'épuration nécessitent des budgets importants qui doivent être justifiés non seulement par le bénéfice environnemental et sanitaire du traitement, mais aussi par une possibilité d'utilisation et de création de valeur avec des produits finaux (eau traitée, boues, biogaz, ...).

L'utilisation des eaux usées traitées va permettre, avec une bonne conception et une bonne gestion, de résoudre plusieurs problématiques liées à l'environnement, la santé publique et la rareté de ressource, dont certaines ont été citées plus haut et récapitulées dans le tableau suivant :

*Tableau 2 : La REUT comme solution potentielle pour les problématiques identifiées*

<b>Constats et problématiques partielles</b>	<b>Comment la REUSE peut les résoudre ?</b>
Contexte climatique défavorable, pénurie croissante, sécheresses de plus en plus fréquentes.	- La REUSE offre une ressource en eau stable et permet de valoriser les investissements mis dans des infrastructures de traitement.
Urbanisation accompagnée par une augmentation des besoins en eau et des rejets liquides, ainsi qu'une extension de l'espace urbain au détriment des palmeraies et des parcelles agricoles.	- La REUSE permet de rendre l'espace urbain nouvellement créé plus sain et propre. - Elle pourrait permettre aussi une compensation des surfaces agricoles perdues ou de protéger celles existantes contre la dégradation. - La REUSE favorise l'intégration de l'économie circulaire dans l'espace urbain et périurbain.
Utilisation accrue des fertilisants chimiques (facteur de contamination des nappes).  Augmentation de la demande en eau agricole.	- La REUSE constitue souvent une double source d'eau et de fertilisant, ce qui pourrait réduire les apports en engrais chimiques. - Elle pourrait répondre aussi à une partie de la demande supplémentaire en eau créée par la reconversion en cultures de plus haute valeur ajoutée et des extensions.
La région connaît une dynamique économique importante et elle est devenue l'un des pôles touristiques du royaume ce qui pose un	- La REUSE peut offrir des opportunités d'investissement dans la gestion des produits

<p>problème de gestion des déchets liquides issus de cette activité.</p>	<p>d'assainissement/traitement (EUT, compost, biogaz ...).</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Elle constitue une solution durable et écologique pour les problèmes de gestion des déchets liquides de la région en générale et des zones touristiques en particulier. Cela pourrait donner une attractivité additionnelle à la région.</li> </ul>
--	---

### Objectifs

L'objectif de cette étude est de développer et de partager une solution de traitement utilisant des technologies écologiques et peu coûteuses adaptées à la réutilisation des eaux usées pour des usages différents dans des zones oasiennes.

Les objectifs globaux de cette étude sont :

- Assurer une ressource en eau alternative pour couvrir en partie le déficit existant ;
- Lutter contre la dégradation du milieu naturel et préserver la santé publique ;
- Créer des opportunités d'investissement dans la gestion des produits d'assainissement et du traitement des eaux usées (eau usée traitée, compost, biogaz, etc.).

Ainsi, et à partir de la problématique, il en ressort des objectifs spécifiques pour cette étude, il s'agit de :

- Evaluer le potentiel de la réutilisation des eaux usées dans la région ;
- Identifier et inventorier les sites de rejet des eaux usées dans la vallée de Toudgha ;
- Caractériser et faire une typologie des rejets et étudier la possibilité de la réutilisation;
- Réaliser un benchmark des solutions techniques adaptées au milieu oasien ;
- Concevoir un modèle pilote de projet de traitement et de réutilisation à coût faible adapté à cette zone ;
- Réaliser une évaluation financière de la solution élaborée.

Pour ce faire, il y a plusieurs champs de recherche pouvant être explorés dans le cadre de cette étude. Ces champs de recherche sont répartis sur deux échelles :

1. Echelle périurbaines : L'étude portera sur deux volets :
  - Proposition d'une démarche pour l'évaluation du potentiel de réutilisation des eaux usées dans une zone d'étude donnée, appliquée à la zone d'action de l'ABH-GZR ;
  - Diagnostic de l'état de l'assainissement et du traitement dans la ville de Tinghir, l'évaluation des performances de la STEP existante et examen des scénarios possibles de REUT issues de cette STEP.
2. Echelle rurale : Deux champs ont été prospectés :
  - Identification des sites de rejet des eaux usées et recherche des technologies de traitement adaptées et des possibilités de réutilisation au niveau de la vallée de Toudgha pour :

- Comprendre le contexte de la vallée (caractérisation de la population et des habitats, activités économiques, ressources en eaux de surfaces et souterraines, etc) ;
  - Evaluer le potentiel des eaux usées ;
  - Identifier les sites de rejet des eaux usées en parcourant la vallée ;
  - Chercher des solutions adaptées et créatrices d'opportunités.
- Etude d'assainissement et de traitement des eaux usées des unités touristiques de la vallée de Toudgha, et dimensionnement d'un pilote au niveau d'une unité choisie.

### Méthodologie

L'étude a concerné le bassin de Todgha qui est située entre le Haut Atlas et le Jbel Saghro, à l'endroit où ces deux chaînes sont le plus rapprochées. Il s'étend sur environ 30 km à partir des Gorges de Toudgha jusqu'à la limite de la palmeraie au niveau de Taghzoute N'Ait Atta (Figure 2). La vallée relève administrativement des communes rurales de Toudgha El Oulia, de Toudgha Essoufla et de Taghzoute N'Ait Atta et la municipalité de Tinghir.

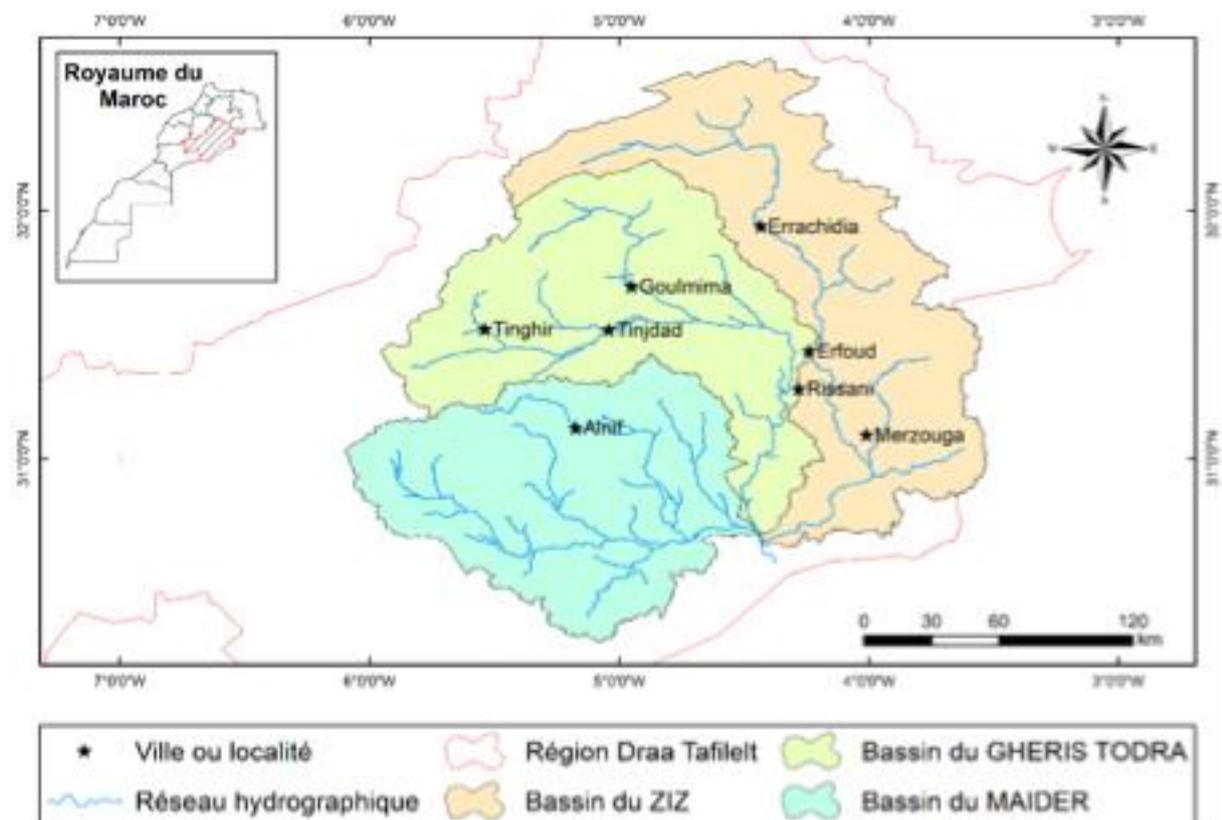


Figure 2 : Situation géographique de la vallée de Todgha.

La démarche méthodologique a été mise en œuvre en plusieurs phases :

#### Cartographie de la zone d'étude :

Les informations spatiales collectées sont rassemblées dans une base de données SIG et représentées par des cartes thématiques selon la démarche suivante :

- Représentation et la connaissance des bassins versants à l'aide de ArcGis® ;

- Représentation de la topographie du milieu par le biais des modèles numériques de terrain (MNT) avec une résolution de 30\*30 mètres, prélevé du site web de la NASA ;
- Exploitation des images satellitaires Landsat 7® (14/04/2021) de haute résolution prélevée à partir du navigateur des données de télédétection EO Sentinel Hub® ;
- Situation des principaux centres urbains et ruraux et la délimitation administrative selon le nouveau découpage administratif.

### Travaux de terrains :

Les travaux de terrains ont consisté en la collecte des données et au diagnostic de l'état des lieux de la gestion des eaux usées.

Dans les enquêtes et les entretiens avec les institutions, les services communaux et les acteurs locaux de la société civile, nous avons beaucoup mis l'accent sur les quatre communes de la vallée de Toudgha où s'est concentrée la plus grande part de notre travail. Néanmoins, du fait que la vallée se situe dans la zone d'action de différentes institutions dont le siège est basé ailleurs, nous étions appelés à se déplacer à plusieurs villes comme Errachidia, Ouarzazate, Boumalne Dades pour collecter plus de données.

La phase de terrain a démarré par des enquêtes avec des ménages et des associations locales au niveau des douars des communes rurales de Toudgha El Oulia, Toudgha Essoufla et Taghzout N'Ait Atta et des cités de la commune urbaine de Tinghir. Parallèlement, deux visites à la STEP de Tinghir ont été effectuées ainsi qu'une participation à des échanges et des réunions avec des institutions et des établissements public (commune de Tinghir, ONEE, ORMVA, ANDZOA, etc). Les travaux de terrains ont été mis en oeuvre sur deux échelles de travail : l'échelle rurale et l'échelle périurbaine.

Le travail effectué à l'échelle rurale avait comme objectifs d'identifier des sites de rejet des eaux usées et chercher des technologies de traitement adaptées et permettant la réutilisation au niveau de la vallée de Toudgha et dimensionner un pilote au niveau d'une unité touristique de la zone. Ceci en se basant notamment sur les données collectées par les enquêtes qui ont été particulièrement facilitées grâce à l'accompagnement et l'aide de l'autorité locale. En effet, avant chaque déplacement, le chef du cercle, le Pacha ou le Caïd de la zone ciblée ont été contactés, pour un accompagnement par Cheikh ou le Mkadem pour nous accompagner.

Le Tableau 3 donne un aperçu de la distribution du nombre des ménages enquêtés par douar et par commune :

*Tableau 3: Distribution des enquêtes de de ménages sur les différentes communes de la vallée de Toudgha*

Communes	Nombre de douars enquêtés	Nombre de ménages concernés par l'enquête
Toudgha El Oulia	5	9
Tinghir	7	7
Toudgha Essoufla	3	7
Taghzout N'Ait Atta	2	7
Total	17	30

## Résultats

### Potentiel de réutilisation des eaux usées dans la région Draa-Tafilalet

La région Draa-Tafilalet compte près de 1 635 008 d'habitants qui produisent de grandes quantités d'eaux usées de manière journalière. Avec 75,2 % des ménages dans le milieu urbain raccordés au réseau d'assainissement collectif. Ce taux de raccordement connaît une grande disparité par rapport au milieu rural, dont seulement 1,5 % des ménages qui sont raccordés. Le reste évacuent leurs eaux usées dans des fosses septiques, des puits perdus ou bien directement dans le milieu naturel.

Plusieurs facteurs de développement socio-économique influencent directement ou indirectement le taux de raccordement au réseau d'assainissement dont nous citons :

- Répartition spatiale de la population (urbaine et rurale) ;
- Paramètres socio-économiques (taux d'accroissement économique, taux d'amélioration de niveau de vie des ménages, etc.) ;
- Occupations de l'espace urbain (taux d'urbanisation, taille de la ville, etc.).

La pollution domestique constitue la principale source de pollution des ressources en eau au niveau de la région, notamment les ressources superficielles, et ce en raison du grand manque des systèmes d'épuration des eaux usées rejetées et de l'insuffisance des réseaux d'assainissement existants. Cette pollution comprend la pollution générée par les agglomérations urbaines (concentrée et diffuse), ainsi que celle diffuse générée par les populations rurales.

On dénombre au moins 25 STEP existantes, en exécution ou programmées dans la région. La capacité totale de ces STEP serait de 41 125 m<sup>3</sup>/j environ ce qui ferait, après achèvement de tous les projets et si la capacité maximale est atteinte, une production de 15 Mm<sup>3</sup>/an d'eau usée traitée. La capacité moyenne des stations d'épuration est de 2 090 m<sup>3</sup>/j, mais elle est extrêmement variable. On trouve ainsi deux stations supérieures à 5000 m<sup>3</sup>/j à Ouarzazate et à Errachidia de capacités respectives de 9600 m<sup>3</sup>/j et 7520 m<sup>3</sup>/j et 14 stations de moins de 1000 m<sup>3</sup>/j.

On distingue deux types de stations d'épuration des eaux usées :

- Les grandes stations d'épuration situées à Ouarzazate, Errachidia, Midelt, Zagora, Tinghir et Erfoud, qui couvrent environ 74 % de la capacité d'épuration de la région ;
- Les autres stations d'épuration aux dimensions beaucoup plus modestes, disséminées dans des petits centres urbains ou ruraux.

La très grande majorité des stations fonctionnent avec le procédé extensif d'épuration par le lagunage naturel. Les autres utilisent le lagunage aéré, les filtres plantés, le lit bactérien et les fosses septiques. Les niveaux de traitement atteints sont soit primaires (fosses septiques) soit secondaires. La STEP d'Errachidia est la seule station dans la région atteignant le niveau de traitement tertiaire produisant près de 2.74 Mm<sup>3</sup>/an d'eau usée traitée.

Les cartes de la Figure 3 représentent l'emplacement de ces stations, leurs capacités d'épuration et les types de procédés de traitement adoptés.

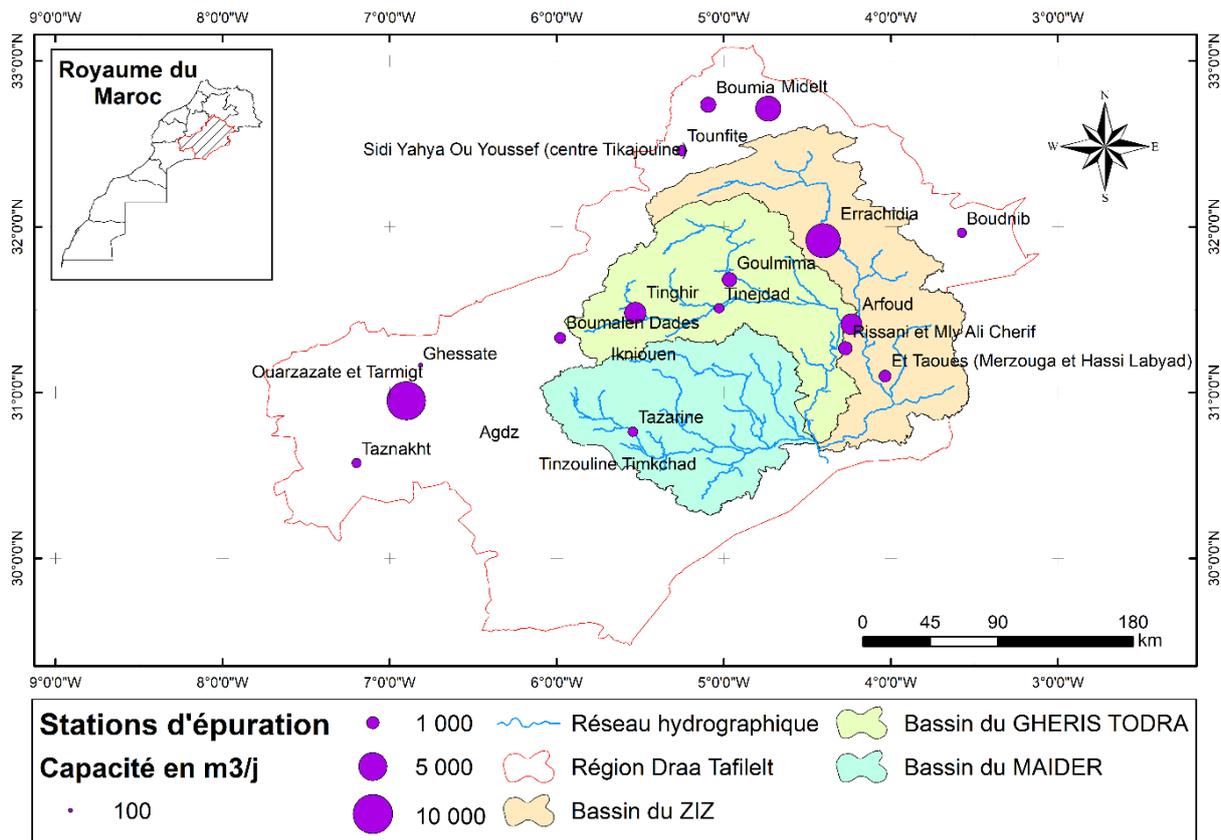


Figure 3: Situation des stations d'épuration de la région de Draa-Tafilalet et par rapport aux bassins ZGM et leurs capacités épuratoires

Il ressort de l'analyse des potentialités de production des eaux usées traitées dans la zone d'action de l'ABH-GZR que le bassin de Guir-Ziz-Ghêris présente un potentiel de réutilisation des eaux usées élevé vu les quantités importantes d'eau usée produites et qui peuvent être valorisées si la capacité épuratoire de la région est maximisée. En plus, un déficit en eau agricole important est enregistré ce qui limite les potentialités du secteur économique principale de la zone, ainsi qu'une surexploitation des ressources conventionnelles a été prouvée surtout les eaux souterraines.

L'utilisation potentielle la plus appropriée de l'eau récupérée dans les bassins analysés est l'irrigation agricole, car elle le consommateur principal de l'eau dans la zone. De plus, la proximité des stations d'épuration par rapport aux terres agricoles facilite la distribution d'eaux usées potentiellement réutilisables.

La réutilisation des effluents traités actuellement (capacité de 5.36 Mm<sup>3</sup>/an) à des fins d'irrigation pourrait substituer près de 3,44 % de l'eau agricole pompée à partir des nappes et réduire le déficit annuel moyen global à l'échelle de tous les bassins en matière des entrées et des sorties des systèmes aquifères jusqu'à 22,9 % (Figure 4). En conséquence, la réutilisation des eaux usées traitées pourrait contribuer à un taux non négligeable à l'atténuation de la vulnérabilité de la zone à la pénurie d'eau en atténuant le déficit hydrique, surtout dans le secteur agricole.

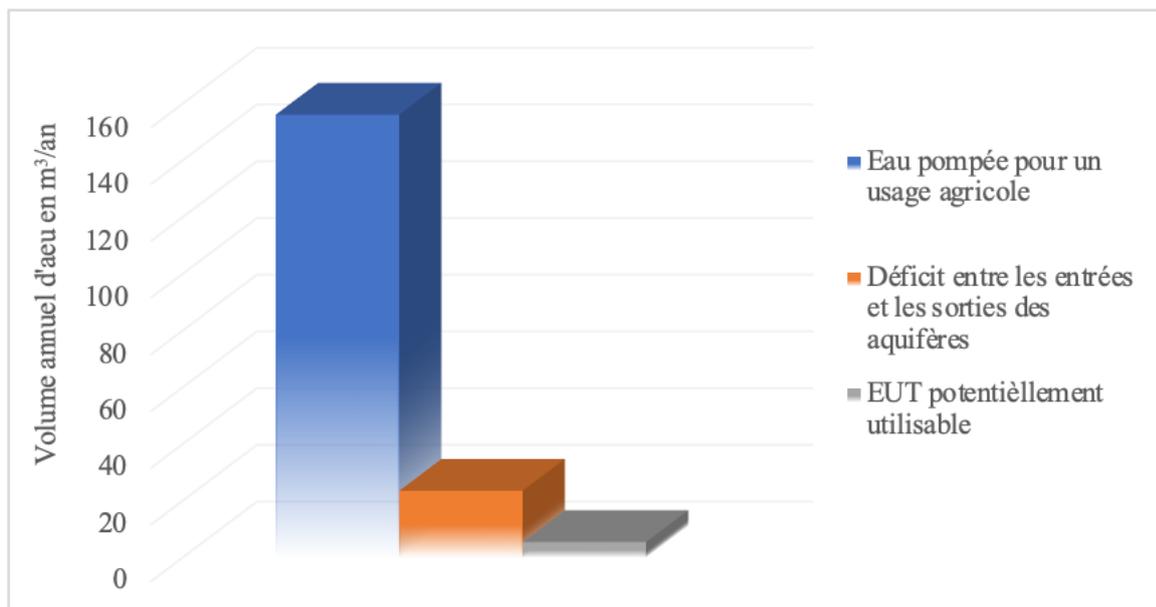


Figure 4 : Contribution potentielle de la REUT à la réduction de la pression sur les eaux souterraines et à l'atténuation du déficit de recharge des aquifères dans les bassins de Guir, Ziz, Ghéris et Maider

Pour les autres possibilités de valorisation, et puisqu'aucune activité industrielle intense n'étant observée, l'utilisation potentielle de l'eau usée traitée la plus pertinente après l'usage agricole est la valorisation dans des usages récréatifs comme l'arrosage des espaces verts, des ceintures vertes, des terrains de sport, etc.

L'exemple de valorisation des effluents traités par la station de la ville d'Errachidia illustre bien le potentiel que peuvent présenter les eaux usées traitées en agriculture. Les rejets sont interceptés en aval de la STEP par un canal d'irrigation qui reçoit également les lâchers du barrage Hassan Addakhil. Ces eaux sont réutilisées en irrigation par 745 habitants. Pour renforcer cette réutilisation, l'ABH-GZR a réalisé une étude qui a montré la possibilité de mobiliser un volume supplémentaire annuel de 1.8 Mm<sup>3</sup> pour l'arrosage des espaces verts de la ville.

Actuellement, le volume d'eau usée à l'entrée de la STEP d'Errachidia est de 2.47 Mm<sup>3</sup>/an (capacité de la STEP de l'ordre de 2.74 Mm<sup>3</sup>/an), alors que le volume total des eaux usées générées en milieu urbain est de l'ordre de 7.62 Mm<sup>3</sup>/an, ce qui montre une exploitation insuffisante de potentiel global de la STEP.

Une autre expérimentation plus ancienne a eu lieu à Ouarzazate et qui a porté sur la REUT en agriculture. Ce projet pilote a été réalisé en deux phases : première phase d'expérimentation (1990-1993) dont les objectifs sont de construire la STEP, caractériser la qualité de l'effluent traité afin de déterminer les performances épuratoires et évaluer l'effet des eaux recyclées sur les rendements et la qualité des cultures. La deuxième phase (1994-1996) avait comme objectif de développer les aspects institutionnel et organisationnel ainsi que l'aspect épidémiologique liée à l'utilisation des eaux usées dans l'irrigation.

Le site expérimental a été choisi dans la zone où les eaux usées brutes ont été utilisées sur plus de 20 ans. Les bénéficiaires sont les agriculteurs situés en aval de la station d'épuration pour l'irrigation d'une superficie de dix hectares.

Les résultats de cette expérimentation ont montré que les eaux usées traitées présentent une valeur fertilisante appréciable. Ils ont également mis le point sur le gain économique dû à l'apport des eaux usées traitées en tant que ressource en eau alternative et aux apports en nutriments véhiculés par ces eaux. Une amélioration des rendements est aussi démontrée.

### Diagnostic de la situation de l'assainissement et d'épuration dans les communes de la vallée de Toudgha

Le diagnostic s'appuie sur trois activités principales menées pendant la mission de terrain effectuée à l'occasion de ce travail de recherche, à savoir :

- Les rencontres avec les acteurs institutionnels et associatifs impliqués dans l'assainissement ;
- La consultation de la documentation disponible sur Internet ou fournie lors de la mission ;
- Les visites et les enquêtes de terrain.

Des visites de lieux et des enquêtes avec des ménages ont été effectuées au niveau de plus de 15 douars appartenant aux différentes communes rurales de la zone. Les enquêtes pourraient ne pas être représentatives vu qu'on n'a pas suivi une procédure statistique dans l'échantillonnage en termes du choix et de la taille de l'échantillon. Une cartographie et une caractérisation générale de la vallée de Toudgha ont été faites avant le commencement du travail d'enquête. Selon les données du RGPH de 2014, il en ressort que la taille des douars du circuit est très variable. On peut distinguer trois groupes ( ) :

- Douars peuplés de moins de 200 habitants comme celui de Tabia et de Ghalil N'Ait Isfoul ;
- Douars peuplés entre 200 et 1 000 habitants comme Ait Segounouni, Ait Yaâla et Tabesbaste ;
- Douars peuplés de plus de 1 000 habitants comme celui d'Ait Mhamed.

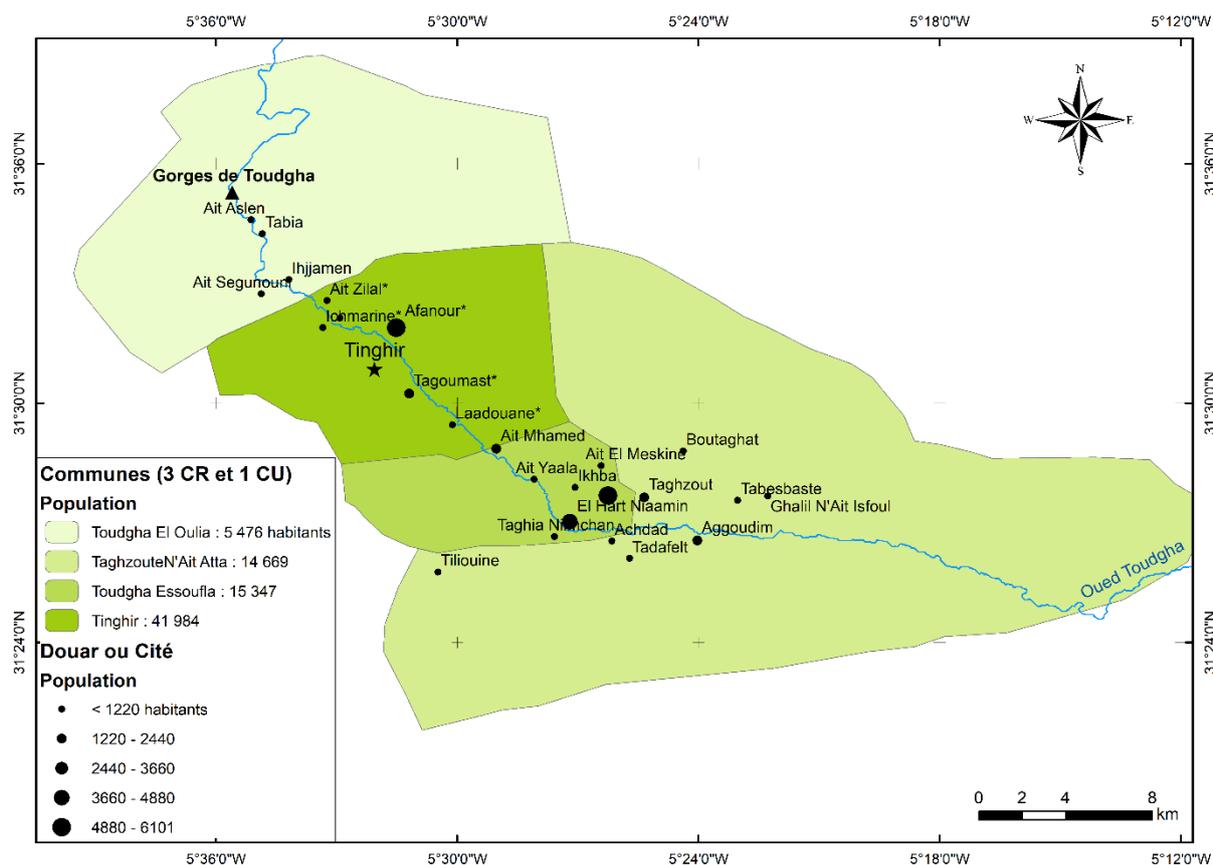


Figure 5 : Populations par communes et par douars de la vallée de Toudgha

L'analyse des résultats des enquêtes a ressorti les conclusions suivantes :

### Les risques sanitaires et environnementaux sont réels :

Les problèmes sanitaires et environnementaux existants dans les centres ruraux de la vallée de Toudgha sont paradoxalement comparables à ceux du milieu urbain, parfois même plus graves, vu que les rejets de la ville sont transférés vers ces zones rurales. Cependant, un impact direct sur la santé de la population n'est pas confirmé. Parmi 28 personnes questionnées, 8 personnes pensent que leurs maladies ont un lien avec les rejets des eaux usées. Des cas de la leishmaniose (maladie véhiculée par les mouches, donc indirectement liée à l'assainissement) ont été enregistrés à Ait M'hamed il y a quelques années (d'après quelques témoignages), mais ces cas restent très rares. Les principaux dérangements liés aux rejets sont les mauvaises odeurs, la prolifération des insectes et des rongeurs et l'insalubrité.

Ces données nous poussent à relativiser les risques sanitaires et environnementaux liés aux rejets des eaux usées sans pour autant les sous-estimer. Un seul véritable risque environnemental et sanitaire, est en particulier celui lié à la contamination des nappes phréatiques à cause des puits perdus très denses.

### Les quantités d'eaux usées générées sont relativement faibles par rapport à la ville :

Contrairement au milieu urbain, les volumes rejetés par les ménages ruraux de Toudgha sont relativement faibles, causés notamment par les consommations d'eau qui se situent aux

alentours 30 l/hab/j. Ceci mène à conclure que le défi de l'évacuation des eaux usées dans les douars de Toudgha n'est pas un défi de quantités à traiter. Cette conclusion est cependant à relativiser, étant donné que la majorité de ces douars sont caractérisés par des densités d'habitats plus ou moins élevées.

### **La demande et le besoin de population rurale en assainissement sont urgents :**

L'amélioration de l'assainissement constitue une préoccupation majeure chez les villageois, la quasi-totalité des personnes enquêtées pense que l'installation d'un système de collecte et de traitement des eaux usées est la solution de tous les problèmes qui l'en sont liés.

### **Les connaissances en matière d'épuration et de REUSE sont limitées :**

L'évaluation des appréhensions des habitants vis à vis la REUSE a montré un manque de connaissances relatives à la REUSE d'où la nécessité d'organiser, avant la mise en place de tout projet de réutilisation, des réunions et des formations afin d'apaiser leurs craintes et de les informer davantage sur l'épuration des eaux usées et sur les risques et les pratiques de valorisation des rejets.

Le projet pilote de Tabesbaste et le mode de préservation de la ressource au niveau de cette localité peut servir de modèle pour s'inspirer et reproduire des expériences d'épuration et de réutilisation pareilles à échelle réduite et motivées par la propre initiative de la population.

Les spécificités du milieu exigent une réflexion différente concernant les problématiques de l'assainissement et du traitement :

Le diagnostic réalisé a permis de comprendre les raisons pour lesquelles une réflexion spécifique est nécessaire. Les différences par rapport au milieu urbain ont des conséquences sur tous les plans relatifs à l'assainissement à savoir : les technologies adaptées, la planification, le financement et la gestion participative.

Les principales spécificités de ce milieu rural oasisien relevées sont :

- Spécificités liées aux paramètres physiques du milieu (climat, géologie, topographie, sensibilité des milieux naturels, etc.) ;
- Spécificités liées aux caractéristiques de la population (taille de la population, densité et organisation des habitats, demandes en AEP, volumes d'EU rejetée, etc.) ;
- Spécificités liées aux priorités et aux besoins de la population (exemple des eaux pluviales, qui ont, contrairement à la ville, un caractère inoffensif, d'où une nécessité d'intervention moins urgente. Mais cela n'empêche l'existence d'un besoin en matière d'ouvrages de protection contre inondation) ;
- Spécificité liée au manque ou limitation des capacités de gestion locale du service de l'assainissement ;
- Spécificités liées aux sources de financement beaucoup plus réduites qu'en ville, vu les moyens budgétaires limités des communes et l'incapacité des ménages d'autofinancer des équipements améliorés.

Il s'avère donc que l'échelle rurale s'accommode mal de technologies d'assainissement collectif, que ce soit pour les coûts d'investissement, la capacité des ménages de participer au

financement ou les capacités techniques d'exploitation. Ces spécificités vont conduire à envisager plutôt des solutions techniques d'assainissement non collectif (assainissement autonome ou semi-collectif) pour la majeure partie des douars.

De ce fait, le défi n'est pas tant de savoir adapter l'assainissement collectif aux douars, mais plutôt de savoir développer des techniques autonomes qui répondent à la fois à la demande des usagers et leurs préoccupations sanitaires avec intégration de la composante de REUT et de valorisation des sous-produits d'assainissement dans la réflexion.

L'établissement d'un guide avec des technologies et des critères de choix est très recommandé. Ce guide doit proposer et définir les technologies d'assainissement non collectif et établir une démarche de choix d'une de ces options en fonction des conditions rencontrées dans chaque douar. Il existe actuellement des guides bien élaborés comme ceux issus des travaux du programme AGIRE dans l'assainissement individuel et les pratiques de recyclage des sous-produits.

#### Performance de la STEP de Tinghir

Les ouvrages d'épuration existants dans la station d'épuration de Tinghir de type lagunage naturel (bassins anaérobies suivis de bassins facultatifs puis de bassins de maturation) se composent de (Figure 6):

- Les ouvrages de prétraitement munis de :
  - Un bassin d'arrivée de la conduite de refoulement et de tranquillisation ;
  - Un dessableur composé de deux chenaux pour retenir les sables.
- Le partiteur amont des bassins anaérobies (REP<sub>1</sub>) : Un ouvrage de répartition REP<sub>1</sub> vers les trois lagunes anaérobies, constitué d'une chambre de tranquillisation attenante à trois déversoirs de mêmes caractéristiques pour une répartition équilibrée vers les 3 lagunes ; chaque déversoir est constitué d'un seuil en béton et une vanne batardeau rectangulaire en aluminium. Les répartiteurs sont couverts par un caillebotis en acier inox ;
- Le réseau d'interconnexion du REP<sub>1</sub> aux lagunes anaérobies constitué de trois conduites PVC DN 250 mm, séparées pour chacune des trois lagunes et conduisant l'eau depuis REP<sub>1</sub> jusqu'à l'ouvrage d'entrée à la lagune anaérobie respective ;
- Un traitement primaire, par trois bassins anaérobies de profondeur 4,5 m et de dimensions au plan d'eau de 58,60 x 29,30 m ;
- Le réseau d'interconnexion des lagunes anaérobies aux 4 lagunes facultatives, conçu de telle manière qu'il y ait toujours possibilité de faire fonctionner les quatre lagunes facultatives en cas d'arrêt d'une des lagunes anaérobies. Il est constitué des éléments suivants :
  - Les conduites PVC, DN 400 mm de sortie des anaérobies, s'unissant en une conduite amenant l'eau jusqu'au répartiteur RP<sub>2</sub> ;
  - Le réseau d'interconnexion constitué de conduites PVC, DN 250 mm, conduisant l'eau depuis les ouvrages de répartition (REP<sub>2</sub> vers les F<sub>1</sub> et F<sub>2</sub> et REP<sub>3</sub> vers F<sub>3</sub> et F<sub>4</sub>) jusqu'aux ouvrages d'entrée à la lagune facultatif respective et DN 400 mm conduisant l'eau depuis REP<sub>2</sub> à REP<sub>3</sub>.

- Un traitement secondaire, par quatre bassins facultatifs, de profondeur 1.2 m et de dimension au plan d'eau de 170 × 85 ml ;
- Un traitement tertiaire, par deux étages en série de bassins de maturation, de profondeur de 1,00 m et de dimensions au plan d'eau de 123 × 62 m (pour l'étage primaire) et 98 × 49 m (pour l'étage secondaire) ;
- Le réseau de recollection des eaux traitées en PVC DN 400 mm.

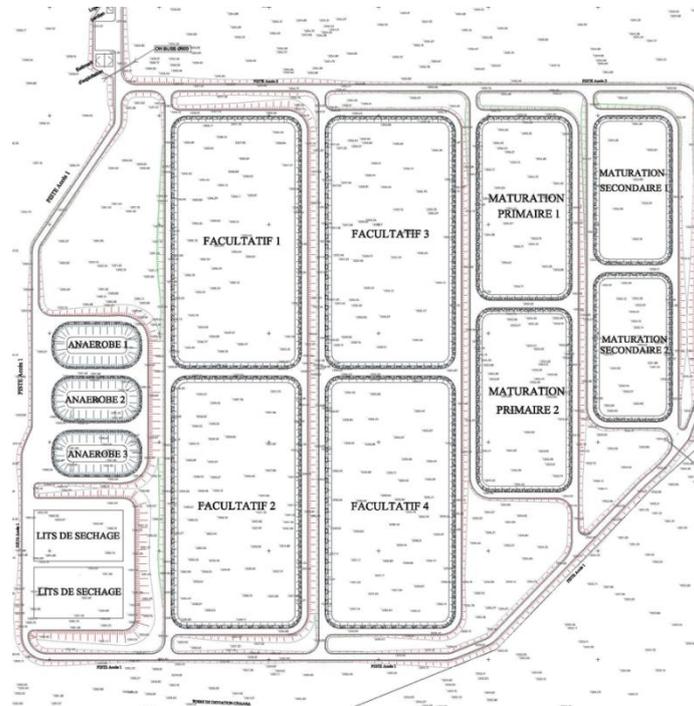


Figure 6: Plan de la STEP de Tinghir

A la lumière de l'étude des performances épuratoires de la station d'épuration de type lagunage naturel de Tinghir et les analyses effectuées sur les eaux usées brutes et épurées pour cette station, on peut conclure que :

- Les performances épuratoires de la station d'épuration varient selon la charge hydraulique et la charge polluante des EU brutes à l'entrées de ces ouvrages de traitement, comme il peut être influencé par différents facteurs et les conditions entourant ces eaux en passant dans les différents ouvrages du lagunage naturel avant de rejoindre le milieu naturel ;
- Les données générées par l'étude des paramètres physico-chimiques et l'analyse des échantillons prélevés à l'entrée et à la sortie de la STEP, montrent que l'effluent de la STEP présente des valeurs non conformes aux valeurs limites spécifiques. Ainsi le diagnostic de l'évaluation de la qualité des eaux usées épurées sortantes est basé sur les normes marocaines et européennes du rejet domestique, ce qui nous permet de déduire une non-conformité de l'effluent en sortie de la STEP ;
- La STEP de Tinghir Fonctionne en sous charge hydraulique durant l'année 2021 ;
- Les résultats des rendements épuratoires en termes de MES, DBO<sub>5</sub> et DCO sont moins satisfaisants par rapport aux pourcentages minimales de réduction fixées par le directif Européen n° 91/271 du 21/05/1991.

Finalement, et d'après ces résultats, on peut conclure que, bien que le lagunage naturel soit un procédé d'épuration des eaux usées le plus répandu au Maroc, mais il reste très sensible à divers facteurs influençant son rendement épuratoire comme l'accumulation des boues au niveau des bassins anaérobies, les baisses de température, l'effet saisonnier, le temps de séjours, concentration élevée des eaux usées brutes.

## Scénarios de valorisation des eaux usées de la STEP de Tinghir

### Utilisation pour irrigation

La REUSE de la STEP de Tinghir pour l'agriculture semble être la plus envisageable. En effet, la plupart des projets marocains de REUSE sont des projets agricoles. Tout projet similaire à la STEP de Tinghir pourra donc largement profiter des expériences acquises. Les contraintes en termes de qualité physico-chimique et microbiologique sont traitées dans les paragraphes précédents, une fois la qualité d'eau rejetée est améliorée il y aura plus de chance d'accepter le projet de REUSE par les autorités sanitaires. En plus, les besoins en irrigation sont en général insatisfaits, et la région de Tinghir comme toute autres régions du Sud-Est du Maroc souffre de la sécheresse et l'insuffisance de précipitation. Par conséquent, l'utilité d'un tel projet et les arguments qui jouent en faveur d'une REUT de ce type attireront assurément l'intérêt des agriculteurs et des collectivités territoriales.

Au niveau de la qualité physicochimique des eaux, trois paramètres sont souvent évalués dans des projets similaires : la teneur en matières en suspension (MES), la teneur en éléments nutritifs (N/P) et la teneur en micro-organismes pathogènes.

### Scénarios possibles

- Arrosage d'espace vert

Il s'agit de réutiliser les eaux usées épurées pour l'arrosage d'un parc ou un espace vert projeté dans le document d'urbanisme et qui se situerait tout près de la STEP.

- Soutien au débit d'étiage d'oued Toudgha

Cette possibilité constitue une sorte de valorisation indirecte des eaux usées traitées de la STEP dans l'irrigation, comme elle a un intérêt particulier puisqu'actuellement, les rejets de la station sont rejetés sans atteindre les normes de rejets dans un cours d'eau non pérenne qui rejoint oued Toudgha en un point pas loin des agglomérations. En effet l'enquête douar a permis de collecter les différentes données de base relatives aux douars qui irriguent par les eaux usées épurées de la STEP. Les enquêtes ont montré que les eaux usées épurées sont interceptées par les agriculteurs situés à l'aval de la STEP de Tinghir.

### Système d'irrigation

Le système d'irrigation constitue un élément important à prendre en considération dans la réutilisation des eaux usées épurées de la STEP. En effet, le risque sanitaire peut varier selon le système adopté.

La technique la mieux adaptée à l'apport de ces eaux pour l'irrigation est l'irrigation localisée. Elle engendre le moins de risques sanitaires et une bonne efficacité de l'application. Ce

système requiert néanmoins une filtration efficace et un bon entretien à cause de la sensibilité au colmatage du matériel.

### *Les normes de qualité*

Ces normes sont édictées dans l'arrêté conjoint du Ministre de l'Équipement et du Ministre chargé de l'Aménagement du territoire, de l'urbanisme, de l'habitat et de l'environnement n°1276-01 du 10 Châabane 1423 (17 Octobre 2002).

### **Recharge artificielle de la nappe de Toudgha-Tinghir**

Il s'agit de réaliser un réapprovisionnement de la nappe de Toudgha-Tinghir pour soutenir ses apports naturels. La superficie de la nappe est d'environ 80 km<sup>2</sup>. Les superficies irriguées des palmeraies qui en dépendent sont de l'ordre de 2440 ha. L'écoulement s'effectue généralement du NW vers le SE (sens d'écoulement de Toudgha) avec un gradient hydraulique variable.

La nappe avait enregistré une baisse de niveau piézométrique d'environ 20 m entre 1980 et 1996 en particulier dans sa partie amont. En effet, une mesure concernant la nappe de Toudgha-Tinghir, de la campagne piézométrique de juin 2006 a permis de mettre en avant l'exploitation intense de cette nappe. Les prélèvements semblent en hausse considérable depuis 10 ans. L'exploitation est représentée essentiellement par les Khetaras qui ont diminué de 27 à 2 seulement qui sont encore productives.

Dans la recharge de la nappe plusieurs paramètres et contraintes doivent être pris en compte comme les contraintes de protection des captages, la capacité géo-épuratoire du sol et du sous-sol, l'hydrogéologie (caractérisation de l'aquifère : type, extension, épaisseur de la tranche saturée, coefficient d'emménagement. Et de la zone non saturée : perméabilité, épaisseur, la conductivité hydraulique, etc.).

### Traitements complémentaires adéquats aux scénarios retenus

Le tableau Tableau 4 récapitule les techniques de traitement tertiaires correspondantes à chaque type de valorisation souhaitées, en suivant les démarches des deux modèles (d'ECOSSE et d'AQUAREC).

Il est à noter que les modèles utilisés ne constituent pas une référence suffisante sur laquelle on peut s'appuyer exclusivement pour faire notre choix, mais plutôt un outil pour s'en inspirer. Ceci revient principalement au fait que ces modèles n'offrent pas des indications sur la qualité de l'eau obtenue en sortie, que ce soit au niveau chimique ou microbiologique, et donc il faut pour chaque technique vérifier s'elle répond ou non à la qualité requise pour un usage donné conformément aux normes et exigences réglementaires.

Tableau 4: Techniques de traitement tertiaires pour chaque type de valorisation

	<b>Cercle d'épuration de ECOSSE</b>	<b>Matrice d'AQUAREC</b>
Arrosage d'un parc	<u>Pollutions concernées</u> : Pollution carbonée, NP, MES, (micropolluants organiques), germes pathogènes, virus et parasites.	<u>Traitement III</u> : Filtration membranaire (microfiltration, ultrafiltration, nanofiltration ou osmose inverse) ou coagulation floculation suivie d'une filtration sur milieu

	<u>Traitement III</u> : Bassins de stabilisation en série ou lagunages aéré ; infiltration-percolation. Désinfection : Indispensable.	granulaire (sur milieu fin poreux ou filtration en surface). <u>Désinfection</u> : Ozone, Acide peracétique, Bioxyde de chlore, Chlore gazeux ou UV.
Recharge artificielle de la nappe de Toudgha-Tinghir	<u>Pollutions concernées</u> : Pollution carbonée, NP, MES, (micropolluants organiques), métaux lourds et sels, germes pathogènes, virus et parasites. <u>Traitement III</u> : Bassins de stabilisation en série ou lagunages aéré ; infiltration-percolation. Et filtration dans le sol vers l'aquifère (alimentation indirecte) Désinfection : Indispensable.	Directe <u>Traitement III</u> : Filtration membranaire (ultrafiltration, nanofiltration ou osmose inverse) ou coagulation floculation suivie d'une filtration sur milieu granulaire (sur milieu fin poreux ou filtration en surface) ou coagulation floculation suivie d'une microfiltration <u>Désinfection</u> : Ozone ou UV
		Indirecte Désinfection : le traitement secondaire peut être directement suivi d'une désinfection par : Ozone, Acide peracétique, Bioxyde de chlore, Chlore gazeux ou UV
Soutien au débit d'étiage d'oued Toudgha	<u>Pollutions concernées</u> : Pollution carbonée, NP, MES, (micropolluants organiques), germes pathogènes, virus et parasites.	<u>Traitement III</u> : Lagunage de maturation ou floculation suivie de filtration membranaire (microfiltration, ultrafiltration, nanofiltration ou osmose inverse) ou coagulation floculation suivie d'une filtration sur milieu granulaire (sur milieu fin poreux ou filtration en surface) <u>Désinfection</u> : Ozone, Acide peracétique, Bioxyde de chlore, Chlore gazeux ou UV

### ***Proposition et conception d'une solution d'assainissement adaptée pour un établissement touristique***

La solution proposée consiste en un réacteur anaérobie compartimenté (RAC) adapté aux petites unités touristiques. Les paramètres de base sont les heures de fonctionnement du système, la charge polluante et la vitesse ascensionnelle du flux. Cependant, les performances d'un RAC dépendent aussi du temps de rétention. Ce dernier ne peut pas être réduit en jouant sur les dimensions des compartiments à flux ascendant, parce que cela modifiera aussi la vitesse ascensionnelle. Pour arriver à la qualité d'effluent souhaitée il vaut mieux ajouter un compartiment supplémentaire, plutôt que de chercher à augmenter le volume des compartiments existants, l'efficacité du traitement augmente toujours avec le nombre de compartiments. L'influence de la température est moins forte que pour d'autres réacteurs anaérobies, mais elle doit être prise en compte comme même. Des eaux usées trop diluées ne produisent pas assez de boue pour assurer un contact intensif entre les bactéries et les eaux usées entrantes. Il faut également prévenir une surcharge organique éventuelle due à des eaux usées très concentrées.

Dans la conception du système RAC classique, les considérations suivantes ont été prises en compte (Sasse, 1998) :

- L'entrée des eaux usées dans le digesteur doit se faire de la manière la mieux répartie possible sur l'ensemble de la surface au sol. Ceci est obtenu par des compartiments relativement courts (longueur < 50 à 60% de la hauteur). Pour les grandes installations, lorsque des compartiments plus longs sont nécessaires, les sorties des tuyaux descendants (et des gaines descendantes) doivent être orientées vers le centre de la surface au sol ;
- Les tuyaux de sortie et de connexion entre les compartiments doivent démarrer un peu en dessous de la surface de manière à retenir d'éventuels flottants ;
- La vitesse ascendante doit rester dans l'intervalle de 0,3-1 m/h, ceci est le paramètre vital dans le dimensionnement, particulièrement pour des charges hydrauliques élevées ;
- La charge organique doit se situer en dessous de 3 kg de DCO/m<sup>3</sup>/j. Le réacteur peut fonctionner avec des charges plus élevées, si la température est aussi plus élevée et si le substrat est facilement dégradable ;
- Il est recommandé que le nombre de compartiment soit au minimum 3 ;
- Les RAC peuvent être conçus pour un afflux quotidien allant de quelques m<sup>3</sup>/jour jusqu'à plusieurs centaines de m<sup>3</sup>/jour avec un temps de rétention hydraulique (TRH) de la partie liquide (au-dessus des boues) allant de 2 à 4 jours. Le TRH doit être au moins 1,5 heures dans la fosse de décantation ;
- Les boues doivent être évacuées régulièrement. Il faut toujours en laisser une partie pour assurer l'efficacité du traitement. Le volume des boues est pris en compte dans le calcul du volume de la chambre de décantation. Il faut prévoir un volume de stockage des boues de 4 l/g de DBO<sub>5</sub> entrée dans le décanteur.

Le nombre d'équivalent habitant est pris égal à 40, pour 60 lits, 30 couverts servis et 6 employés. A noter que le nombre d'équivalent habitants calculé représente la capacité d'accueil journalière maximale qui n'est atteinte qu'en courte période durant la haute saison. Pour ce nombre d'équivalent habitants un RAC classique des Figure 7 (dimensions et vue en profil) et Figure 8 (vue 3D) a été conçu.

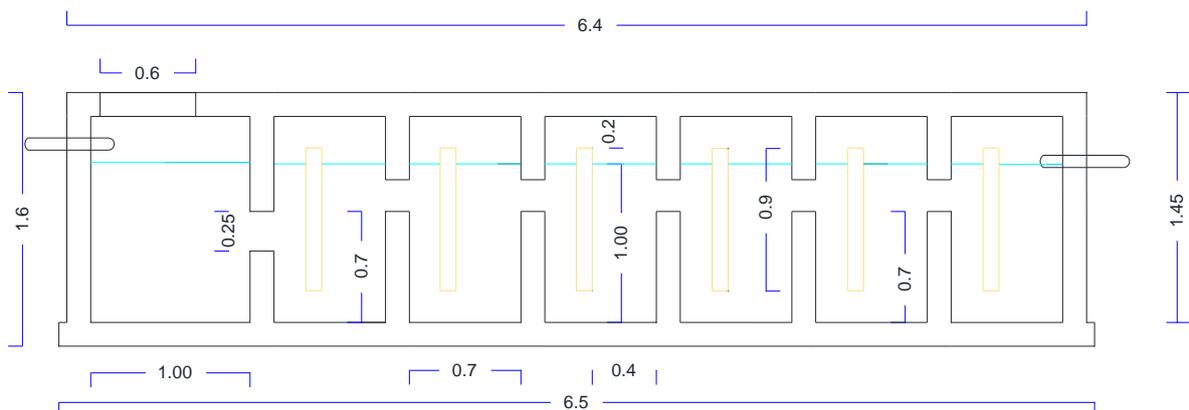


Figure 7 : Vue de profil du RAC classique dimensionné

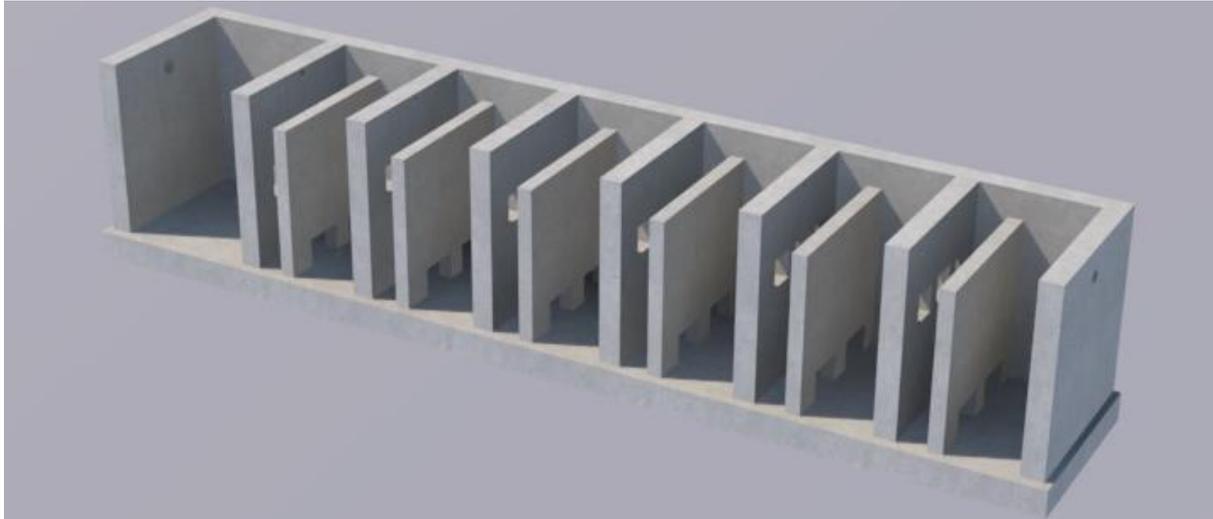


Figure 8 : Vue 3D du RAC classique

Dans les RAC classiques, comme celui dimensionné précédemment, le flux du liquide entre les compartiments est dirigé par des murs déflecteurs qui forment une gaine descendante qui sont très efficaces dans la distribution homogène du flux. Ce type de RAC bien qu'il présente de nombreux avantages en termes de rendement, d'économie et de possibilité de valorisation des sous-produits, mais il peut être amélioré davantage en introduisant quelques modifications.

- 1<sup>ère</sup> amélioration : RAC classique à compartiments descendants tubulaires : La première amélioration consiste au remplacement des gaines descendantes par des tuyaux en PVC descendants placés sur les parois des compartiments. Ces tuyaux présentent l'avantage d'être moins chers, ils facilitent le montage du RAC et ils permettent de le rendre plus compact (Figure 9).

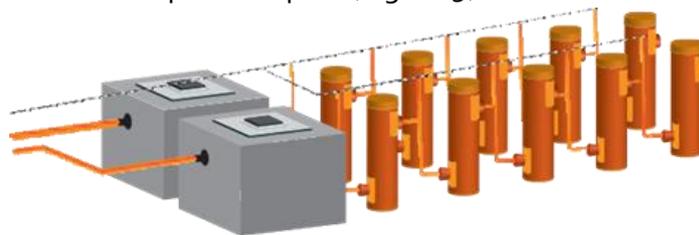


Figure 9 : Agencement linéaire d'un RAC simplifié tubulaire

- 2<sup>ème</sup> amélioration : RAC simplifié tubulaire : Lors du dimensionnement du RAC classique, on s'est retrouvé avec des dimensions très petites qui posent des difficultés dans la construction (Figure 10). Ceci est dû au fait que les RAC classiques en béton sont plus adaptés à des installations collectives à moyennes et grandes tailles, au contraire, la variante RAC simplifié tubulaire est adaptée aux petites installations. Ce modèle présente la particularité de remplacer les différents compartiments en béton par une série de tubes de diamètre variable. Les matériaux sont légers et l'aspect modulaire de ce modèle permet un agencement qui s'adapte au manque d'espace (contrainte majeure rencontrée au niveau de la zoné d'étude).

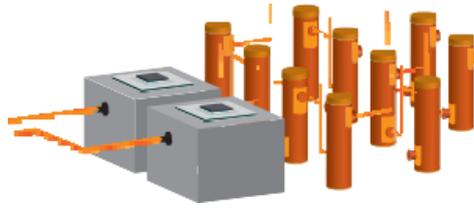


Figure 10 : Agencement compact d'un RAC simplifié tubulaire

## Conception de solutions de collecte, de traitement et de réutilisation des eaux usées adaptées aux unités touristiques de la vallée de Dades

### Introduction

Les pénuries de l'eau sont de plus en plus accentuées dans les oasis, écosystèmes devenus de plus en plus fragiles suite au changement climatique et à la pollution des ressources en eau engendrée par les nombreux points de rejet des eaux usées issues des unités touristiques. C'est le cas de la vallée de Dadès, où la collecte, le traitement et la réutilisation des eaux usées sont indispensables pour la préservation de l'environnement et des ressources en eau.

Conscient de cette situation, et dans le but d'assurer un assainissement durable dans cette vallée, des projets réalisés dans le cadre de coopération internationale se sont intéressés à la vallée de Dadès, en l'occurrence le programme d'« assainissement écologique » « Sustain Water MED » qui a été conçu pour le village Ait Idir en 2016. Sept sites pilotes ont été choisis en concertation avec les autorités locales pour être équipés de divers systèmes d'assainissement afin de démontrer les différents types de technologies décentralisées pouvant assurer un assainissement durable tout en optimisant la réutilisation des produits.

La présente étude s'inscrit dans la continuité des actions menées au niveau de cette vallée mais cette fois-ci dans le cadre du projet « MASSIRE ». Les objectifs assignés à cette étude sont comme suit:

- Diagnostic des pilotes existants au village Ait Idir et propositions de réhabilitation ;
- Diagnostic de la vallée de Dadès en termes d'assainissement et de réutilisation des eaux usées épurées ;
- Etat des lieux de l'assainissement et de la réutilisation des eaux usées au niveau des unités touristiques de la vallée de Dadès ;
- Conception et dimensionnement d'un projet pilote de collecte, de traitement et de réutilisation des eaux usées adapté aux unités touristiques des oasis.

### Méthodologie

L'étude a été faite dans la vallée de Dadès qui est constituée de huit communes rurales : Tilmî, Msemrir, Ait Sedarte Jbel El Oulia, Ait Sedrate Jbel Soufla, Ait Youle, Souk Lakhmiss Dadès, Aït Sedrate Sahl Charkia et Ait Sedrate Sahl Gharbia, qui dépendent dans leur totalité du cercle de Boumalne Dadès, de la province Tinghir, et de la région de Daraa-Tafilalet.

L'étude a été basée sur des enquêtes de terrains qui concerné :

- Tous les sites GIZ ont été visités et enquêtés : 7 sites au niveau du village Aït Idir. L'enquête a porté sur la typologie du pilote, son état actuel, ainsi que les avantages et inconvénients du système.
- 15 ménages ont été enquêtés : L'enquête a porté essentiellement sur la pratique de l'agriculture, l'approvisionnement en eau potable et en énergie, la gestion des eaux pluviales et des déchets solides, et l'état des lieux de l'assainissement existant.
- 30 unités touristiques ont été enquêtées (il existe 56 unités touristiques au niveau de la commune ASJS). Le questionnaire a porté sur la caractérisation de l'unité, la consommation en eau, l'approvisionnement en eau potable, l'assainissement et la réutilisation des eaux usées.

Par ailleurs, des entretiens ont été faits avec les acteurs institutionnels locaux à savoir les services communaux au niveau de la commune Aït Sedrate Jbel Soufla, de la commune Aït Youle et la municipalité de Boumalne-Dadès. Les données ont été également collectées au niveau de l'ORMVAO (service d'équipement et service de production agricole) et l'ANDZOA ainsi que la subdivision agricole de Boumalne-Dadès.

## Résultats

### Diagnostic des sites pilotes existants au village Aït Idir et propositions réhabilitation

Le village Aït Idir fait partie de la province de Tinghir situé dans la commune rurale Aït Sedrate Jbel Soufla, au niveau de la vallée du Dadès au Sud du Maroc. Il est caractérisé par une insuffisance des infrastructures sanitaires qui se limitent généralement aux puits perdus, susceptibles de contaminer les eaux par infiltration dans les nappes aquifères. Ces dernières présentent la principale source d'eau potable dans la vallée du Dadès. Pour faire face à cela, des projets pilotes de traitement et réutilisation des eaux usées ont été exécutés par le programme d'Appui à la Gestion Intégrée des Ressources en Eaux (AGIRE) en collaboration avec ses partenaires en particulier l'Agence de Bassin Hydraulique du Souss-Massa Draa (ABH-SMD).

Le programme d'assainissement écologique Sustain Water MED conçu pour le village d'Aït Idir consiste en la mise en place de sept sites pilotes, choisis en coopération avec les autorités locales, pour être équipés de divers systèmes d'assainissement. Trois types de systèmes ont été adoptés : les Toilettes de Déshydratation et à Séparation d'Urine, le Digesteur agricole à Biogaz et le Réacteur Anaérobie Compartimenté.

L'objectif est d'assurer un assainissement décentralisé durable tout en optimisant la réutilisation des produits (la génération d'énergie à partir du biogaz et l'utilisation des propriétés fertilisantes d'excrétas en agriculture). De plus, ces technologies contribuent à limiter les risques sanitaires et à alléger la pression sur les ressources souterraines provoquée par les rejets incontrôlés des eaux usées domestiques et agricoles.

Trois types de technologies ont été adoptés : le Réacteur Anaérobie Compartimenté (RAC), le Digesteur à biogaz et les Toilettes de Déshydratation et Séparation d'Urine (TDSU).

### *Réacteur Anaérobie Compartimenté (RAC)*

Le RAC a été mis en place en 2016 dans un ménage du village Aït Idir. Les eaux usées (grises et noires) produites au niveau du ménage sont acheminées vers le système se trouvant au niveau du jardin. Le RAC est constitué de :

- Une chambre de décantation pour les solides et les flottants : les eaux usées du ménage aboutissent au premier compartiment et subissent une décantation des boues au fond et la formation d'une écume de graisses et d'huiles en surface ;
- Une série de 3 chambres à flux ascendant : les eaux usées pénètrent dans les chambres par le bas et doivent traverser les boues pour se déplacer vers le haut avant de pénétrer dans le compartiment suivant, ces eaux entrent alors en contact intensif avec la biomasse active présente dans les boues.

Le biogaz produit est acheminé par un tuyau en acier galvanisé vers un gazomètre souple en géomembrane contenu dans l'abri à gazomètre. Des sacs à sable sont placés sur le gazomètre, appliquant ainsi une pression, permettant d'acheminer le biogaz produit vers la cuisine pour la cuisson des aliments par exemple.

Les eaux usées épurées sont pompées et réutilisées pour l'irrigation de la luzerne, l'orge, l'amandier et le noyer au niveau d'une partie du jardin du ménage. Le reste du jardin est irrigué par l'eau de la seguia.

Le volume généré par le RAC est de 10 m<sup>3</sup> d'eaux usées traitées. La cuve de recueil des EUT se remplit une fois par mois en été, et une fois par 3 mois en hiver. La production des eaux usées est élevée en été car le propriétaire du ménage reçoit le reste des membres de la famille. Lorsque la cuve des eaux usées traitées n'est pas remplie, l'eau de la seguia est utilisée pour l'irrigation.

Depuis la mise en place du RAC, la vidange a été faite 2 fois selon le mode suivant : lorsqu'il y a bouchage au niveau de la cuisine du ménage ou des fuites d'eau au niveau du regard de la cuve de collecte des eaux usées, le propriétaire ouvre la vanne de la canalisation de vidange, et les boues sont mises en décalage au niveau du jardin pour sécher et être utilisées par la suite pour la fertilisation.

Actuellement, le RAC présente les avantages suivants pour le ménage :

- Les eaux usées traitées par le système sont réutilisées pour l'irrigation de la luzerne, l'orge, l'amandier et le noyer au niveau du jardin du ménage (Figure 30);
- Le propriétaire a affirmé que le rendement de l'orge s'est amélioré après l'utilisation des eaux usées traitées pour l'irrigation ;
- Cette réutilisation est très avantageuse surtout en période de sécheresse où l'eau est rare pour l'irrigation.

Cependant, le RAC présente les problèmes de fonctionnement suivants :

- Pas de stockage de biogaz à cause de la détérioration du gazomètre en géomembrane après un mois de fonctionnement du système ;
- Problème d'odeurs et moustiques au niveau de la cuve des eaux usées traitées ;

- Problème de fonctionnement de la pompe au niveau de la cuve des eaux usées traitées : la pompe tombe en panne plusieurs fois ;
- Fuites d'eau au niveau de la partie non enterrée du RAC à cause des fissurations du béton.

Le RAC nécessite une réhabilitation et il est recommandé de :

- Prévoir un couvercle étanche pour la cuve des eaux usées traitées ;
- Remplacer le gazomètre en géomembrane pour assurer le stockage du biogaz produit au niveau du RAC ;
- Remplacer la pompe au niveau de la cuve des eaux usées traitées ;
- Utiliser du PVC ou l'acier pour éviter le problème de fissuration du béton ;
- Etablir un guide d'entretien du système pour le propriétaire du ménage.

### *Digesteurs Agricoles à Biogaz*

Il existe trois digesteurs agricoles au niveau du village Ait Idir, mis en place en 2016 :

1. **Un digesteur agricole parallélépipédique au niveau du ménage de la famille Yamini Sghir d'un volume de 55m<sup>3</sup>.** Le propriétaire est la réutilisation des eaux usées traitées pour l'irrigation de l'orge au niveau de l'exploitation agricole près de l'oued de Dadès. Les problèmes de fonctionnement du digesteur agricole sont les suivants :
  - Le bac d'alimentation eaux usées/bouse est éloigné de l'étable d'où la difficulté de transporter les excréments du cheptel vers le bac ;
  - Bouchage au niveau de l'intersection de la conduite du bac d'alimentation et la conduite des eaux usées ;
  - Pas de stockage du biogaz suite à la détérioration de la géomembrane du gazomètre ;
  - Pannes fréquentes de la pompe au niveau du bassin de recueil des eaux usées traitées ;
  - Problème d'odeurs et moustiques au niveau de la cuve des eaux usées traitées.

Le digesteur peut être amélioré par les actions suivantes :

- Mise en place du bac d'alimentation bouse/eaux usées proche de l'étable ;
  - Prévoir un diamètre supérieur de la conduite au niveau du bac alimentation eaux usées/bouse (par exemple un diamètre de 160mm) pour éviter le problème de bouchage ;
  - Remplacer le gazomètre en géomembrane pour assurer le stockage du biogaz produit au niveau du RAC ;
  - Remplacer la pompe au niveau de la cuve des eaux usées traitées ;
  - Etablir un guide d'entretien du système pour le propriétaire du ménage ;
  - Prévoir un couvercle étanche de la cuve des eaux usées traitées pour éviter le problème des mauvaises odeurs et moustiques.
2. **Un digesteur agricole à dôme hémisphérique au niveau du ménage de la famille Addi Mazili d'un volume de 30 m<sup>3</sup>.** Le système présente les avantages suivants :

- Utilisation des eaux usées traitées par le digesteur pour l'irrigation d'une partie du jardin du ménage ;
- Alimentation en biogaz utilisé pour la cuisson pendant 1 heure/ jour.

Digesteur agricole présente un problème au niveau l'insuffisance de l'effluent d'élevage et donc Il ne produit pas assez de production de biogaz pour assurer une alimentation au niveau de la cuisine durant toute la journée.

3. Un digesteur agricole parallélépipédique au niveau de la maison d'hôtes Mogador Dar Moha d'un volume de 20 m<sup>3</sup>. Les eaux usées traitées issues du digesteur agricole sont réutilisées pour l'irrigation de l'exploitation agricole du. Les cultures irriguées sont : l'arboriculture (amandier – figuier – noyer) destinée à la commercialisation et les cultures maraichères (pomme de terre – oignon – fève) destinées à l'autoconsommation. Le système permet de produire un volume d'eaux usées traitées de 8m<sup>3</sup> chaque mois.

Le digesteur présente les problèmes suivants :

- Pas de stockage du biogaz produit ;
- Problème d'odeurs et de mouches au niveau du bassin de recueil des eaux usées traitées ;
- Consommation en énergie électrique importante pour le pompage des eaux usées traitées afin de les réutiliser en irrigation.

#### *Toilettes de Déshydratation et Séparation d'Urine TDSU*

Il existe trois toilettes de déshydratation et séparation d'urine (TDSU) au niveau du village Ait Idir :

- Au niveau du ménage de la famille Aït Ouamma ;
- Au niveau de l'école d'Aït Idir ;
- Au niveau du marché hebdomadaire d'Aït Idir.

#### *Conclusion*

La Figure 11 présente le degré de satisfaction des usagers des technologies par rapport aux objectifs fixés au début. Ce graphe a été élaboré en se basant sur les résultats des enquêtes et les visites des sites.

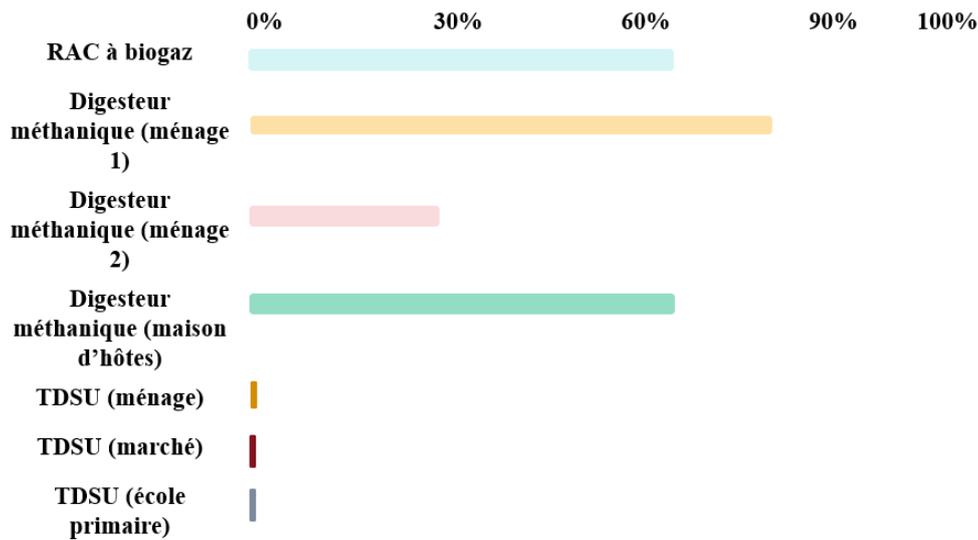


Figure 11 : Degré de satisfaction des usagers des technologies par rapport aux objectifs fixés au début

La Figure 11 montre des degrés de satisfaction différents entre les solutions existantes. Les visites sur terrain des sept sites ont permis de tirer les constats suivants :

- Il n’y a pas de stockage du biogaz, à l’exception du digesteur au niveau du ménage de Addi Mazili ;
- Les TDSU ne sont plus utilisées suite à la non acceptabilité sociale et la difficulté d’entretien. Cette technologie n’a pas été intégrée dans le contexte socio-culturel de la zone d’étude ;
- Les digesteurs et le réacteur anaérobie compartimenté sont utilisés uniquement pour la réutilisation des eaux usées traitées pour l’irrigation.

Il y a alors une sous valorisation du potentiel technique des 7 solutions existantes au niveau du village. Afin de promouvoir l’acceptation sociale de ces systèmes, il est nécessaire de prendre des mesures de sensibilisation de la population telles que l’organisation des formations en Arabe et en Amazigh, ainsi que l’établissement d’un guide d’entretien détaillé pour les propriétaires des sites pilotes.

#### Diagnostic de la situation d’assainissement au niveau des communes de la vallée de Dadès

L’état des lieux de la situation actuelle de l’assainissement au niveau des communes de la vallée de Dadès montre que les principaux problèmes sont liés à l’absence d’une infrastructure efficace d’assainissement des eaux usées (collecte, évacuation, traitement, décharge). En effet, l’alimentation des villages en eau potable en l’absence d’une collecte et d’un traitement des eaux usées génère une pollution qui affecte, outre la santé humaine et animale, les ressources hydriques et les sols, par le transfert des pollutions sur les cours d’eau ou sur les nappes du milieu récepteur. Ceci constitue une contrainte au développement social et économique et s’oppose à l’essor de certains secteurs tels que le tourisme au niveau de la vallée de Dadès.

L'ensemble des localités de la vallée est dépourvu de réseaux d'égouts. Le système d'assainissement adopté est individuel et consiste au rejet des eaux usées dans des puits perdus. Cette multitude de puits présente un véritable risque de contamination des nappes phréatiques.

La vidange est rarement faite, et sa pratique présente des risques sanitaires élevés pour les vidangeurs.

Il y a un manque d'informations et de sensibilisation de la population sur les modes et l'importance de l'assainissement et la réutilisation. Il est donc nécessaire d'organiser des formations sur les pratiques de l'épuration des eaux usées et les modes de valorisation des sous-produits, avant la mise en place de pilote sur terrain.

Concernant les ressources hydriques, le souci consiste aux difficultés techniques d'accès à l'eau, ainsi que les problèmes de conditionnement pour produire une qualité répondant aux normes de pureté et d'hygiène. Les conditions d'accès aux habitats oasiens, la dispersion et la nature des habitations à desservir constituent les principales contraintes de ce secteur.

L'amélioration de l'assainissement est une nécessité : c'est une condition de base pour le développement durable de la vallée de Dadès.

#### Diagnostic de la situation d'assainissement au niveau des unités touristiques de la vallée de Dadès

L'analyse de la situation actuelle de la gestion des eaux usées par les établissements touristiques étudiées montre que la vallée de Dadès est actuellement menacée par un manque d'assainissement. Le rejet à l'air libre des déchets liquides et solides sans aucun traitement préalable est considéré comme une source de pollution qui dégrade la quantité et la qualité des ressources hydriques souterraines et superficielles.

Le système d'assainissement adopté par les unités touristiques est un assainissement individuel qui consiste à rejeter les eaux usées dans des puits perdus. Lorsque le puits perdu est rempli, il est généralement abandonné et remplacé par un nouveau puits. En haute saison, la majorité des sites touristiques a recours à l'évacuation des eaux usées directement dans l'oued de Dadès, sans aucun traitement au préalable. En ce qui concerne la séparation des eaux grises et eaux noires, elle n'est adoptée que par 13% des sites enquêtés et consiste à acheminer les eaux grises vers un puits et les eaux noires vers un autre. Aucune unité touristique enquêtée n'a recours à la réutilisation des eaux usées.

Les conséquences de cette situation déficitaire de l'assainissement sont multiples, et se manifestent sur plusieurs domaines, à savoir la contribution à la propagation des maladies hydriques, la contamination des eaux superficielles et souterraines et à la dégradation du paysage des villages. Il est donc absolument nécessaire de prendre des mesures de protection de l'environnement et d'apporter des solutions adéquates aux différentes menaces afin de préserver les ressources naturelles dont jouit la vallée et sauvegarder son originalité.

## Choix et conception d'une solution d'assainissement adaptée pour un établissement touristique de la zone d'étude

Suite au diagnostic de la situation d'assainissement des unités touristiques de la vallée de Dadès, le constat est qu'il y a absence de traitement et réutilisation des eaux usées : le système d'assainissement consiste en un puits perdu ou le rejet direct dans l'Oued. Il est nécessaire alors d'adopter des pilotes pour les eaux usées afin de limiter la pollution du milieu naturel et conserver l'attractivité touristique de cette zone.

Deux types de filières d'assainissement peuvent être adoptés au niveau de la zone d'étude pour les unités touristiques, soit :

- Un assainissement semi collectif pour un groupement d'unités touristiques. En se basant sur les enquêtes, les groupes de discussions et les visites sur terrain, 10 unités touristiques groupées ont été favorables à l'implantation d'un pilote collectif, permettant de traiter leurs eaux usées. Ces unités se trouvent au niveau du village Ait Oufi de la commune Aït Sedrate Jbel Soufla.  
Pour le terrain de mise en place du pilote, un des propriétaires est prêt à confier un de ses propres terrains pour la mise en place du système. Les dimensions de cet espace sont de 23m x 8m.  
Le problème rencontré pour cette filière d'assainissement est l'acceptabilité sociale. En effet, l'espace se trouve entre deux campings dont les propriétaires ont refusé la mise en place du pilote. Leur souci était par rapport aux risques de nuisances olfactives et visuelles.
- Un assainissement individuel pour une seule unité touristique. Cette filière concerne la mise en place d'un pilote pour une unité touristique au niveau de la vallée de Dadès.

Le choix d'une unité touristique pour la mise en place du pilote s'est basé sur les critères suivants :

- Acceptabilité par le propriétaire : Sur les 30 unités enquêtées, 15 sont favorables à l'adoption d'un assainissement individuel ;
- Usage final des produits sortants : les 15 unités favorables à la mise en place du pilote disposent d'un jardin pouvant être irrigué par les eaux usées ;
- Espace disponible : sur les 15 unités, il existe 2 unités ayant un espace disponible et dont les propriétaires sont prêts à le réserver pour la mise en place du pilote ;
- Proximité : l'espace disponible pour le pilote au niveau de l'unité n°6 est très proche du site touristique.
- Accessibilité : l'unité touristique n°6 est accessible et les camions vidangeurs peuvent y accéder régulièrement.
- Existence d'un système d'irrigation localisée : l'unité n°6 dispose d'un système d'irrigation localisée au niveau du jardin.

L'unité choisie pour la conception du pilote est l'unité touristique n°6, se trouvant au village Ait Oufi de la commune Aït Sedrate Jbel Soufla, avec un espace disponible de 32 m<sup>2</sup>.

La solution préconisée pour l'unité touristique choisie comporte, de l'amont vers l'aval, les composantes suivantes :

- Un dégrilleur : permettant d'éliminer les solides inertes, tels que les déchets d'emballages ou le sable pour éviter l'obstruction ou l'accumulation de matières non digérables qui diminuent le volume de matières pouvant subir le traitement ;
- Le Réacteur Anaérobie Compartimenté : il est adapté à tous types d'eaux usées et présente les atouts suivants :
  - o Il nécessite un espace limité ;
  - o Il permet une réutilisation des eaux usées traitées ;
  - o Les principales opérations d'entretien et maintenance consistent à vidanger les boues de la fosse une fois tous les 1 à 3 ans ;
  - o Les coûts d'investissement d'un RAC sont moyens et les coûts opérationnels sont faibles : les coûts de construction et d'entretien sont généralement faibles selon la qualification de la main d'œuvre locale et de la disponibilité des matériaux ;
  - o Les performances d'épuration tournent autour 65 à 90 % de réduction de DCO et 70 à 95 % pour la DBO<sub>5</sub>.
- Un bassin de stockage des eaux usées traitées ;
- Une composante de valorisation à l'aval : un système d'irrigation localisé est déjà disponible au niveau du jardin de l'unité touristique.

Le dimensionnement du RAC a abouti au dispositif de la Figure 12.

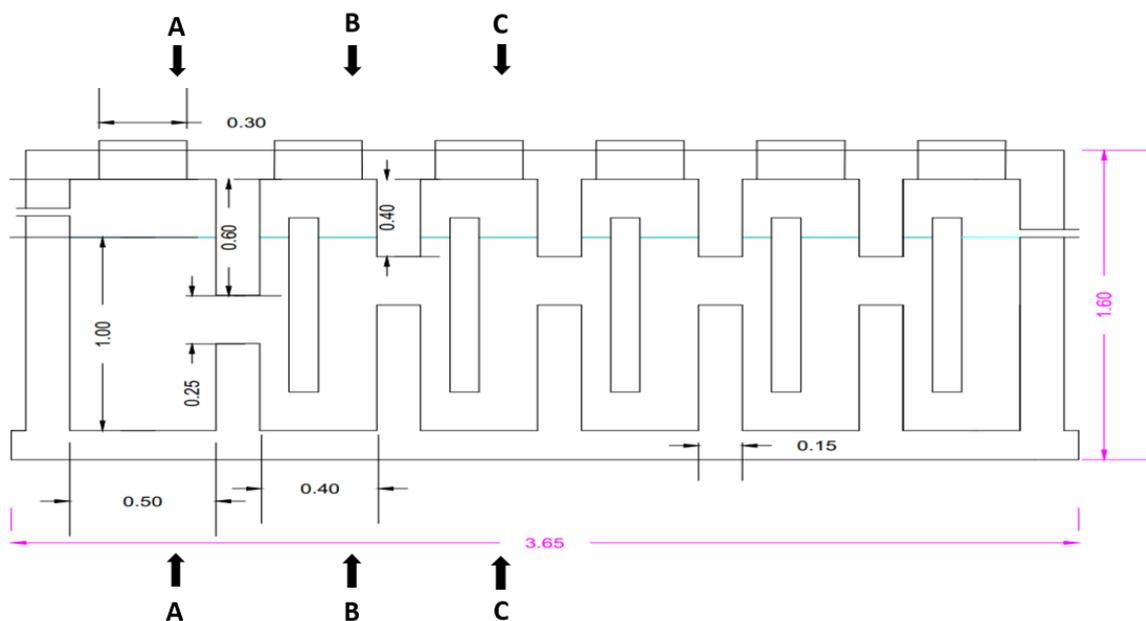


Figure 12 : Vue de profil du RAC classique 8 équivalent habitants dimensionné

Le RAC de la Figure 12 peut être amélioré en remplaçant les compartiments descendants par des tuyaux en PVC, permettant l'augmentation de la surface des compartiments ascendants pour un volume total donné. Cette amélioration permet de diminuer le coût, vu que les tuyaux en PVC sont moins chers, et faciliter le montage du RAC (Figure 13).

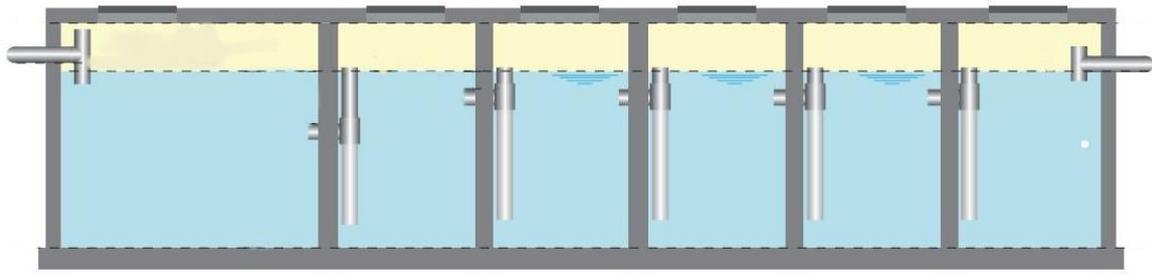


Figure 13 : RAC à compartiment descendant tubulaire(Programme AGIRE GIZ, 2020).

Ce modèle consiste à remplacer les différents compartiments par une série de tubes ascendants et descendants de diamètre variable (Figure 14) ;

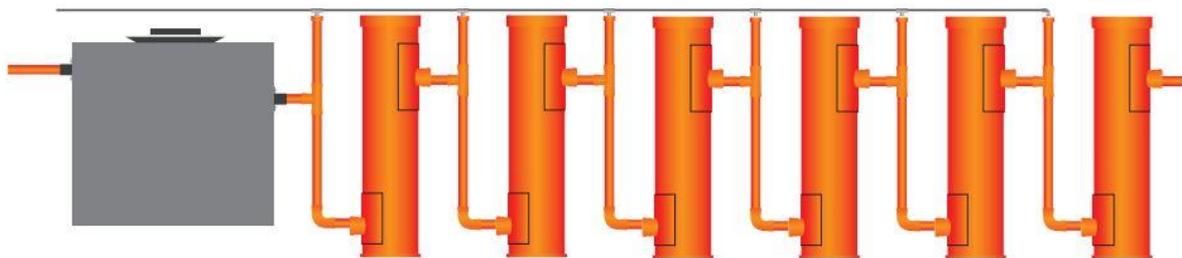


Figure 14 : RAC simplifié tubulaire (Configuration linéaire) : Vue générale (Programme AGIRE GIZ, 2020)

Si les eaux usées traitées répondent à la directive de l'OMS, elles peuvent être favorisées en agriculture sans avoir aucun risque potentiel sur l'environnement et sur la santé des agriculteurs ou de la population. Leur réutilisation est une solution prometteuse pour valoriser les nutriments présents dans ces eaux en tant qu'engrais, tout en préservant les ressources en eau de la vallée et son attractivité touristique.

Dans le présent cas d'étude, si les risques d'infection sont maîtrisés, les eaux usées obtenues par le RAC simplifié tubulaire dimensionné seront utilisées pour l'irrigation de la parcelle du site touristique par un système d'irrigation localisée.

## Conception d'un projet de réutilisation des eaux usées traitées en aval de la STEP de Tinghir

L'étude a pour objectif général la valorisation des EUT de la STEP de Tinghir ainsi que l'élaboration d'un système pour leur gestion. Les objectifs spécifiques consistent en :

- La réalisation de l'état des lieux et les possibilités liées l'élaboration d'un projet de REUSE ;
- La détermination d'une solution de traitement complémentaire adaptée, durable et peu coûteuse ;
- La détermination des différents scénarii de réutilisation des EUT de la STEP de Tinghir et le choix du scénario optimal.

Afin de mieux appréhender notre problématique, les questions suivantes se posent : Existe-il déjà un projet futur de REUSE de la STEP de Tinghir ? Quels sont les différents acteurs qui interviendront dans un projet de REUT dans la commune Tinghir ? Quelle sera la contribution

de ces différents acteurs pour la réussite d'un projet de REUT ? La STEP de Tinghir respecte-t-elle les normes de rejet ? Les agriculteurs interceptent-ils les EUT rejetées par la STEP de Tinghir pour irriguer leurs cultures ? Les EUT rejetées par la STEP de Tinghir s'infiltreront-elles vers la nappe ? Quel est le traitement complémentaire durable le plus adapté à la zone d'étude et moins coûteux ? Quels sont les différents scénarii de REUT possibles ? Quel sera l'acceptabilité des agriculteurs quant à la REUSE ?

Pour répondre à ces questions, un état des lieux a été réalisé en vue de l'élaboration d'un projet de REUSE. Ensuite, nous avons déterminé la solution adéquate qui permettrait la valorisation et une gestion durable des eaux usées traitées de la STEP de Tinghir.

Après l'examen de l'état des lieux, nous avons constaté que la STEP de Tinghir ne respecte pas les normes de rejet. Le gestionnaire ayant remarqué ce dysfonctionnement de la STEP, la commune et l'ONEE envisagent d'opter pour un nouveau procédé qui est le lagunage aéré.

Afin de mettre en place un système de valorisation des eaux usées traitées, en tenant compte des contraintes environnementales, financières et surtout techniques énoncées nous avons opté pour l'irrigation restrictive à accès limité en faveur de l'aménagement de l'espace paysager projeté de la commune de Tinghir. La possibilité de réutilisation de ces eaux usées traitées pour les zones oasiennes est toujours d'actualité, moyennant une étude après caractérisation des eaux sortant de la STEP.

Enfin, il est à signaler que face au stress hydrique important que connaît la zone oasienne, les différents acteurs sont prêts à tout mettre en place pour la réussite d'un projet de REUSE dans la commune de Tinghir.

Les résultats obtenus nécessiteraient des études plus poussées à savoir :

- Les performances de la STEP qui changeront dans la période 2022-2027 ;
- Le manque d'analyses précises et pertinentes sur les sols de la zone autour de la STEP pour d'éventuelles mise en place de traitement, ce qui pourrait faciliter la prise de décision pour des réutilisation comme la recharge de la nappe, etc. ;
- Le manque de données auprès des institutions qui traitent de la REUT, notamment des analyses portant sur les paramètres de réutilisation des eaux usées traités sans lesquels un choix adéquat de technologies de traitement est impossible.

Une étude plus approfondie et plus complète est nécessaire afin d'ajuster l'exactitude des dimensionnements. Nous parlons entre autres de :

- L'analyse et le sondage des horizons pédologiques ;
- L'analyse du contexte géologique de la zone d'étude ;
- Une étude de perméabilité de la zone d'implantation du traitement complémentaire (la zone de la STEP de Tinghir) ;
- Une étude sur la sensibilité environnementale et sanitaire (traces d'hydromorphies, proximité des périmètres de protection des zones de captage d'alimentation en eau potable, ...).

D'un autre côté avoir un traitement complémentaire performant ne suffit pas à garantir une qualité des eaux souhaitée. Il faut également que la STEP respecte les normes de rejet. Et pour assurer de bonnes performances épuratoires, le gestionnaire de la STEP doit adopter certaines bonnes pratiques qui sont entre autres :

- Le curage des bassins : se fait en moyenne tous les 8-10 ans ;
- Les observations des anomalies et dysfonctionnement : odeurs, pannes, by-pass d'effluent, pertes de boues, présence d'algues, couleur des effluents, prolifération d'animaux ou végétaux, ... ;
- Le relevage hebdomadaire des débits admis et/ou traités ;
- Le suivi épidémiologique et de la qualité des eaux ;
- Les bilans d'autosurveillance ;
- La vérification du bon écoulement de l'eau ;
- Le contrôle de l'état des géomembranes ;
- Le suivi et contrôle hebdomadaire du dégrilleur, dessableur ;
- Le nettoyage si nécessaire du dégrilleur ;
- Le suivi hebdomadaire des ouvrages d'autosurveillance (débitmètres, préleveurs, ...) et électromécaniques (pompes, capteurs, compteurs, ...) ;
- L'élaboration d'une fiche de vie détaillant les caractéristiques des différents ouvrages (principales références, marques et adresses des fournisseurs), toutes les interventions menées sur les ouvrages (vidanges, réparations, travaux, ...) et le nombre d'heures de fonctionnement de l'ouvrage à chaque intervention.

Les boues de la STEP de Tinghir n'étant pas valorisé, nous proposons comme procédé de valorisation des boues le co-compostage ou la poterie.

## Conclusion et recommandations

### *Vallée de Toudgha*

Le travail mené dans la vallée de Toudgha a consisté en l'identification de sites de collecte, de traitement et de réutilisation des eaux usées et la conception d'un projet pilote adapté aux zones oasiennes, en vue de développer, d'expérimenter et de partager une solution de traitement utilisant des technologies écologiques et peu coûteuses adaptées à la réutilisation des eaux usées pour des usages différents dans des zones oasiennes.

L'analyse du potentiel de la réutilisation des eaux usées traitées dans la zone d'action de l'ABH-GZR a permis de conclure que la zone se caractérise par un potentiel de REUSE élevé et que la valorisation dans le secteur agricole est la plus envisageable en raison de la place qu'occupe ce secteur dans le tissu économique de la zone. En plus, une atténuation importante du déficit des aquifères a été mise en évidence et ceci par l'allégement de la pression agricole sur les eaux souterraines surexploitées. La réutilisation des effluents traités actuellement (capacité de 5.36 Mm<sup>3</sup>/an) à des fins d'irrigation pourrait substituer près de 3,44 % de l'eau agricole pompée à partir des nappes et réduire le déficit annuel moyen global à l'échelle de tous les bassins en matière des entrées et des sorties des systèmes aquifères jusqu'à 22,9 %.

L'étude des performances épuratoires de la STEP de Tinghir et les analyses effectuées sur les eaux usées brutes et les eaux usées traitées pour cette station, ont permis de conclure que :

- Les concentrations des principaux paramètres globaux de pollution (MES, DBO<sub>5</sub> et DCO) mesurées à l'entrée de la STEP durant les cinq premiers mois de l'année 2021 connaissent des variations mensuelles significatives et se trouvent des fois en dehors des fourchettes habituelles des eaux usées urbaines marocaines ;
- Les concentrations des paramètres physico-chimiques (DBO<sub>5</sub>, DCO et MES) à la sortie de la STEP sont non conformes aux normes marocaines de rejet ;
- Les rendements épuratoires sont moins satisfaisants par rapport aux pourcentages minimaux de réduction fixés par la directive européenne n° 91/271 du 21/05/1991 ;
- Aucun ouvrage d'épuration ne respecte les règles de conception assurant un fonctionnement normal de la STEP.

Les résultats des enquêtes et des observations de terrain ont amené à conclure que :

- Les problèmes sanitaires et environnementaux existants dans les centres ruraux de la vallée de Toudgha sont réels mais aucun impact direct sur la santé de la population n'est confirmé (parmi 28 personnes questionnées, 8 personnes pensent que leurs maladies ont un lien avec les rejets des eaux usées). Cependant, le seul véritable risque environnemental et sanitaire, est en particulier celui lié à la contamination des nappes phréatiques à cause des puits perdus très denses et qui peut s'aggraver dans le future suite à l'accumulation des polluants et aux tendances croissantes des populations. En plus, il existe des dérangements liés aux rejets tels que les mauvaises odeurs, la prolifération des insectes et des rongeurs et l'insalubrité ;
- Les quantités d'eaux usées générées sont relativement faibles contrairement au milieu urbain ;
- La demande et les besoins de population rurale en assainissement sont urgents et constituent la préoccupation majeure des villageois ;
- L'évaluation des appréhensions des habitants vis à vis la REUT a montré un manque de connaissances en matière d'épuration et de REUT ;
- Les spécificités du milieu exigent une réflexion différente concernant les problématiques de l'assainissement et du traitement : Les différences par rapport au milieu urbain ont des conséquences sur tous les plans relatifs à l'assainissement à savoir les technologies adaptées, la planification, le financement et la gestion participative. Il s'est avéré que l'échelle rurale s'accommode mal de technologies d'assainissement collectif, que ce soit pour les coûts d'investissement, la capacité des ménages de participer au financement ou les capacités techniques d'exploitation. Ces spécificités vont conduire à envisager plutôt des solutions techniques d'assainissement non collectif (assainissement autonome ou semi-collectif) pour la majeure partie des douars.

L'analyse bibliographique et les enquêtes et les investigations de terrain ont montré que le RAC simplifié tubulaire est la technologie la plus adaptée au contexte oasien et rural étudié. Ce permet la génération d'effluents potentiellement réutilisables. Ainsi, l'analyse économique a démontré que les coûts d'investissement qui l'en sont liés sont abordables.

Compte tenu de ce qui précède et dans la perspective de compléter l'étude Il recommandé ce qui suit :

- La démarche proposée pour l'évaluation du potentiel de la REUSE a été appliquée sur une échelle étendue pour avoir une idée globale sur l'importance de ce potentiel, il est recommandé, avant l'implantation de projets réels, de réaliser des études plus approfondies au cas par cas ;
- Le débit généré par la STEP de Tinghir est très important vu les conditions hydriques de la zone, il convient donc de le valoriser. Pour cela il est recommandé ce qui suit :
  - Afin d'améliorer la performance épuratoire de la STEP, nous recommandons un curage immédiat des bassins anaérobies, et l'adoption d'une fréquence de curage plus élevée (>1/5 ans-1 adoptée actuellement) afin d'assurer les temps de séjour répondant au fonctionnement normal du système épuratoire type lagunage. Ainsi, il faut veiller à l'entretien et à la maintenance des ouvrages de la STEP afin de garantir leur pérennité ;
  - Faire des études plus poussées pour identifier le scénario de REUSE le plus important parmi ceux que nous avons identifié et réaliser des études de faisabilité technico-économique pour le choix du traitement complémentaire le plus approprié.
- Mettre en place la solution du RAC développée dans cette étude et la reproduire au niveau d'autres établissements touristiques, vu l'adaptabilité de cette technique qui nécessite moins d'espace, limite les rejets dans le milieu naturel s'elle est généralisée et assure un traitement qui permet l'utilisation de l'effluent, le tout avec un coût d'investissement abordable ;
- Poursuivre l'étude de valorisation du biogaz et des boues issues du RAC, et pousser l'étude relative à la REUSE ;
- Elaborer un guide technique qui fournit des feuilles de calcul simplifiées pour le dimensionnement et l'estimation des coûts pour les autres techniques d'assainissement individuels comme celles que nous avons élaboré pour le cas du RAC.

### **Vallée de Dadès**

L'étude réalisée dans la vallée de Dadès avait pour objectif la conception et le dimensionnement d'une solution de collecte, traitement et réutilisation des eaux usées adaptée aux unités touristiques de la vallée de Dadès.

La méthodologie de travail a consisté à effectuer des recherches bibliographiques en relation avec la thématique de l'étude, des enquêtes et entretiens avec la population et les acteurs locaux et des visites sur terrain.

L'analyse des données collectées a permis de tirer les conclusions suivantes :

- La visite des sept pilotes installés en 2016 au niveau du village Ait Idir a montré des défaillances du fonctionnement de l'ensemble des systèmes, dues principalement au manque d'entretien et de maintenance par les usagers, à l'exception d'un digesteur à biogaz ;
- Des propositions de réhabilitation ont été formulées pour chaque pilote ;

- Les systèmes d’assainissement liquide, aussi bien au niveau des ménages que des unités touristiques, se limitent généralement à des puits perdus réalisés par la population locale sans aucun encadrement technique ;
- La séparation des eaux usées grises et noires est effectuée par un faible taux de ménages et unités touristiques enquêtés (13% de l’échantillon enquêté : 15 ménages et 30 unités touristiques) ;
- La vidange des puits perdus est adoptée par 33% des ménages, alors qu’elle n’est pratiquée que par 13% des unités touristiques ;
- En haute saison, les unités touristiques rejettent leurs eaux usées directement dans l’oued de Dadès ;
- A l’exception des pilotes du village Ait Idir, il n’y a aucune pratique de traitement et réutilisation des eaux usées au niveau des ménages et sites touristiques enquêtés ;

L’adhésion aux projets d’installation de pilote d’assainissement autonome dépend essentiellement de l’acceptabilité sociale dans la zone d’étude. En effet, le premier critère de sélection d’une unité touristique pour la mise en place de la solution de collecte, traitement et réutilisation des eaux usées était l’accord et l’engagement de son propriétaire.

En tenant compte des facteurs physiques, naturels et sociaux caractérisant la zone d’étude, nous avons opté pour une technologie moins exigeante en matière d’entretien et de maintenance, facile à mettre en place, ne nécessitant pas une grande surface pour l’installation, permettant une réutilisation des eaux usées pour l’irrigation du jardin du site touristique et dont le coût d’investissement est abordable. Ainsi, la solution proposée est le réacteur anaérobie compartimenté simplifié tubulaire avec 2 modules de 8 équivalent habitants et à 6 compartiments chacun, et avec un support de biomasse.

En ce qui concerne la réutilisation, les eaux usées issues du RAC permettent de couvrir totalement le besoin mensuel minimum d’un hectare des cultures suivantes : palmier, olivier, amandier, grenadier, pommier, poirier au niveau du jardin de l’unité touristique.

Les principales recommandations et considérations futures issues de cette étude sont :

- Adoption d’une approche participative impliquant la population locale à toutes les phases du projet notamment au niveau de la préparation, l’identification, la conception et la réalisation du projet (le choix des sites, les systèmes d’épuration et le mode d’utilisation des eaux usées épurées) afin d’en assurer une exploitation et une gestion durable ;
- Sensibilisation sur le danger du rejet et l’utilisation des eaux usées brutes ;
- Organisation des campagnes de sensibilisation sur les avantages de la réutilisation des eaux usées épurées ;
- Organisation des ateliers de formation en faveur des usagers sur le fonctionnement technique, l’entretien et la maintenance des pilotes ;
- Formation des techniciens des communes et de la population rurale sur l’entretien et la mise en bon fonctionnement des technologies adoptées ;
- Elaboration des fiches techniques sur l’entretien et la maintenance des systèmes en langue Arabe et Amazigh ;

- Engagement et adhésion des usagers pour la réussite du projet ;
- Généralisation de la technologie RAC aux autres unités touristiques de la vallée de Dadès ;
- Réalisation des études sur la valorisation des boues issues du RAC ;
- Analyse de la qualité des eaux issues du RAC, et le suivi de leur impact sur la qualité des sols et des eaux souterraines ;
- Recherche des sources de financement pour les projets d'assainissement.