

Morocco WPM Watershed Protection and Management Task Order No. 814 under the BIOFOR IQC

Contract No. LAG-I-00-99-00014-00

Etude de Mise en Place d'un Système de Traitement et de Réutilisation des Eaux Usées - Localité d'Aït Mimoun Monographie de la zone d'étude, filière technologique d'épuration et options de réutilisation

*Study of the implementation of a wastewater treatment and reuse system for the village of
Ait Mimoun. Monograph of the study area, selected technology, and reuse options*

Submitted to:
U.S. Agency for International Development
Submitted by:
Chemonics International Inc.



April 2003



CHEMONICS

This publication was made possible through support provided by the U.S. Agency for International Development, under the terms of Award No. LAG-I-00-99-00014-00. The opinions expressed herein are those of the author(s) and do not necessarily reflect the views of the U.S. Agency for International Development.

**Secrétariat d'Etat
Chargé de l'Environnement**

Projet WPM

**Etude de Mise en Place d'un Système
de Traitement et de Réutilisation
des Eaux Usées - *Localité d'Aït Mimoun***

**Monographie de la zone d'étude, filière
technologique d'épuration et options de
réutilisation**

avril 2003

Table des matières

	Page (s)
I. INTRODUCTION	3
II. OBJECTIFS DE L'ETUDE	4
II. 1. Objectif global	4
II.2. Objectifs spécifiques	
III. PRESENTATION DE LA ZONE D'ETUDE : ENVIRONNEMENT ET CONTEXTE SOCIO-ECONOMIQUE	4
III.1. Situation de la zone d'étude	4
III.2. Cadre physique et ressources en eaux et en sols	5
III.2.1. Climat	5
III.2.2. Géologie et géomorphologie	7
III.2.3. Sols	9
III.2.4. Ressources en eau	12
III.2.5. Occupation des sols	12
III.2.6. Activités socio-économiques	
III.2.7. Activités associatives	12
IV. DONNEES DE BASE	17
IV.1. Introduction	17
IV.2. Site de la STEP	17
IV. 3. Population	18
IV.4 Consommation en eau potable	18
IV.5. Production des eaux usées	19
IV.4. Caractérisation des eaux usées brutes	20
V. CHOIX DE LA FILIERE TECHNOLOGIQUE	20
V.1. Point sur les expériences marocaines	20
V.2. Comparaison des filières de traitement	21
V.2.1. Performances épuratoires	21
V.2.2. Coûts	23
VI. DIMENSIONNEMENT DE LA FILIERE D'EPURATION RETENUE	25
VI.1. Rappel des bases de dimensionnement	25
VI.2. Scénarios de dimensionnement	25
VI.3. Dimensionnement des bassins	26
VI.4. Pré – traitements	30
VI.5. Superficie totale requise	30
VII. RECOMMANDATIONS TECHNIQUES	31
VII.1. Gestion de la contrainte des vents	31
VII.2. Aménagement et gestion des bassins	31
VIII. OPTIONS DE REUTILISATION	33
VIII. 1. Réutilisation des eaux usées épurées	33
VIII.1.1. Options de valorisation	33
VIII.1.2. Choix de cultures ou d'autres espèces végétales	33
VIII.1.3. Besoins en eau des cultures	34
VIII.1.4. Système d'irrigation	34

VIII.1.5. Scénarios de valorisation des eaux	35
VIII.2. Valorisation des boues résiduaires	38
VIII.2.1. Quantités de boues produites	38
VIII.2.2 Valeur fertilisante minérale	38
VIII.2.3. Valeur organique	38
VIII.2.4. Modalités d'utilisation	38
VIII.3. Récupération et valorisation du biogaz	39
IX. Impact du projet : gains économiques	41
IX.1. Gain de l'eau d'irrigation	41
IX.2. Gain en éléments fertilisants	42
IX.3. Gain en rendement agricole	43
IX.4. Gain généré par le biogaz	43
IX.5. Gain généré par les boues résiduaires	43
IX.6. Gains divers	44
X. Impact du projet : aspects sanitaires et environnementaux	44
X.1. Introduction	44
XI.2. Impact du projet sur la réduction de la pollution	44
X.3. Impact sanitaire	46
XI. Aspects organisationnels de la réutilisation des eaux usées	47
XII. Système de suivi et de surveillance	48
XIII. Eléments d'analyses coûts – avantages	50
XIII.1. gains générés	50
XIII.2. Vente de l'eau	50
XIII.3. Coûts d'investissement pour la réalisation de la STEP	50
XIII. 4. Coût d'exploitation	50
Références	52

I. INTRODUCTION

La majorité des pays méditerranéens sont caractérisés par l'aridité de leur climat et par l'irrégularité du régime des précipitations et voient leur déficit hydrique s'accroître au fil des années. En effet, les estimations prévisionnelles effectuées par la Banque Mondiale ont déclenché la sonnette d'alarme dans la mesure où les ressources hydriques renouvelables par habitant pour les pays du sud de la Méditerranée, incluant la Turquie, la Syrie, la Jordanie et Chypre, seront dans la catégorie des pays en situation de "stress hydrique chronique" en l'an 2020. Les ressources hydriques qui étaient de 800 m³/an en 1990, chuteront à 400 m³/habitant.an.

La réutilisation des eaux usées doit être partie intégrante de la gestion quantitative et qualitative de l'eau à l'échelle d'un bassin versant hydrographique.

L'intérêt de la réutilisation des eaux usées épurées en agriculture ou pour l'arrosage des espaces verts, comme ressource additionnelle en eau, n'est plus à démontrer dans ces contextes. Récemment, au Maroc cet aspect commence à recevoir une attention particulière et ce dans les deux dernières sessions du Conseil Supérieur de l'Eau et du Climat (CSEC, 1994 et 2001). Les eaux usées épurées constituent également une source d'éléments nutritifs fertilisants et permettent ainsi de générer un gain économique

Sur le plan quantitatif, le bilan actuel des ressources en eau dans le Souss Massa exprime un déficit important : de 100 à 150 Millions de m³ par an pour les eaux de surface et de 260 Millions de m³ pour le cas des eaux souterraines. Celle-ci subit un déstockage continu qui se traduit par une baisse généralisée du niveau piézométrique.

II. OBJECTIFS DE L'ETUDE

II. 1. Objectif global : Dissémination l'approche et pérenniser les ressources en eau

Toujours dans le cadre du même objectif visant la protection, la pérennité et l'économie de l'eau, le projet WPM vient faire suite au projet PREM. Ainsi, l'objectif de la composante « Traitement & Réutilisation des eaux usées » consiste en le transfert et la dissémination de l'approche méthodologique acquise dans la commune de Drarga et à d'autres centres et/ou communes dans la région de Souss Massa.

II.2. Objectifs spécifiques

Durant cette phase de dissémination des acquis en matière de traitement – réutilisation des eaux usées, et après avoir accompli une étude de diagnostic préliminaire ayant permis de choisir la zone d' Aït Mimoun comme site de l'étude, le projet WPM s'est fixé les objectifs spécifiques suivants :

- (i) Réaliser l'étude de faisabilité de mise en place d'un système complet assainissement – épuration - réutilisation des eaux usées et de ses sous produits. Par rapport au projet Drarga, le présent projet inclut la composante relative à l'étude de mise en place d'un réseau d'assainissement.
- (ii) Organiser, accompagner et assister les associations et les communes concernées dans le processus de recherche de fond et dans la mise en œuvre du projet

Durant les différentes étapes de réalisation de ces objectifs, le projet WPM adopte la démarche participative à différentes échelles :

- Implication des associations à toutes les étapes
- Implication, sensibilisation et information de la population concernée
- Implication des organismes concernés à travers des ateliers réunissant le Comité Régional réunissant tous les représentants des organismes concernés signataires de la convention

Cette approche participative, ayant déjà donné ses fruits dans le cadre du projet PREM, permet de mettre en place les mécanismes de coordination , de concertation et de validation des différentes options proposées par l'étude.

III. PRESENTATION DE LA ZONE D'ETUDE : ENVIRONNEMENT ET CONTEXTE SOCIO-ECONOMIQUE

III.1. Situation de la zone d'étude

La zone d'étude est située dans la plaine du Souss Massa à l'Ouest de la route principale reliant Agadir et Tiznit. La carte 1 permet de situer cette zone par rapport à la ville d'Agadir et par rapport au site de

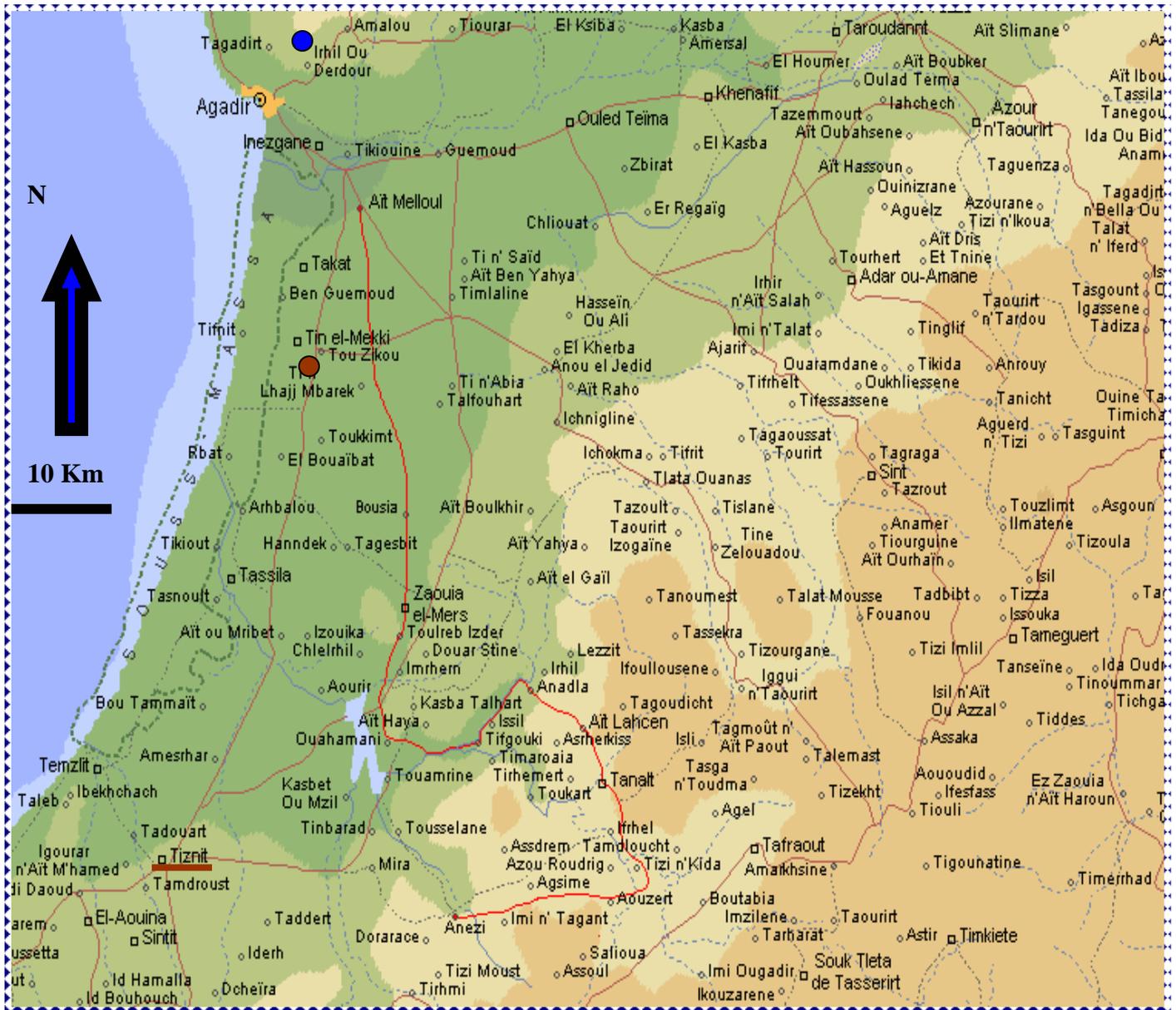
Drarga. La zone d'étude couvre trois douars : Kherba Ouled Mimoun, Alet Soualem dont la situation est indiquée sur la carte 2.

III.2. Cadre physique et ressources en eaux et en sols

III.2.1. Climat

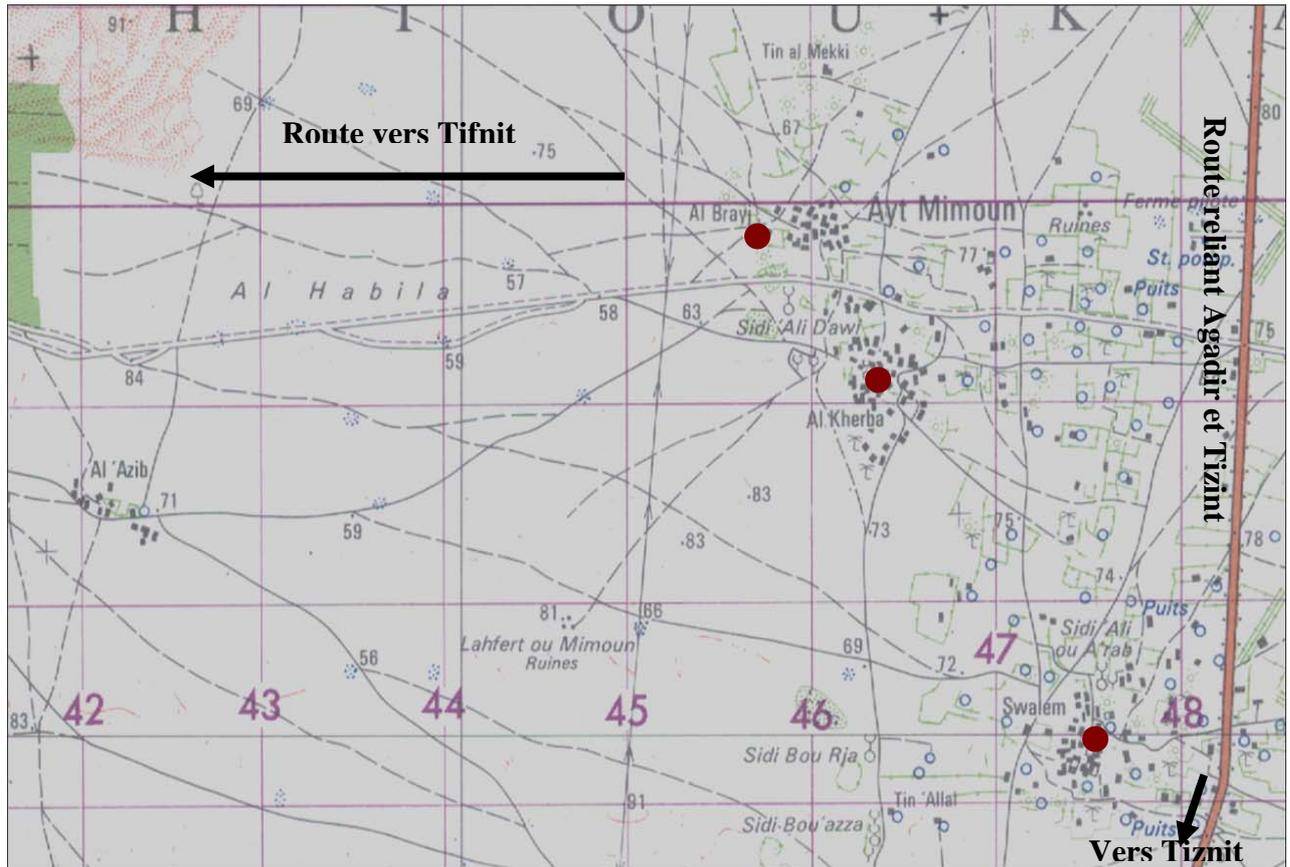
Le climat de la zone d'étude est de type aride atténué par l'influence océanique le long du littoral. La hauteur moyenne des précipitations , en année normale, ne dépasse pas les 210 mm. La succession des années de sécheresse qui ont sévi après 1980 ont occasionné un déficit pluviométrique de 25 à 50 % (Note préparée pour le Comité de l'Eau par la DRH d'Agadir).

Cette zone est aussi caractérisée par des vents chauds occasionnels (le Chergui) et par des vents soufflant de l'atlantique qui sont responsables du phénomène d'ensablement.



Carte 1. Situation approximative de la zone d'étude par rapport à la ville d'Agadir et par rapport à Drarga (Site du Projet PREM).

- Drarga
- Aït Mimoun



Carte 2. Localisation des douars concernées par rapport à la zone d'étude

III.2.2. Géologie et géomorphologie

La zone étudiée fait partie de la plaine du Souss Massa au Sud du haut Atlas. Le substrat géologique à l'échelle locale est constitué de calcaire lacustre et de grès dunaire du quaternaire ancien et du pliocène. Le calcaire lacustre, plus épais (10 à 15 m) au Nord - Ouest dans la zone d'Aït Melloul, devient moins épais près du littoral vers Tifnit (environ 2 à 5 m). Les grès dunaires, par contre, sont beaucoup plus épais (30 – 50 m).

Etant proche du littoral atlantique, la zone d'étude est soumise à une forte érosion éolienne en raison des vents forts de l'Ouest et de la nature friable des matériaux. En plus, le couvert végétal complètement défriché, laisse la zone d'étude exposée à l'ensablement. L'essentiel des formations du quaternaire récent est constitué de sables fins.

Les sols qui s'y sont développés sur des grès dunaires calcaires ou sur le calcaire lacustre sont souvent recouverts de voile sableux plus ou moins épais selon la topographie du terrain et l'éloignement du littoral. Des dunes de sable, vives, sont perceptibles dans le périmètre étudié

Sur le plan lithologique, la zone d'étude se caractérise par la succession des matériaux géologiques représentée par la figure 1 relatant les résultats de deux sondages effectués par la DRH. Ces coupes nous montrent trois principaux types de matériaux, d'épaisseurs variables selon les endroits, qui se succèdent : le grès dunaire, le sable et des bandes intercalaires de calcaire blanc mélangé ou non avec du sable.

Cette lithologie s'apparente globalement à celle décrite par la DRH d'Agadir. En effet, l'aquifère principale de la plaine de Chtouka Aït Baha se caractérise par les grès dunaires à passées sableuses et niveaux de calcaires lacustres intercalaires. Une bande de sable assez large de l'ordre de 10 km longe le littoral.

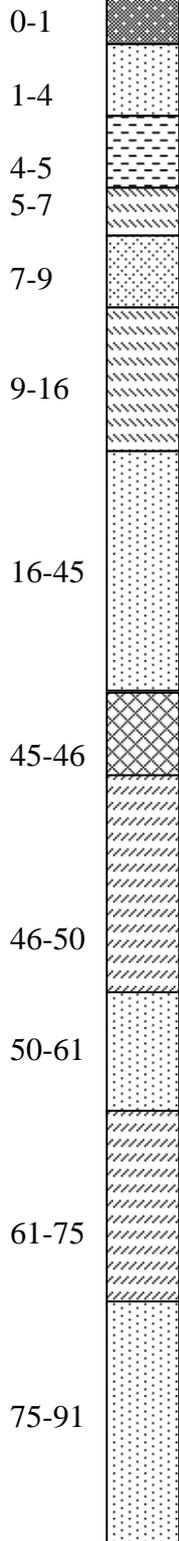
Figure 1. Coupes lithologiques représentatives de la zone d'étude (Ait Mimoun) adaptées selon les données de la DRH d'Agadir

Sondage N° IRE: 1224/69

X : 101,650

Y : 360,700

Z: 74

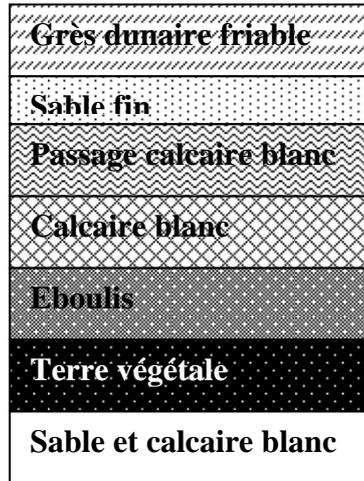
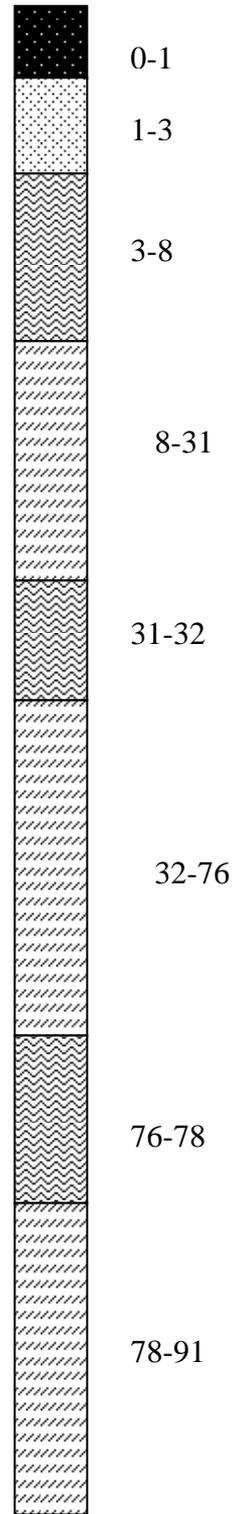


Sondage N°. IRE 1225/69

X : 99,700

Y : 361,650

Z : 70,50



Echelle des couches non respectée

III.2.3. Sols

Les travaux de reconnaissance des sols, réalisés lors de l'étude préliminaire de diagnostic, a permis de distinguer quatre unités de sols dont l'étendue et la localisation sont illustrées par la carte 3.

Unité 1. Les sols minéraux bruts d'apport éolien

Ces sols sont de texture très grossière et très profonds. Il s'agit de dunes de sable non consolidé localisées au Nord de la zone.

Unité 2. les sols peu évolués d'apport éolien

Ces sols sont de texture grossière sur dalle de calcaire lacustre et peu profonds. Cette unité s'étend de Sidi Ali Dawi et Al Kharba au nord Est vers les ruines de Lahfert ou Mimoun au Sud -Ouest sur une croûte de calcaire lacustre. Cette zone est soumise à l'érosion éolienne en raison de sa topographie élevée par rapport à son entourage. L'épaisseur du sol ne dépasse guère les 25 cm.

Unité 3. Sols calcimagnésiques bruns calcaires à caractère hdromorphe

Sols de texture équilibrée et très profonds. Il s'agit de sols localisés dans une large dépression à l'Ouest du périmètre. Les eaux de ruissellement issues des collines avoisinantes s'accumulent dans cette dépression.

Unité 4. Sols calcimagnésiques bruns calcaires ensablés

Il s'agit de sols très profonds à texture grossière en surface et équilibrée en profondeur. Ce sont les sols typiques de la zone d'étude. Les sols de cette unité présentent un voile sableux superficiel de 20 à 30 cm où la teneur en sable dépasse largement 80 %. Ces sables sont à plus de 70 % fins. La teneur en argile est de l'ordre de 5 à 7 %. Les horizons profonds contiennent entre 11 et 20 % d'argile. Ainsi, la texture franchement sableuse en surface, devient limono - sableuse en profondeur.

La teneur en calcaire totale augmente avec la profondeur en passant de 10 à 15 % dans l'horizon de surface à plus de 30 % en profondeur. La présence de granules calcaires témoigne d'une certaine dynamique de calcaire vers le bas du profil.

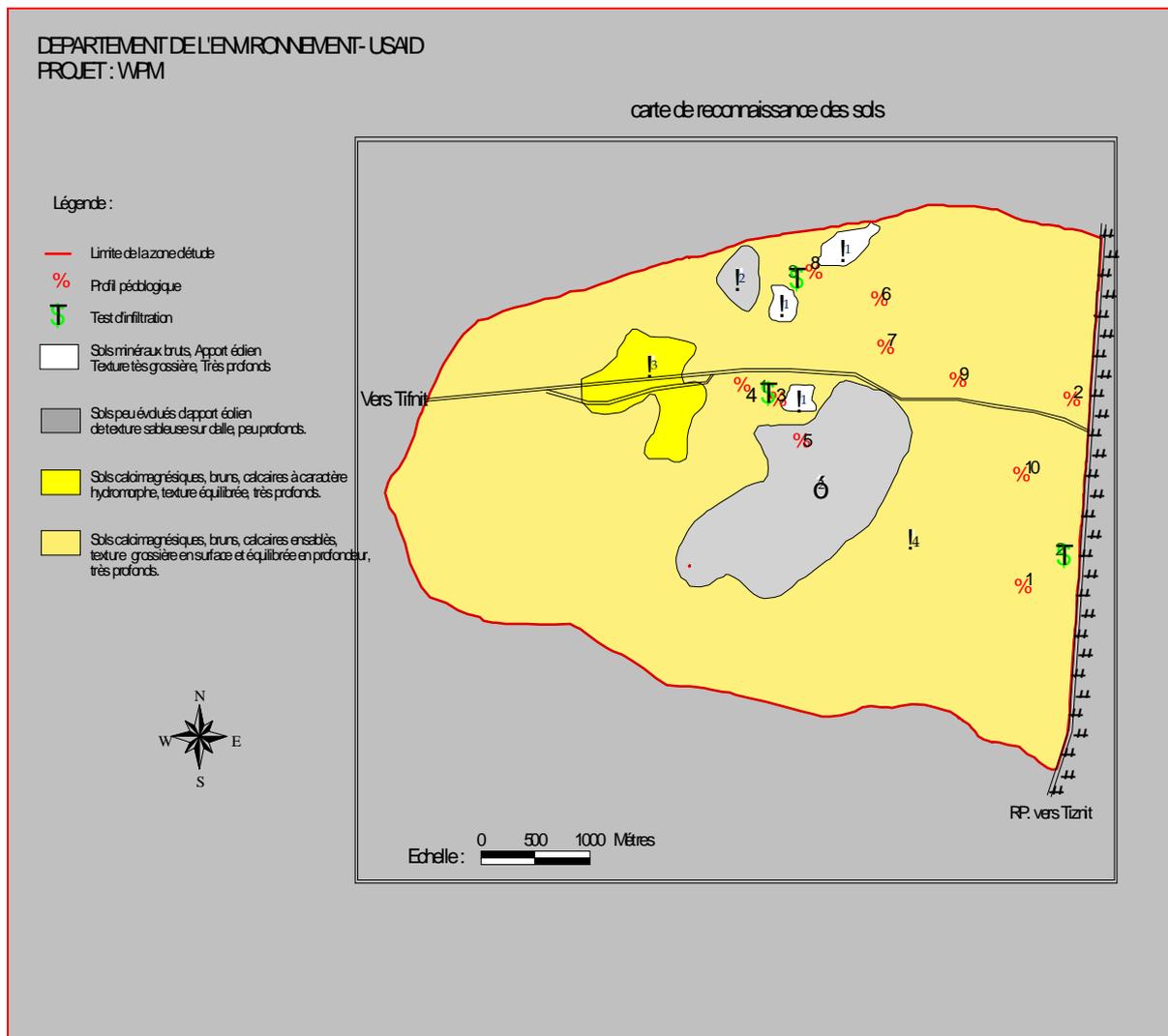
Le pH est franchement alcalin. Les sols ne sont pas salés. La conductivité électrique (CE) demeure très faible (< 0.2 mS/cm). La teneur en matière organique est faible dans l'entièreté du profil (< 1 %).

Les sols du périmètre ont une capacité de rétention en eau (Hcc) moyenne à faible en surface à raison de la dominance du sable. Cependant, la grande profondeur et la texture limono - sableuse dans les couches sous jacentes améliore significativement la capacité de rétention d'eau et par conséquent la réserve utile. Celle-ci est évaluée à 120 mm dans les 100 premiers cm du sol.

La perméabilité verticale, déterminée par la méthode de double anneau, est comprise entre 15 et 26 cm/h. Cette perméabilité est qualifiée de rapide à très rapide conformément aux normes marocaines.

Au total, on peut extraire de l'étude des sols de la zone d'étude les principales caractéristiques suivantes:

- Sols à texture dominée par la fraction sableuse
- Moyennement profonds à profonds
- Calcaires
- Non salés
- Non à peu caillouteux
- Très perméables.



Carte 3. Carte de reconnaissance des sols de la zone d'étude (carte disponible sur SIG)

III.2.4. Ressources en eau

Etant donné le lien étroit entre la thématique du projet et les ressources en eaux souterraines, il est jugé utile de rappeler quelques caractéristiques de la nappe de la zone d'étude. Celle-ci fait partie de l'aquifère de Chtouka Aït Baha constitué du grès dunaire à faciès sableux et des niveaux calcaires intercalés du Quaternaire et du Villafranchien. L'épaisseur de la nappe varie entre 50 et 300 m dans la région de Biougra (CSEC, 2001).

Dans la zone d'étude, la nappe se trouvant sur le cordon dunaire est moyennement profonde (65 m). Les niveaux piézométriques, mesurés lors de l'étude de diagnostic dans 13 puits représentatifs de la zone, ont varié de 40 à 47 m.

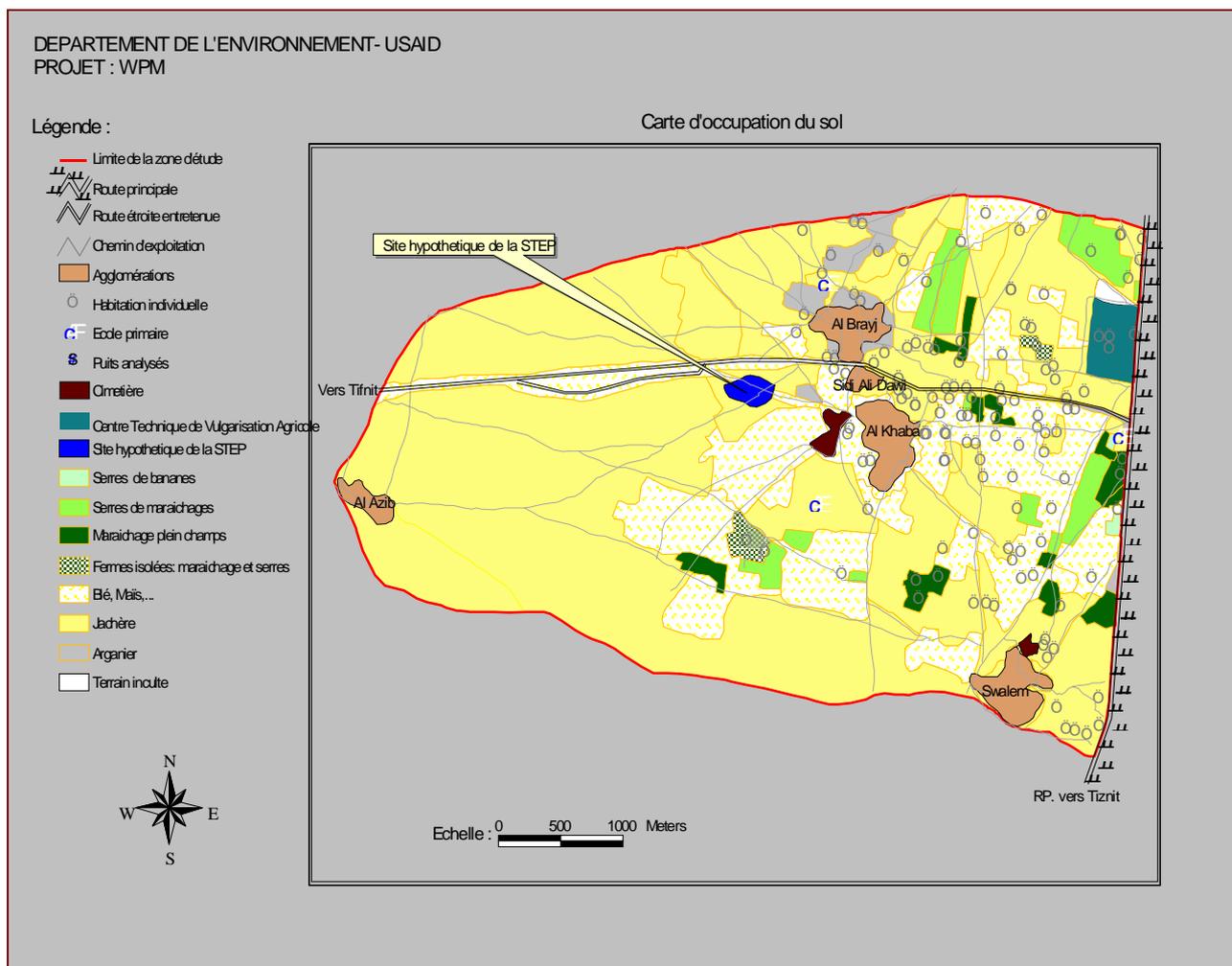
A l'instar de des autres localités de la région de Souss Massa, les ressources en eaux souterraines de la zone d'étude sont soumises, en plus de la sur – exploitation, à une menace de détérioration de leur qualité à cause d'une pollution diffuse générée par le développement progressif d'une agriculture hautement consommatrice des produits agrochimiques (engrais et pesticides) et à cause des infiltrations des eaux usées des agglomérations (des douars dont la taille moyenne varie entre 1 500 et 2 500 habitants) non dotés de réseaux d'assainissement. Le mode commun d'évacuation est le puits perdu. Soulignons à ce niveau que l'eau à usage agricole et à usage d'eau potable sont puisées dans la même nappe superficielle.

III.2.5. Occupation des sols

Globalement, la zone de l'étude représente assez bien la commune de Sidi Bibi en termes d'activités agricoles. Pour le cas de cette zone, il a été procédé à l'établissement d'une carte d'occupation du sol qui relate les habitations groupées et isolées, les différentes occupations agricoles ainsi que les principales infrastructures (Carte 4). Cette carte a été établie en deux étapes: une première étape d'exploitation des photo-aériennes (échelle 1 :17 500) recueillies auprès de la Province de Biougra et une seconde étape de vérification sur terrain en vue d'actualiser l'occupation et d'intégrer les changements qui se sont opérés après 1996 date de la prise des photo-aériennes.

Comme on peut le constater sur la carte d'occupation du sol et sur le tableau 1, la majeure partie de la SAU est occupée par les céréales en bour (cultivées en agriculture pluviale) et le jachère (plus de 900 ha). Si on compare la vue aérienne de 1996 avec l'occupation actuelle, on constate un développement important des cultures maraîchères sous serre (44 ha) et en plein champ (30 ha).

Malgré le développement de l'irrigation dans la région, on constate qu'une part importante de la superficie cultivable globale est soumise à une agriculture pluviale. L'irrigation se base essentiellement sur le pompage des eaux souterraines.



Carte 4. Occupation du sol et site de la STEP (carte disponible sur SIG)

Tableau 1. Données sur l'occupation du sol dans la zone d'étude (planimétrie sur carte SIG élaborée lors de l'étude préliminaire de diagnostic)

Type d'occupation	Superficie en Ha
Serres de bananes	2,3
Serres de maraichages	67,4
Maraichage à plein champs	42,2
Fermes isolées: maraichage et serres	11,4
Céréaliculture:Blé, Maïs,...	466,3
Terrains non cultivées	1227,1
Arganier	25,0
Terrain inculte	3,5
Zones d'habitation	84,5
Centre Technique de Vulgarisation Agricole	21,2
Total	1950,9

Une application SIG fournie sur CD-Rom en annexe du rapport préliminaire de diagnostic, permet de visualiser l'occupation du sol et de lui superposer la carte de reconnaissance des sols ainsi que les différents points d'observation et de mesures.

III.2.6. Activités socio-économiques

Sur le plan démographique, la population de la zone d'étude s'élève actuellement à près de 4 400 habitants. Il a été jugé utile à ce niveau de rapporter dans ce qui suit quelques statistiques relatées par la Direction de Statistique en 1994:

- Le nombre de personnes par ménage est en moyenne de 5.
- Plus de 50 % de la population appartient à la tranche d'âge de 15 - 56 ans et plus de 30 % ont moins de 15 ans.
- Le taux de scolarisation est de l'ordre de 69 % avec 89 % pour les masculins et seulement 49 % pour le cas du sexe féminin. Le taux d'analphabétisme dépasse largement 50 % avec un taux très élevé de près de 80 % pour le cas du sexe féminin.

D'après les résultats de l'étude socio-économique rapportés dans le rapport du RGPH en 1994, le taux brut d'activités dans la commune de Sidi Bibi est de 29.86 %. Cet indicateur est calculé en rapportant l'effectif de la population active et des chômeurs à l'effectif global de la population. Le taux de chômage est de 18.93 %. Une proportion de 50 % de la population active exerce en tant que salariée.

La zone d'étude, à l'instar du reste de la commune de Sidi Bibi, est entièrement rurale. Une grande proportion de la population, soit environ 4250 personnes (26 % de la population de la commune), exerce l'activité d'agriculteur. Le reste exerce en tant que salariés ou occasionnel en agriculture ou dans d'autres métiers de commerce ou d'artisanat dans le chef lieu de la commune ou dans les villes d'Aït Melloul, Inezgane ou Agadir.

III.2.7. Activités associatives

La zone d'étude se distingue par une vie associative très active. En effet, chacune des trois localités concernées par le projet a mis en place une association (Tableau 2).

Tableau 2. Liste des associations existantes dans la zone du projet

Association	Date de création	Douar	Commune
Oulad Mimoun pour le Développement et la Coopération	1994	Kherba Oulad Mimoun	Sidi Bibi
Amal Soualem pour le Développement et la Coopération	1994	Soualem	Aït Amira
Anouar Labraïj	1992	Labraïj	Sidi Bibi

Ces associations sont très actives et conscientes du problème d'assainissement de leurs douars et la menace que ce problème pourrait engendrer sur la qualité de l'eau potable dans la zone.

Une série de réunions entre les trois associations et l'équipe du projet WPM ont été l'occasion de clarifier les objectifs de l'étude. Elles ont également montré l'adhésion totale des associations au projet. Des Procès Verbaux co-signés par l'équipe du projet WPM et les représentants des associations ont été établis (Cf. archives du projet WPM).

Les actions menées par ces associations sont diverses: alphabétisation, la mosquée, aménagement de la place de la prière, garderie d'enfants, campagnes de propreté et d'éducation environnementale, aménagement de réseau routier, électrification, approvisionnement en eau potable et sa gestion, sport et culture.

L'Assemblée Générale organisée de l'association Ouled Mimoun, à laquelle ont assisté l'équipe permanente du projet WPM ainsi que les consultants, a été l'occasion de visualiser la place importante qu'occupe l'eau dans la vie socio-économique des associations dans la région d'étude. En effet, comme le montre le bilan financier de l'année 1999 – 2002 de l'association Ouled Mimoun (figure 2), l'eau potable occupe une position centrale. De là, on déduit le souci de la population à la protéger et à la pérenniser. Les recettes de l'eau potable permettent aussi de viabiliser d'autres actions vitales de la communauté.

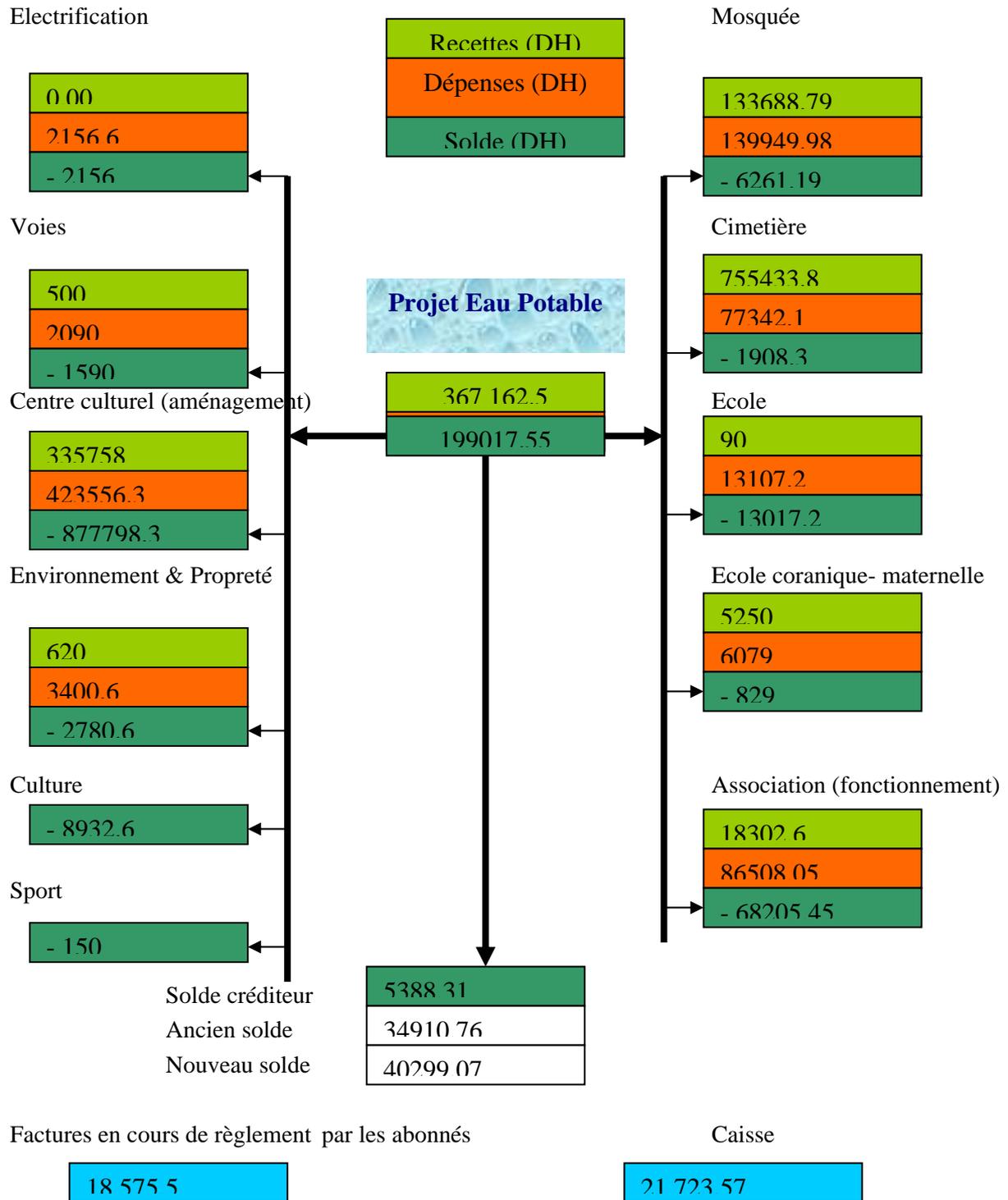


Figure 2. Flux financiers entre l'eau potable et les autres activités de l'association Ouled mimoun

IV. DONNEES DE BASE POUR LA MISE EN PLACE D'UN SYSTEME DE TRAITEMENT DES EAUX USEES

IV.1. Introduction

Deux options seront considérées aussi bien pour le dimensionnement de la STEP que pour les options de valorisation des eaux usées et de leurs sous produits :

Option 1 : On ne considère que les deux douars : Labraïj et Kherba

Option 2 : On considère les trois douars : Labraïj, Kherba et Soualem.

Le choix de ces deux options a été dicté par les considérations suivantes :

- (i) Les habitations de la localité de Soualem sont très dispersées. De ce fait, et pour offrir plus de flexibilité dans l'arbre décisionnel des options d'assainissement et d'épuration à mettre en œuvre, ces options sont à considérer
- (ii) L'éloignement relatif de Soualem par rapport aux deux autres douars.

Il serait important, une fois ces données disponibles, de calculer des ratios permettant de mettre en rapport le coût généré par l'intégration de Soualem dans le projet et le coût global du projet en tenant compte du facteur de pondération correspondant à la population plus importante à Soualem (et donc un débit d'eaux usées plus élevé). En d'autres termes, le coût de réseau d'assainissement de Soualem ne doit pas représenter une part exagérée (attribuée à la longueur du réseau) par rapport au coût global de réalisation du projet : assainissement – traitement. Toutefois, en attendant les estimations relatives à la longueur et au coût du réseau, on va considérer les deux options dans les différents calculs du projet. Cette question sera tranchée définitivement, en concertation avec l'association de Soualem, de la commune de Aït Aâmira et en considérant les recommandations du Comité Régional qui seront émises avant la fin du mois de Décembre 2002.

Les calculs de dimensionnement de la STEP considéreront également deux sous options : dimensionnement pour les horizons 2010 et une extension pour l'horizon 2020. Cette modulation a pour objectif d'alléger l'investissement initial.

IV.2. Site de la STEP

Le site potentiel de la STEP, actuellement retenu en concertation avec les associations, est rapporté sur la carte d'occupation du sol (Carte 4). Il est situé à environ 1.5 km du centre du Douar Kherba. Il se trouve ainsi loin des habitations. La distance la plus souvent recommandée dans la littérature, pour les bassins non aérés, est de 300 m (WEF-ASCE, 1998, Alberta Environmental Protection, 1996).

des2020. (Led(étile.)Tj10.98 0 0 10.9818(7.97182 764.44648 Tm dec etaspecte)Tj10.98 0 0 10.982464.81342 764.44
Ce site présente trois avantages majeurs:

- (i) il est situé à l'aval topographique des localités concernées et par conséquent l'écoulement des eaux usées brutes s'opèrera par gravité vers la STEP;
- (ii) à sa proximité immédiate, se trouve des terres bours cultivables et qui sont aptes à l'irrigation. Jusqu'à l'horizon 2020, la superficie de ces terrains permettra de résorber la totalité des eaux usées épurées;
- (iii) sur le plan foncier, le terrain correspondant à ce site potentiel appartient en grande partie à l'association Ouled Mimoun.

Toutefois, ce site présente un inconvénient majeur qui réside dans le fait il se trouve sur la direction des vents venant du littoral et qui soufflent vers les agglomérations. Les possibilités de mitigation de cette contrainte seront discutées plus loin.

IV. 3. Population

La population actuelle et prévisionnelle, concernée par le projet, est rapportée dans le tableau 3.

Tableau 3. Population actuelle et prévisionnelle des localités concernées par le projet
(Données finalisées par Faïz, Consultant en optimisation du réseau d'assainissement)

Localité	2002	2005	2010	2015	2020
Douar Kherba O. Mimoun	1.250	1.406	1.630	1.800	1.987
Douar Labraïj	1.200	1.350	1.565	1.728	1.908
Total des 2 douars	2.450	2.756	3.195	3.527	3.895
Douar Soualem	1.950	2.257	2.746	3.184	3.515
Total des 3 douars	4.400	5.013	5.941	6.711	7.410

Le taux d'accroissement considéré est de l'ordre de 4 % actuellement et s'établira autour de 2 % vers

Tableau 3 . Consommation actuelle et prévisionnelle de l'eau potable dans les trois localités (données finalisées par Faïz, consultant en assainissement)

Douar	Volume en m ³ /j	2002	2005	2010	2015	2020
Douar kherba O. Mimoun	Volume moyen journalier	64	77	94	103	114
	Volume de pointe journalier	115	139	168	186	205
Douar Labraïj	Volume moyen journalier	43	58	75	100	110
	Volume de pointe journalier	78	104	135	179	198
Total 2 douars	Volume moyen journalier	107	135	168	203	224
	Volume de pointe journalier	193	243	303	365	403
Douar Soualem	Volume journalier	66	92	126	180	202
	Volume de pointe journalier	119	166	227	324	363
Total 3 douars	Volume moyen journalier	173	227	295	383	426
	Volume de pointe journalier	312	409	530	689	767

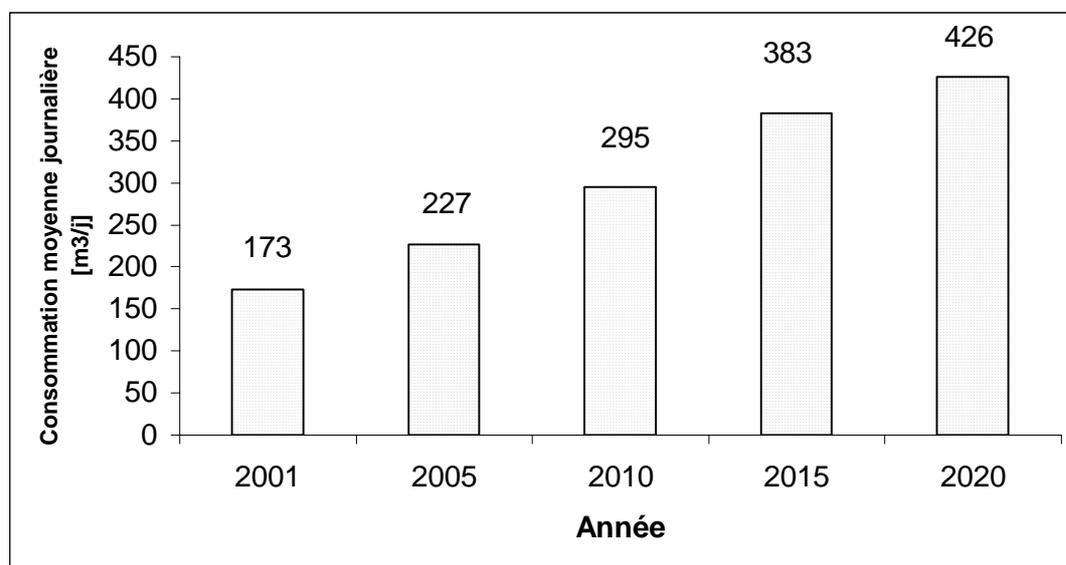


Figure 3. Evolution de la consommation en eau potable dans les trois douars

IV.5. Production des eaux usées

A ce stade de l'étude, la production des eaux usées est estimée sur la base des paramètres suivants :

- Le taux de branchement à l'eau potable de 100 %
- Le taux de raccordement au réseau d'assainissement de 100 %
- Le volume moyen journalier de consommation en eau potable
- Le taux de retour aux égouts de 80 %

Ainsi, la production des eaux usées brutes serait pour l'horizon 2020 de :

- 56 000 m³/an en 2010 avec un complément de 12 400 en 2020 pour l'option 1 (deux localités Labraïj et Kherba O. Mimoun) ; et de
- 105 000 m³/an en 2010 et un complément de 25 550 en 2020 pour l'option 2 (les trois douars)

IV.4. Caractérisation des eaux usées brutes

Etant donnée la difficulté d'analyser les eaux usées brutes de la région du projet, la composition des eaux usées de Drarga a été retenue. D'après les données d'analyses effectuées par LPEE au printemps 2001, la composition des eaux usées brutes de la localité de Drarga est rapportée dans le tableau 4. Seuls les principaux paramètres de pollution domestique sont considérés à ce stade. Considérant le niveau de vie et les activités socio-économiques, on peut dire que la localité d'Aït Mimoun générerait une charge polluante légèrement moins élevée que celle de Drarga.

Tableau 4 . Composition des eaux usées brutes

Paramètre	Concentration (mg/l)
DBO ₅	620
DCO	1325
MES	651
Ptot	11.0
PO ₄ ⁻⁻⁻	6.3
NTK	319
NO ₃	2.75
NH ₄	171

V. CHOIX DE LA FILIERE TECHNOLOGIQUE D'EPURATION DES EAUX USEES

V.1. Point sur les expériences marocaines

Cette mise au point devra nous permettre : (i) de comparer les filières de traitement adoptées des points de vue performances épuratoires et coûts et (ii) d'analyser les contraintes de durabilité des projets. Les principales expériences de traitement et de réutilisation des eaux usées au Maroc sont récapitulées dans le tableau 5.

Tableau 5. Principales expériences de traitement et de réutilisation des eaux usées au Maroc (Xanthoulis, Souidi et Khalayoune, 2001).

Station	Ouarzazate	Ben Sergao	Ben Slimane	Marrakech	Drarga
Système de traitement	Lagunage	Infiltration - percolation	Lagunage aéré	Lagunage facultatif	Infiltration - percolation
Réalisation	ORMVAO FAO-OMS- PNUD IAV Hassan II, FUSAG	DGCL RAMSA	ONEP MILD Contribution canadienne/ Municipalité Ben Slimane	Faculté des Sciences- Marrakech et municipalité de Marrakech	Département de l'Environnement – USAID et Wilaya du Grand Agadir
Date de démarrage	1989	1990	1997	1985	1999
Capacité de traitement	430 m ³ /j (5 l/s)	750 m ³ /j	5 600 m ³ /j	380 m ³ /j (4,4 l/s)	600 m ³ /j
Population raccordée (Equivalent-habitants)	4 300	15 000	37 000	3 000	5 700

Au cours de cette étude, le projet a reçu une autre proposition de filière technologique d'épuration de la part du représentant local de Sheaffer International. Telle qu'elle se présente, cette méthode ne se distingue pas des autres techniques quant aux processus mis en jeu. Ses particularités résident dans l'adoption de bassins mixtes : aérobique (en surface) et anaérobique en profondeur. L'aération est assurée par un insufflement d'oxygène. D'après les notices présentées, il s'agit d'un système qui ne génère pas d'odeurs et qui ne produit pas de boues.

Sur le plan théorique, et selon les estimations faites sur la base d'une population de 15 00 habitants de la même zone d'étude, cette technique semble être attractive et originale mais risque de ne pas être économiquement faisable dans le contexte de la zone.

Toutefois, on dispose pas encore de données concrètes sur des stations d'épuration adoptant cette filière. De là, il serait très intéressant de penser à mettre en place un petit projet pilote pour 1 500 à 2 000 habitants pour démontrer les performances du système proposé dans les conditions locales.

V.2. Comparaison des filières de traitement

V.2.1. Performances épuratoires

Les performances épuratoires des principales filières technologiques adoptées au Maroc sont récapitulées dans le tableau 6.

Tableau 6 : Performances épuratoires : Taux d'abattement (en %) des paramètres physico-chimiques et microbiologiques (Synthèse réalisée par Xanthoulis, Souidi et Khalayoune, 2001)

Station	Ouarzazate		Ben Sergao	Ben Slimane	Marrakech	Bouznika	Drarga
Système de traitement	Lagunage	Lagunage à Haut Rendement	Filtration-percolation	Lagunage aéré	Lagunage facultatif	Lagunage	Infiltration-percolation
Temps de séjour (jours)	25	21,9	-	30-40	30	-	
DBO5	81,7	65,3	98	78	97	75	98
DCO	72	65,4	92	79	76	71	94
MES	28	-	100	-	69	76	99
NTK	31,5	48	85	75	71	14	96
Ptot	48,5	54	36	41	85	-	72
Coliformes fécaux	99,9 (3 log)	99,9 (3 log)	99,9 (3 log)	100	99,4 (2,2 log)	99,9 (3 log)	99,9
Œufs d'helminthes	100	100	100	100	100	100	100

Conformément aux directives de l'OMS, la qualité des eaux usées épurées par lagunage permettent une irrigation non restrictive des cultures en adoptant un système d'irrigation localisée.

Les directives de l'OMS (1989) recommandent :

- l'élimination complète (ou quasi) des Helminthes intestinaux, avec une moyenne < 1 œuf par litre d'eau ; et
- une élimination importante des bactéries pathogènes, avec une valeur moyenne < 1 000 C.F. /100 ml.

D'après Xanthoulis (1995), et conformément à ces directives, ces deux mesures sont de stricte application pour l'irrigation non restrictive, tandis que pour l'irrigation restrictive on insiste uniquement sur l'élimination des Helminthes. Plusieurs arguments permettent de justifier la suffisance de la valeur de 1 000 C.F. /100 ml pour l'irrigation de toutes les cultures :

- il y a une mort naturelle des agents pathogènes ;
- les rayons U.V. donnent lieu à une certaine inactivation des pathogènes ;
- les effets combinés de la dessiccation et des prédateurs diminuent très fortement les pathogènes en quelques jours seulement ;
- même si un effluent usé utilisé pour l'irrigation contient 1000 C.F./100 ml, c'est faible par rapport aux concentrations rencontrées dans le milieu (une étude de l'O.M.S. et des Nations Unies a montré que 45% des rivières étudiées avaient des concentrations > 1000 C.F. /100 ml). Par ailleurs on peut comparer ces normes à celles appliquées aux eaux de baignade: pour l'OMS : < 1000 C.F./100 ml et pour la CEE < 2000 C.F. /100 ml ; et
- les risques majeurs sont de loin plus importants pour les Helminthes.

Comme il sera discuté plus loin, l'adoption de bassins de stockage de profondeur inférieure de 1.5 m permettra aussi d'assurer en quelques jours une décontamination biologique des effluents.

V.2.2. Coûts

Les coûts d'investissement correspondant aux quelques expériences marocaines sont rapportés dans le tableau 7 .

Tableau 7. Coût total (investissement et terrain) d'investissement dans les stations d'épuration (expériences marocaines)

Système	Coût total d'investissement/m ³	Remarques/sites
Lagunage naturel	5 040	Cas de Boujâad
Infiltration percolation	5 330	Cas de Ben Sergao
Infiltration percolation*	11 000	Cas de Drarga
Lagunage aéré	16 700	Cas de Ben Slimane
Sheaffer System£	7 300	Estimation rapide pour la zone d'Aït Mimoun

* : La filière de Drarga comporte des variantes et aménagements supplémentaires par rapport à Ben Sergao : système de dénitrification, roselière, relevage, etc.

£ : Cette technique a été écartée suite à un atelier qui a montré sa non faisabilité économique

Le tableau 8 relate des références françaises en matière de coûts d'investissement et de fonctionnement de quelques filières technologiques intensives et extensives. Ces données résultent d'enquêtes de terrains où les coûts de 10 à 15 stations d'une même filière ont été comparés et analysés.

Tableau 8. Coûts en millions de Dirhams (convertis de l'Euro : 1 Euro = 10 DH) pour une station de 1 000 habitants (adapté des données rapportées par Boutin et al., Document technique FNDAE n° 22 – 1998).

Filière technologique	Coût d'investissement	Coût annuel de fonctionnement (y compris l'énergie)
Boues activées	2.3 (±30 %)	1.15
Lits bactériens	1.8 (±50 %)	0.7
Lagunes aérés	1.3 (±50 %)	0.65
Lagunes naturelles	1.2 (±60 %)	0.45
Décanteur digesteur + Infiltration percolation	1.9 (±50 %)	0.6

Il est important de souligner que la comparaison des coûts demeure une opération délicate. En effet, le coût d'investissement pour la station de Ben Slimane par exemple revient à 16 700 DH/m³ alors que celui rapporté au niveau de la France est de 10 800 DH/m³. Dans le premier cas, le prix de terrain est inclus. D'autres références internationales ont montré que les stations d'épuration en Allemagne coûtent, à capacité égale, 20 à 25 % plus cher qu'en France et encore davantage plus cher qu'en

Portugal et en Grèce. Ces variations dépendent du coût de construction, du matériel utilisé et des facteurs de sécurité adoptés.

D'autres facteurs de surcoût spécifiques au contexte local peuvent être considérés : le terrassement, l'imperméabilisation par géomembrane ou argile, etc...

Toutefois, et quelle que soit la variabilité des coûts constatés, le coût des filières extensives demeure largement inférieur à celui des techniques intensives en particulier en ce qui concerne le coût énergétique et le coût engendré par la gestion des boues. Globalement on estime, qu'à capacité égale, les techniques extensives permettent d'économiser en moyenne 20 à 30 % sur les coûts d'investissement et 40 à 50 % sur les frais de fonctionnement par rapport aux systèmes d'épuration intensifs.

Bien que les procédés de traitement actuellement mis en place au Maroc, aient été auparavant l'objet de confrontations de plusieurs scénarios, certains systèmes sont loin de répondre au critère de durabilité. Les exemples les plus pertinents sont ceux de Beni-Mellal et de Khouribga. Dans ces villes, le système traitement à boues activées nécessite une alimentation électrique très coûteuse considérant la quantité d'eaux usées traitées. La station de Khouribga qui traite seulement une partie des eaux de la ville consomme également beaucoup d'électricité. Par ailleurs la chaîne de traitement est souvent défaillante par manque d'entretien et sujette à des pannes assez fréquentes.

De ce qui précède, et conformément aux recommandations de l'ONEP et du SNAL, les filières extensives sont les plus recommandées et le lagunage naturel est classé en priorité (le terme « naturel » signifie ici le non recours à une source d'énergie). Le système d'infiltration a montré également de hautes performances du fait qu'il n'est pas consommateur d'énergie. Toutefois, ce système présente deux désavantages : l'effluent est très riche en ion nitrate (500 à 600 mg/l en moyenne) et une consommation de main d'œuvre plus importante que le lagunage. Pour mitiger la première contrainte, un système de dénitrification est indispensable .

Suite à ces considérations, et sur la base de la comparaison des performances épuratoires et des coûts, on se propose dans ce projet d'opter pour le système de lagunage. Ce choix peut se justifier davantage pour la zone d'étude si on considère les contraintes financières. En effet, on estime à ce stade que le coût d'investissement sera, en grande partie, supporté par la population locale. En outre, le terrain est disponible pour la mise en place de la STEP.

Le tableau 9 relate les avantages et les inconvénients du lagunage.

Tableau 9. Avantages et inconvénients du système de lagunage

Avantages	Inconvénients
<ul style="list-style-type: none"> - Un apport d'énergie n'est pas nécessaire si le dénivelé est favorable - L'exploitation reste légère si le curage se réalise à temps - Très bonne élimination des germes pathogènes en été (4-5 logs), bonne en hiver (3 logs) ; - S'adapte bien aux fortes variations de charge hydraulique - Ne nécessite pas une main d'œuvre très qualifiée - Globalement le moins coûteux comparé aux autres filières - S'adapte parfaitement aux petites et moyennes communes 	<ul style="list-style-type: none"> - Demande plus d'espace - Exige un surcoût d'imperméabilisation dans des sols et sous sols à taux d'infiltration élevé (cas de la zone d'étude) - Performances moindres que les procédés intensifs sur la matière organique. Cependant, le rejet de matière organique s'effectue sous forme d'algues, ce qui est moins néfaste qu'une matière organique dissoute pour l'oxygénation - Qualité légèrement du rejet variable selon les saisons.

VI. DIMENSIONNEMENT DE LA FILIERE D'EPURATION RETENUE

VI.1. Rappel des bases de dimensionnement

Le tableau 10 relate les éléments de base de dimensionnement de la station de lagunage.

Tableau 10 paramètres de dimensionnement de la filière de lagunage

DBO ₅ (mg/l)	600
DCO (mg/l)	1500
MES (mg/l)	700
Taux de raccordement au réseau d'assainissement	100%
Taux de branchement à l'eau potable	100%
Taux de restitution (%)	80%

Soulignons également que le calcul est fait sur la base des données démographiques citées auparavant et arrondies à la cinquantaine supérieure du nombre d'habitants.

VI.2. Scénarios de dimensionnement

Comme il a été signalé auparavant, le dimensionnement a concerné deux scénarios:

- *Scénario 1 : Deux douars (Kherba et Labraïj)*
- *Scénario 2 : Les trois douars : (Kherba et Labraïj et Soualem)*

Pour chacun des deux scénarios, le dimensionnement a été fait pour deux horizons : 2010 et 2020. Il s'agit donc de 4 situations : En 2010, on construit pour 3200 ou 6000 habitants respectivement pour 2 ou 3 douars et en 2020, on construit pour 700 et 1450 habitants, soit le supplément pour arriver au total de 3900 ou 7450 habitants. Ainsi, pour l'horizon 2020, on prévoit seulement la capacité complémentaire.

Ainsi, les paramètres de dimensionnement relatifs aux 4 situations considérées sont récapitulés dans le tableau 11.

Tableau 11. Paramètres de dimensionnement des situations considérées

Paramètres de dimensionnement	2010		2020 (capacité complémentaire)	
	2 douars	3 douars	2 douars	3 douars
Nombre habitants	3200	6000	3900	7450
Taille STEP en Nombre habitants	3200	6000	700	1450
DBO5 mg/l	600	600	600	600
Production en eau usée (l/hab.j)	60*	60	60	60
Volume d'eau usée (m ³ /j)	154	288	34	70

VI.3. Dimensionnement des bassins

Bassins anaérobies en parallèle

Deux bassins anaérobies sont seront disposés en parallèle. Les paramètres de dimensionnement de ces bassins sont repris dans le tableau 12.

Bassin facultatif en série

Le bassin facultatif est calculé en situation d'hiver et ses performances sont vérifiées en condition d'été en considérant que le débit journalier augmente de 50 % pendant cette période (augmentation estivale de la consommation en eau préconisée par l'ONEP). Les paramètres de dimensionnement du bassin facultatif sont récapitulés dans le tableau 13 .

Bassins de maturation en série

Le dimensionnement se fait sur base de la période d'été pendant laquelle le débit est le plus élevé. Sur base de 10⁷ CF/100 ml (la concentration de 6.2 x 10⁶ a été rapportée dans les analyses de LPEE en mars 2002 dans la station de Drarga), 2 bassins de maturation en série sont prévus. Les paramètres de dimensionnement de ces bassins sont récapitulés dans le tableau 14. Pour plus de précautions à ce stade de l'étude, le dimensionnement a été fait pour deux cas ; 10⁷ et 10⁸ CF/100 ml. Les paramètres de dimensionnement des bassins de maturation sont rapportés dans le tableau 14.

Tableau 12. Paramètres de dimensionnement des bassins anaérobies

Bassins anaérobies	2010		2020 (capacité supplémentaires)	
	2 douars	3 douars	2 douars	3 douars
Charge volumique : Cv (g/m ³ .j)	100	100	100	100
Temps de séjour théorique : Ts (j)	4	4	4	4
Volume du bassin anaérobie (m ³)	614,4	1152	134,4	278,4
Profondeur du bassin (m)	3	3	3	3
Surface du bassin (m ²)	205	384	45	93
Rapport Longueur/largeur	2,5	2,5	2,5	2,5
Longueur (A)	22,6	31,0	10,6	15,2
largeur (B)	9,1	12,4	4,2	6,1
Rapport longueur/largeur	2,5	2,5	2,5	2,5
Pertes par évaporation (6 mm/j) et infiltration (0 mm/j) (m ³ /j)	1,23	2,30	0,27	0,56
Charge surfacique : Cs (kg/ha.j)	4500	4500	4500	4500
Production de boues (l/hab.an)	40	40	40	40
Production de boues (m ³ /3 ans)	384	720	84	174
Volume bassin supplémentaire à prévoir (m ³)	128,0	240,0	28,0	58,0
Volume total du bassin anaérobie (m ³)	742	1392	162	336
Temps de séjour au démarrage (j)	5	5	5	5
Temps de séjour avant vidange (j)	4	4	4	4
Rendement épuratoire (%)	50	50	50	50

Tableau 13. Paramètre de dimensionnement du bassin facultatif

Bassin facultatif	2010		2020 (capacité supplémentaire)	
	2 douars	3 douars	2 douars	3 douars
Charge à l'entrée du bassin DBO5 (mg/l)	300	300	300	300
<i>Situation d'hiver</i>				
Débit journalier d'eau usée (m ³ /j)	152,4	285,7	33,3	69,0
Charge surfacique (kg/ha.j)	200	200	200	200
Profondeur du bassin (m)	2	2	2	2
Volume du bassin (m ³)	4571	8571	1000	2071
Surface du bassin (m ²)	2286	4285	500	1036
Temps de séjour théorique : Ts (j)	30,0	30,0	30,0	30,0
<i>Situation d'été</i>				
Débit journalier d'eau usée (m ³ /j)	228,6	428,5	50,0	103,6
Temps de séjour théorique : Ts (j)	20,0	20,0	20,0	20,0
Profondeur du bassin (m)	2	2	2	2
Volume du bassin (m ³)	4571	8571	1000	2071
Surface du bassin (m ²)	2286	4285	500	1036
Charge surfacique (kg/ha.j)	300	300	300	300
Dimension du bassin facultatif				
Rapport Longueur/largeur	2,5	2,5	2,5	2,5
Longueur (C)	75,6	103,5	35,4	50,9
largeur (D)	30,2	41,4	14,1	20,4

Tableau 14. Paramètres de dimensionnement des bassins de maturation

Bassins facultatifs situation d'été	2010		2020 (capacité supplémentaire)	
	2 douars	3 douars	2 douars	3 douars
Débit journalier d'eau usée (m ³ /j)	228,6	428,5	50,0	103,6
K (j-1)	1,5	1,5	1,5	1,5
Temps de séjour en anaérobie : Tan (j)	4	4	4	4
Temps de séjour en en facultatif : Tf (j)	13,3	13,3	13,3	13,3
Profondeur du bassin (m)	1,2	1,2	1,2	1,2
Charge à l'entrée du 1er bassin maturation (DBO5 mg/l)	70	70	70	70
1er cas: No=10⁷ CF/100ml	Dans ce cas, 2 bassins de maturation en série			
No CF/100ml (entrée)	10.000.000	10.000.000	10.000.000	10.000.000
Nombre de bassins : n	2	2	2	2
Temps de séjour en maturation : Tm (j)	6	6	6	6
Charge bactériologique en sortie CF/100ml	682	682	682	682
Volume (m ³)	1371	2571	300	621
Surface (m ²)	1143	2143	250	518
Charge surfacique du 1er bassin de maturation(kg/ha.j)	140	140	140	140
2ème cas: No=10⁸ CF/100ml	Dans ce cas, 3 bassins de maturation en série			
No CF/100ml (entrée)	100.000.000	100.000.000	100.000.000	100.000.000
Nombre de bassin : n	3	3	3	3
Temps de séjour en maturation : Tm (j)	6	6	6	6
Charge bactériologique en sortie CF/100ml	682	682	682	682
Volume (m ³)	1371	2571	300	621
Surface (m ²)	1143	2143	250	518
Charge surfacique du 1er bassin de maturation(kg/ha.j)	140	140	140	140
Dimension des bassins de maturation				
Rapport Longueur/largeur	2,5	2,5	2,5	2,5
Longueur (E)	53,5	73,2	25,0	36,0
largeur (F)	21,4	29,3	10,0	14,4

La figure 4 montre un croquis de la STEP. Il est évident que les dimensions changent selon les options considérées. Ces dimensions sont symbolisés par les lettres majuscules A, B, C ...faisant la correspondance entre la figure 4 et les tableaux récapitulant les paramètres de dimensionnement des différents bassins. Etant donné les faibles accroissements de la surface des bassins anaérobies à l'horizon 2020, on peut prévoir dès le départ leur construction selon les dimensions indiquées pour l'horizon 2020.

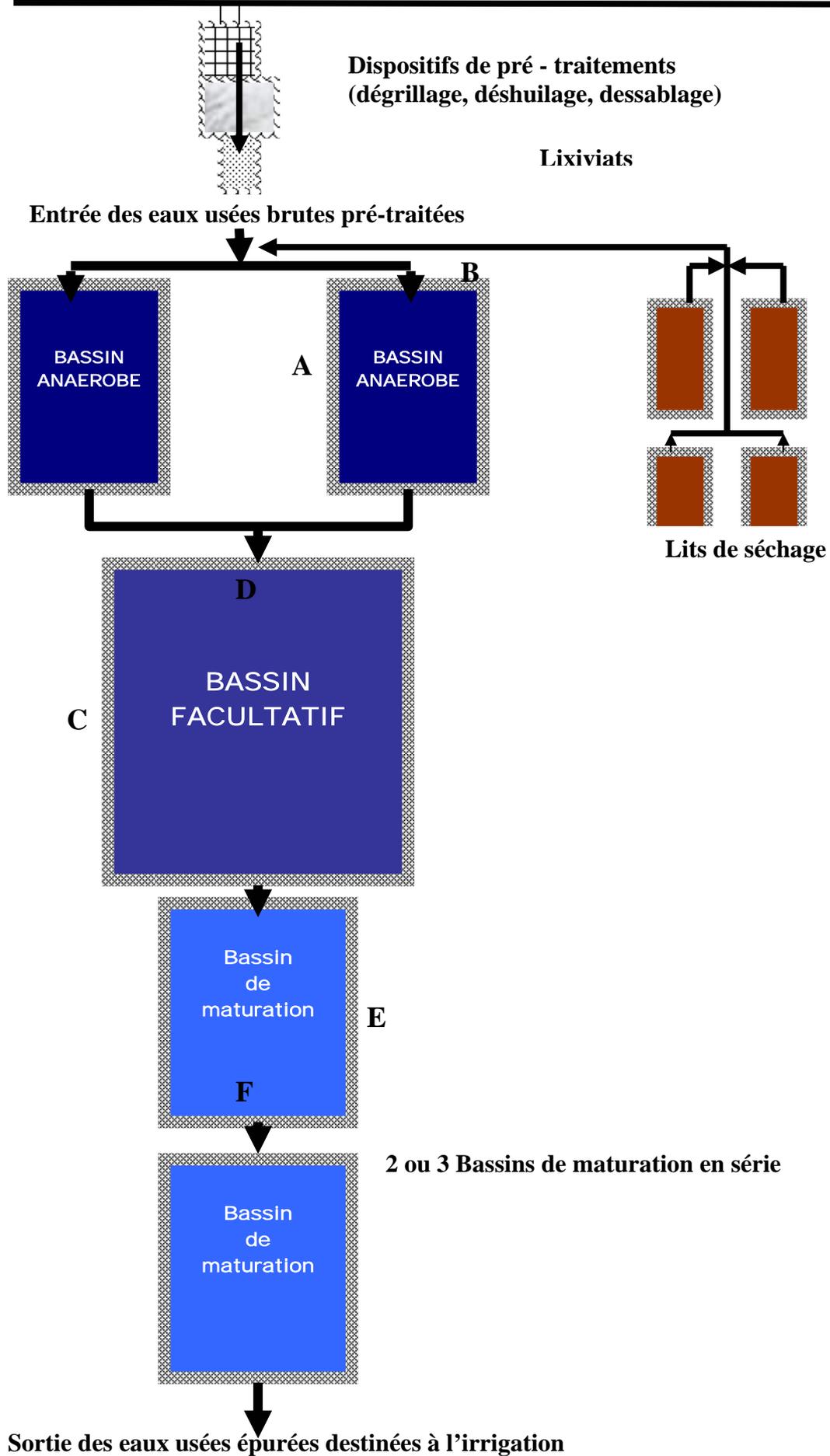


Figure 4. Schéma d'agencement des ouvrages de la STEP

VI.4. Pré – traitements

Le dispositif de pré - traitement proposé est similaire à celui adopté et expérimenté dans la station pilote de lagunage de Ouarzazate. Le pré – traitement consiste en trois opérations : le dégrillage, le déshuilage et le dessablage.

Dégrillage : il se fait au moyen d'une grille inclinée disposée dans le canal d'écoulement avec un des barreaux espacés de 10 mm.

Déshuilage : il est assuré par un regard rectangulaire compartimenté par un masque en béton. Les graisses et les matières huileuses flottantes sont piégées à la surface du premier compartiment et sont évacuées de manière gravitaire.

Dessablage : le sable est éliminée par deux chenaux disposés en parallèle et fonctionnent d'une manière alternée, avec une double vitesse plus ou moins stable. Le sable récupéré est évacué directement vers un exutoire.

VI.5. Superficie totale requise

La superficie totale requise comprend :

- La surface des plans d'eau des trois catégories de bassins
- La surface occupée par les pré-traitements
- La surface occupée par les lits de séchage des boues résiduaires

Cette superficie effective est majorée de 30 % pour estimer l'emprise totale au sol tenant compte des espacements requis entre les ouvrages pour faciliter l'accès et d'autres aménagements (abords, brises vents, jardins, local, etc...).

Ainsi, les superficies totales sont calculées pour l'horizon 2020 et pour les deux situations (2 et 3 douars) comme le montre le tableau 15.

Tableau 15. Emprise totale au sol de la STEP

Edifice ou ouvrage	Superficie totale (en m ²) pour l'horizon 2020	
	Cas de 2 douars	Cas de 3 douars
Pré – traitements	200	200
Bassins anaérobies (2)	500	954
Bassin facultatif (1)	2786	5 321
Bassins de maturation (3)	4 179	7 983
Lits de séchage des boues	600 (2 lits)	1 080 (4 lits)
Total majoré de 30 %	10 745 (1.1 ha)	20 199 (2.02 ha)

On peut joindre à la station une roselière sur une superficie de 0.5 ha qui jouera un rôle de traitement complémentaire.

VII. RECOMMANDATIONS TECHNIQUES

VII.1. Gestion de la contrainte des vents

Rappelons que le site de la station d'épuration, à l'instar de l'ensemble de la zone d'étude, est soumis à des vents soufflant de l'atlantique.

Dans ces conditions, le vent aura des effets différents avantageux et nuisibles :

- Il favorise l'évaporation
- Il provoque un brassage de l'eau et donc une aération au niveau de la surface des bassins. Ce brassage peut être promu en disposant le côté le plus long du bassin rectangulaire de manière parallèle à la direction des vents.
- Il véhicule les mauvaises odeurs (H_2S) et surtout en période estivale qui favorise la photosynthèse et par conséquent la désoxygénation de l'eau et de là l'augmentation des possibilités d'anaérobiose responsables des émanations de ces odeurs.

Dans le but d'éviter les nuisances des odeurs, l'option de récupération de biogaz exposée plus haut, à partir des bassins anaérobies est recommandée.

Aussi, il est recommandé de planter des brise – vents autour de la station. Pour cela, il faudra garder une distance d'au moins 10 mètres pour éviter que les racines des arbres engendrent les digues. Par ailleurs, la chute de feuilles dans les bassins peut générer une surcharge organique ainsi qu'un risque d'obstruction des ouvrages de communication.

VII.2. Aménagement et gestion des bassins

Concernant le dimensionnement, le fonctionnement et l'aménagement de la station d'épuration, un certain nombre de remarques et recommandations techniques sont listées dans ce qui suit :

- i. Les bassins devront être agencés dans l'espace lors de leur mise en œuvre. Un plan de masse précis de la station devra être réalisé avant la réalisation des ouvrages.
- ii. Etant donnée la vitesse élevée du taux d'infiltration du sol et du sous-sol (26 cm/h en moyenne dans le site de la STEP), une imperméabilisation s'avérera nécessaire pour éviter des infiltrations vers le système aquifère.
- iii. Malgré qu'on a basé le dimensionnement sur une DBO5 de 600 mg/l et que celle – ci peut largement dépasser cette valeur dans certaines situations (fête du mouton, abattage occasionnel des animaux, etc...), le lagunage a l'avantage, contrairement à un système

intensif comme les boues activées, de supporter des variations notables de la charge organique grâce au temps de séjour élevé. D'autant plus que une concentration élevée accompagnée d'un débit faible implique un temps de séjour plus grand et donc une digestion plus longue.

- iv. Le dimensionnement peut être affiné en tenant compte de la forme des bassins et de leurs abords si on adopte des géo - membranes pour l'imperméabilisation.
- v. Les bassins de maturation peuvent fonctionner de manière alternée.
- vi. Il serait prudent d'opter pour 3 bassins de maturation en se basant sur 10^8 CF/100 ml
- vii. Comme les boues ont une teneur en eau de près de 94 %, les lits de séchages doivent être dotés d'un système de drainage et d'acheminement des lixiviats à la tête du premier bassin anaérobie. L'épandage des boues se fera sur une épaisseur inférieure ou égale à 30 cm.
- viii. Le curage des bassins doit être effectué en moyenne une fois tous les 3 ans. La règle consiste à faire un curage dès que le volume des boues atteint 30 % du volume du bassin. On peut aussi adopter la formule suivante : Nombre d'années = $[0.3 \text{ à } 0.5 V_{\text{bassin}} (\text{m}^3) / \text{Boues accumulées} (\text{m}^3/\text{hab.année})]$ en se basant sur une production de $0.04 \text{ m}^3/\text{hab. an}$. Le curage se fait selon deux méthodes : (i) après vidange du bassin et cela implique la présence d'un by-pass fixe sur chaque bassin ou (ii) un pompage sans vidange « pompage sous eau ». Un curage partiel du cône de sédimentation du premier bassin doit être effectué par pompage une ou deux fois par an.

VIII. OPTIONS DE REUTILISATION DES EAUX USEES ET DE VALORISATION DES SOUS PRODUITS

VIII. 1. Réutilisation des eaux usées épurées

VIII.1.1. Options de valorisation

Les principales options proposées pour la valorisation des eaux épurées sont :

- L'irrigation des cultures
- L'irrigation des espaces verts rattachés à la STEP
- La stabilisation des dunes avoisinantes
- L'irrigation d'une roselière

Comme nous allons le développer plus loin, le choix peut porter sur une seule option ou sur des options combinées.

VIII.1.2. Choix de cultures ou d'autres espèces végétales

Le choix des cultures s'est basé sur les éléments suivants :

- La liste des cultures les plus pratiquées dans la région
- La valorisation maximale du mètre au cube d'eau
- La pratique de cultures rémunératrices et rentables
- Les cultures les plus mobilisatrices d'éléments nutritifs

L'assolement adopté doit permettre une couverture maximale du sol pendant toute l'année.

Ainsi, la liste des cultures à promouvoir dans le périmètre irrigué qui sera aménagé, est la suivante :

- Cultures maraîchères : Poivron, courgette, aubergine, haricot vert
- Cultures fourragères : Bersim et luzerne
- Roseaux
- Cultures ornementales

VIII.1.3. Besoins en eau des cultures

Les besoins en eau des cultures sont rapportés dans le tableau 18.

Tableau 18. Besoins en eau des cultures à promouvoir (en m³/ha)

Culture	Sept	Oct	Nov	Dec	Jan	Fev	Mars	Avr	Mai	Juin	Jt	Août	Total
Cultures fourragères													
Bersim	745	580	580	740	580	745	480						4 450
Luzerne	1800	1180	635	200	230	365	870	1180	1800	2000	2340	2200	14 800
Cultures maraîchères													
Poivron				490	580	670	720	820	880	930	1100	810	7 000
Haricot vert						1400	1730	1470					4 600
Courgette				810	1310	1310	1070						4 500
Aubergine				500	590	675	810	855	900	945	1035	900	7 210
Maraîchage toutes cultures confondues*	242	267	291	315	400	417	581	581	696	514	303	393	5 000
Autres couverts végétaux													
Roseaux**													8 000
Espaces verts**	Répartition régulière (sauf par période de pluie)												8 000

* : Données de l'AGR – ORMVA – SM (micro-irrigation)

* : Besoins estimés par ACIDI (2001) pour les espaces verts de type 1 (mélange égal de gazon et d'arbres ou arbustes) dans le Grand Agadir par

VIII.1.4. Système d'irrigation

Le système d'irrigation préconisé et particulièrement pour le maraîchage est le système d'irrigation localisée notamment par le goutte à goutte. En effet, il s'agit d'un système économe d'eau. Ses principales avantages sont listés ci-après :

- Amélioration des rendements des cultures par optimisation des régimes hydriques
- Efficience d'irrigation élevée par atténuation des pertes d'eau par infiltration.
- Très faible contact entre le personnel opérateur et les effluents.
- Faible consommation d'énergie.
- Faible besoin en main d'œuvre.
- Risque moindre de pollution des eaux souterraines par les nitrates.

Les expérimentations conduites à Drarga ainsi que les pratiques de certains agriculteurs dans la région de Souss Massa ont montré que ce système peut être adopté pour la quasi – totalité des cultures pratiquées.

Lors de sa dernière session de Mai 2001, le Conseil Supérieur de l'Eau et du Climat recommande la promotion de ce système et particulièrement dans les régions caractérisées par un grand déficit climatique.

VIII.1.5. Scénarios de valorisation des eaux épurées

OPTION 1 « 2 douars » :

Scénario 1.1. (Période 2002 – 2010) : Irrigation d'une superficie 0.5 ha des espaces (EV) verts rattachés à la STEP et stabilisation des dunes

Scénario 1.2 : (Période 2010 – 2020) : Irrigation de 0.5 ha EV, 1 ha de roseaux et stabilisation des dunes

OPTION 2. « 3 douars » :

Scénario 2.1 : Maraîchage seul (aubergine, courgette, haricot vert, poivron) avec deux sous scénarios:

- **Sous scénario 2.1.1 :** sans stockage avec irrigation des EV et stabilisation des dunes
- **Sous scénario 2.1.2 :** avec stockage et sans irrigation des EV et sans stabilisation des dunes

Scénario 2.2 : Cultures fourragères : Bersim et luzerne (50 % - 50 %) avec deux sous scénarios :

- **Sous scénario 2.2.1 :** sans stockage avec irrigation des EV et stabilisation des dunes
- **Sous scénario 2.2.2 :** avec stockage et sans irrigation des EV et sans stabilisation des dunes

Scénario 2.3. Luzerne seule avec deux sous scénarios :

- **Sous scénario 2.3.1 :** sans stockage avec irrigation des EV et stabilisation des dunes
- **Sous scénario 2.3.2 :** avec stockage et sans irrigation des EV et sans stabilisation des dunes

On peut ajouter un **autre scénario 2.4.** qui consiste à opter pour la variante « avec stockage » tout en réduisant la superficie irrigable pour pouvoir irriguer les espaces verts de la station ert pour la stabilisation des dunes.

Pour les scénarios de la seconde option, les calculs des superficies irrigables des cultures durant la période 2002 – 2020 ainsi que les volumes d'eau disponibles pour l'irrigation des espaces verts et la stabilisation des dunes sont rapportés dans les tableaux 19, 20 et 21.

Tableau 19. Superficies irrigables pour le cas du scénario 2.1

Année	2002	2005	2010	2015	2020
Débit (m ³ /J)	138	182	236	307	341
Sans stockage (Scénario 2.1.1)					
Superficie cultivée (ha)	6,15	8,1	10,5	13,7	15,2
Volume disponible pour la stabilisation dunes et l'irrigation des EV (m ³)	19600	26000	33600	43500	48500
Avec stockage (sous scénario 2.1.1)					
Superficie cultivée (ha)	10,1	13,3	17,25	22,4	24,9
Stockage (m ³)	1900	2100	2600	4100	4500
stabilisation dunes et EV (m ³)	0 [§]	0	0	0	0

[§]: Si on adopte le scénario 2.4, cette superficie ne serait pas nulle à condition de réduire la superficie des cultures

Tableau 20. Superficies irrigables pour le cas du scénario 2.2

Année	2002	2005	2010	2015	2020
Débit (m ³ /J)	138	182	236	307	341
Sans stockage					
Superficie cultivée (ha)	3,35	4,4	5,75	7,5	8,3
Volume disponible pour la stabilisation dunes et l'irrigation des EV (m ³)	32200	24000	30800	40000	44500
Avec stockage					
Superficie cultivée (ha)	5,25	6,9	8,95	11,65	13
Stockage (m ³)	3200	4200	6000	8000	8500
stabilisation dunes et EV (m ³)	0 ^{\$}	0	0	0	0

^{\$} Si on adopte le scénario 2.4, cette superficie ne serait pas nulle à condition de réduire la superficie des cultures

Tableau 21. Superficies irrigables pour le cas du scénario 2.3

Année	2002	2005	2010	2015	2020
Débit m ³ /J	138	182	236	307	341
Sans stockage					
Superficie cultivée (ha)	1,9	2,4	3,1	4,1	4,5
Volume disponible pour la stabilisation dunes et l'irrigation des EV (m ³)	22250	31000	40200	51400	57800
Avec stockage					
Superficie cultivée (ha)	3,4	4,5	5,8	7,6	8,4
Stockage (m ³)	7900	10500	13000	17500	20000
stabilisation dunes et EV (m ³)	0 ^{\$}	0	0	0	0

^{\$} Si on adopte le scénario 2.4, cette superficie ne serait pas nulle à condition de réduire la superficie des cultures

A première vue, on peut constater que les sous scénarios « avec stockage » sont relativement plus attrayants parce qu'ils permettent de valoriser la totalité de l'eau pour l'irrigation des cultures. Toutefois, les volumes de bassins de stockage pour la régularisation du débit sont très grands et occasionneront un surcoût d'investissement. Les volumes de stockage seront évidemment d'autant plus faibles que la répartition mensuelle des besoins en eau sera régulière. A la limite, si les besoins en eau étaient régulièrement répartis, il ne serait pas nécessaire d'avoir recours au stockage. En pratique, il est très difficile de choisir des cultures différentes pour avoir cette situation.

Le sous scénario 2.1.1 semble être plus avantageux pour les raisons suivantes :

Le volume du bassin de stockage est relativement moins important (4 500 m³ en 2020).

Il permet d'irriguer une superficie appréciable de cultures maraîchères plus rentables.

Ce sous scénario n'exclut pas l'irrigation des EV et la stabilisation des dunes. En effet, on peut adopter le scénario 2.4 qui consiste à réduire la superficie des cultures et attribuer l'excédent d'eau pour cet usage.

Le sous scénario 2.2.1 peut être classé en seconde place. Il présente l'avantage de promouvoir la production des fourrages qui n'est pas très développée dans la zone d'étude.

Pour le cas des scénarios avec stockage, on peut envisager la solution que consisterait à ce que chaque usager aménage son bassin de stockage. Pour le cas par exemple du sous scénario 2.1.1. relatif au maraîchage seul, on peut calculer une capacité de stockage de 180 m³ pour un hectare cultivé.

Les autres sous scénarios « sans stockage » permettent d'irriguer des superficies moins importantes (mais appréciables) de cultures. Ils envisagent aussi d'affecter les excédents non stockés à l'irrigation des EV et à la stabilisation des dunes.

Sur la base de la rentabilité des cultures appréciée sur base de la superficie, les sous scénarios sans stockage peuvent être classés comme suit :

Maraîchage seul > Bersim + luzerne > luzerne

Un calcul de rentabilité des cultures démontrerait probablement la supériorité du maraîchage par rapport aux cultures fourragères. D'autant plus que les cultures maraîchères seront irriguées par le système goutte à goutte qui permet de bénéficier des avantages liés à l'économie d'eau, à la protection de la qualité des eaux souterraines et la préservation de la santé des opérateurs.

Au total on peut classer les scénarii comme suit :

- i. Maraîchage avec stockage et avec réduction de la superficie des cultures pour l'irrigation des EV et pour la stabilisation des dunes.
- ii. Luzernière avec stockage et avec réduction de la superficie des cultures pour l'irrigation des EV et pour la stabilisation des dunes
- iii. Luzerne + bersim avec stockage Maraîchage sans stockage
- v. Luzernière sans stockage
- vi. Luzerne et bersim sans stockage

Il est important d'ajouter que le stockage des eaux ne permet pas seulement de régulariser les apports d'eaux mais aussi il joue le rôle d'un traitement additif des effluents. En effet, des essais de stockage en bassin menés en Tunisie par Trad et Xanthoulis (1999), ont montré que la décontamination des effluents secondaires se ralentit lorsque la profondeur du bassin augmente. Pour une profondeur inférieure à 150 cm, un abattement des coliformes fécaux de l'ordre de 3 unités log est réalisé en trois jours lorsque la température moyenne des eaux se situe entre 22 et 25 °C. Lorsque cette température évolue entre 25.5 et 28 °C, le même abattement est réalisé en 8 jours.

VIII.2. Valorisation des boues résiduaires

VIII.2.1. Quantités de boues produites

Sur la base d'une production moyenne de 0.04 m³/hab./an, les quantités de boues qui seront générées par l'épuration des eaux usées pour l'horizon 2010 et 2020 sont rapportées ci-après :

- 160 m³/3 ans pour 2 douars (96 m³ de MS)
- 300 m³/3 ans pour 3 douars (180 m³ de MS)

VIII.2.2 Valeur fertilisante minérale

La valeur fertilisante minérale relative aux éléments nutritifs majeurs N, et P et K est calculée sur la base d'un taux de minéralisation allant de 40 à 60 % durant la première année qui suit l'apport (Souidi et al., 1995). Ainsi un apport de 10 tonnes fournira les quantités moyennes d'éléments majeurs rapportées ci-après :

- 120 Kg d'azote
- 80 kg de phosphore
- 80 kg de potassium

VIII.2.3. Valeur organique

En plus de leur valeur fertilisante minérale, et à l'instar des autres produits organiques, les boues résiduaires constituent un excellent produit d'amendement pour l'amélioration de propriétés physiques et physico-chimiques des sols (capacité de rétention d'eau, stabilité structurale, rétention de cations, etc.). Cela permettra, particulièrement pour les sols de la zone d'étude caractérisés par de faibles niveaux de matières organiques et par une texture sableuse, d'améliorer significativement leur qualité.

VIII.2. 4. Modalités d'utilisation

Après séchage naturel des boues dans les lits de séchage, deux destinations sont possibles:

- (i) l'utilisation directe comme amendement des sols agricoles dans le cas d'un séchage prolongé permettant la suppression des pathogènes.
- (ii) le compostage des boues ou leur co - compostage avec les déchets ménagers et/ou déchets verts agricoles avec addition ou non d'autres agents structuraux.

Le compostage des boues ou leur co-compostage avec d'autres matières organiques consiste en une fermentation aérobie au cours de laquelle la matière organique se biodégrade pour donner une matière organique de C/N plus faible (12 à 15) et riche en substances humiques.

Le compostage offre en plus, par rapport à l'utilisation des boues brutes, un avantage considérable qui consiste en leur pasteurisation grâce à la phase thermophile du compostage. En effet, durant cette phase, il y a suppression totale de tous les germes pathogènes.

Le détail des principes de dimensionnement du compostage sont relatés dans le manuel édité par Soudi (2001). Ce même auteur prépare actuellement pour la FAO un manuel sur l'utilisation des boues résiduaires en agriculture ses implications agronomiques et environnementales. Ce manuel sera disponible en fin Février 2003.

VIII.3. Récupération et valorisation du biogaz

Pour réduire les odeurs et valoriser le biogaz, des gazomètres seront installés sur les deux bassins anaérobiques. Les gaz collectés alimentent un groupe électrogène qui fournit l'énergie dont a besoin la station (lumières, moto-pompe pour relevage des eaux vers les dunes en amont, etc.).

Mise à part l'étude pilote réalisée à Ben Sergao, les études du Schéma d'assainissement d'Agadir n'ont pas considéré cette option de valorisation.

Il est cependant jugé important de mentionner à ce niveau l'étude réalisée par CDER, PSE et GTZ (1997) en matière de production et de valorisation de biogaz. Cette étude a concerné les stations d'épuration de Boujâad, Ben Slimane, Ouarzazate et Drarga (non encore mis en place en 1997). Une synthèse de ces études, réalisée par Soudi (2001) pour le projet PREM, est relatée dans le tableau 16. Les données présentées concernent la production et l'utilisation potentielles de biogaz dans les stations pré-citées. Quelques données, issues des essais pilotes réalisés dans la station de ben Sergao, sont injectées dans le tableau 16.

Tableau 16. Données sur la production et l'utilisation de biogaz dans quelques STEP au Maroc (Les données de Boujâd, Ben Slimane, Ouarzazate et Drarga sont estimées sur base de (i) capacité et caractéristiques de la filière et (ii) données de référence de Ben Sergao).

[Synthèse de l'étude élaborée par Souidi (2001) pour le Projet PREM]

Données -Biogaz	STEP				
	Boujâad	Ben Slimane	Ouarzazate	Drarga	Ben Sergao
Filière d'épuration	Lagunage	Lagunage aéré	Lagunage et chenal algal	Infiltration Percolation	Infiltration Percolation
Volume d'eau traitée (m ³ /j)	1 176	4 000	432	280	750
Potentialités de production (m ³ /j)	107. 85 (284.4 m ³ /j après réhabilitation et gestion des boues)	469.3	38.64	94	105
Teneur en méthane (%)	73 (1)	73 (1)	73 (1)	73 (1)	73
Valeur calorifique (KWh _{th} /m ³)	7.3	7.3	7.3	7.3	7.3
Récupération de biogaz	6 gazomètres flottants par bassin (4 bassins)	10 gazomètres sur chacun des 4 bassins	4 gazomètres flottants par bassin (4 bassins)	3 gazomètres flottants sur bassin de décantation	gazomètre
Utilisation énergétique en (litre de gasoil/j)	176 litres de gasoil/j	436.5 litres de gasoil/j	24 litres de gasoil/j	58 litres de gasoil/j.	64 litres de gasoil/j.
Gain économique	882 DH/j	2 182. 5 DH/j	120 DH/j	290 DH	320 DH /j
Coût estimatif	335 DH/m ² couverte (2)	335 DH/m ² couverte (2)	335 DH/m ² couverte (2)	335 DH/m ² couverte (2)	335 DH/m ² couverte

(1) :Selon l'expérience de Ben Sergao ; (2) : Selon l'expérience de Ben Sergao (Ce coût est aussi fonction du temps de séjour hydraulique)

Sur la base de ces données, on peut générer les estimations, rapportées dans le tableau 17, concernant les potentialités de production de biogaz dans la STEP en projet dans la zone d'étude. Ces estimations sont faites pour les scénarios envisagés.

Tableau 17. Potentialités de production et d'utilisation de biogaz dans la STEP d'Aït Mimoun

Année	2010		2020	
	2 douars	3 douars	2 douars	3 douars
Localités concernées				
Volume d'eau traitée (m ³ /j)	134	236	180	341
Potentialités de production (m ³ /j)	12	22	17	32
Teneur en méthane (%)	73	73	73	73
Valeur calorifique (KWh _{th} /m ³)	7.3	7.3	7.3	7.3
Récupération de biogaz	2 à 4 gazomètres par bassin (2 bassins)			
Utilisation énergétique	Economie de 8 L de gasoil/j	Economie de 13 L de gasoil/j	Economie de 10 litres de gasoil/j	Economie de 19 litres de gasoil/j
Gain économique (DH/j)	48	78	60	114
Coût estimatif (DH/m ²)	335	335	335	335

IX. Impact du projet : gains économiques

IX.1. Gain de l'eau d'irrigation

Pour évaluer le gain relatif à l'eau d'irrigation, il s'avère nécessaire de préciser les coûts ou prix de revient du mètre cube des eaux souterraines conventionnelles utilisées dans la zone de l'étude.

Le coût total du mètre cube pompé est rapporté dans le tableau 22 pour les systèmes d'irrigation adoptés et selon la nature d'énergie utilisée.

Tableau 22. Coût total en Dirhams de m³ d'eau à la parcelle (D'après le SGRID/ORMVA-SM)
Seule le niveau piézométrique de 60 mètres est considérée conformément aux mesures par l'étude de diagnostic réalisée par le projet WPM (2002).

Système d'irrigation	Coût (en DH/m ³)
Gravitaire thermique	1.0946 (1.2147)
Gravitaire électrique	0.9348 (1.1247)
Localisé électrique	1.6936 (2.0917)

Les valeurs entre parenthèses correspondent aux prix payés moyennant le recours au crédit à raison de 50 % du coût d'investissement.

Etant donnée la baisse continuée du niveau de la nappe constatée dans la région, il a été jugé utile de reprendre le détail des données de l'ORMVA – SM pour représenter l'évolution du coût en fonction du niveau piézométrique (Figure 5).

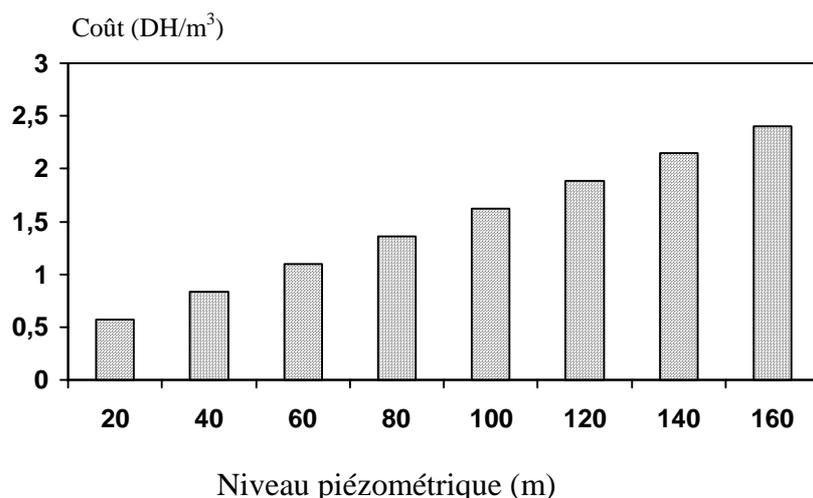


Figure 5. Evolution du coût total du mètre au cube en fonction du niveau piézométrique

Si on prévoit la vente du mètre cube d'eau usée épurée à 0.80 DH, on gagne en moyenne 0.5 DH/m³ selon les cas. Pour un besoin minimal des cultures maraîchères de plein champ de 4 500 m³ (cas du sous scénario 2.1.1), le gain économique est de 2 250 DH/ha. Un calcul similaire peut être fait pour les autres situations.

IX.2. Gain en éléments fertilisants

Le tableau 23 relate les quantités d'éléments fertilisants majeurs (N, P et K) apportées par une lame de 100 mm (1000 m³/ha) d'eau usée épurée par lagunage. Ces données sont issues du projet de Ouarzazate (Xanthoulis, 1995).

Tableau 23 : Apports en NPK (kg/ha) par les eaux épurées par lagunage pour une lame d'eau de 100 mm

Eléments fertilisants	Apport (Kg/ha)
N minéral	35
P205	15
K20	24

Des valeurs très proches sont citées par Papadopoulos (1998) pour une lame d'eau de 100 mm. Elles sont de 40, 10 et 30 Kg/ha, respectivement pour l'azote, le phosphore et le potassium.

Selon Faby et Brissaud (1997), une lame d'eau résiduaire de 100 mm peut apporter à l'hectare :

- 16 à 62 kg d'azote,
- 2 à 69 kg de potassium,
- 4 à 24 kg de phosphore,
- 18 à 208 kg de calcium,
- 9 à 100 kg de magnésium,
- 27 à 182 kg de sodium.

Si on considère la liste des cultures à promouvoir dans la zone d'étude, les apports en éléments fertilisants majeurs correspondant aux doses d'irrigation sont rapportées dans le tableau 24.

Si ces cultures sont pratiquées en plein champ, ces apports permettent de couvrir l'essentiel des besoins. Comme on prévoit également des amendements organiques avec les boues et/ou les déchets agricoles compostés, des quantités supplémentaires d'éléments nutritifs seront fournies par le processus de minéralisation. Les produits d'amendement organique permettront aussi d'améliorer les propriétés physiques du sol (capacité de rétention de l'eau et des cations et stabilité structurale).

Tableau 24. Quantités d'éléments fertilisants majeurs apportées (en Kg/ha) par les doses d'irrigation

Culture	N (kg/ha)	P ₂ O ₅ (kg/ha)	K ₂ O (kg/ha)
Bersim	156	67	107
Luzerne	518	220	355
Poivron	245	105	170
Haricot vert	160	70	110
Courgette	175	75	120
Aubergine	280	120	190
Moyenne pour toutes les cultures maraîchères confondues	160	68	108

A ce niveau, il convient d'émettre deux remarques supplémentaires :

- (i) les eaux épurées apportent également d'autres éléments nutritifs secondaires (Ca et Mg) ainsi que certains micro-éléments. L'absence d'activités industrielles dans la zone d'étude fait que les concentrations en métaux lourds dans les eaux usées épurées sont insignifiantes.
- (ii) Les éléments fertilisants sont apportés de manière similaire à la pratique de fertigation ou d'irrigation fertilisante
- (iii) Les besoins peuvent varier de manière notable en fonction du niveau de production. Celui-ci dépend d'autres facteurs : technicité de l'agriculteur, protection phytosanitaire des cultures, variété utilisée, itinéraires techniques etc...

Le gain économique généré par les apports de fertilisants est estimé en moyenne à 2580 DH/ha. Ce gain est minimal car il n'inclut pas l'apport d'autres éléments nutritifs.

IX.3. Gain en rendement agricole

L'irrigation avec les eaux usées épurées, assimilée à une micro-irrigation, permet d'augmenter significativement les rendements. Les accroissements de rendements estimés lors de l'étude de faisabilité du projet de Drarga sont en moyenne de 50 %.

IX.4. Gain généré par le biogaz (Cf. VIII.3)

IX.5. Gain généré par les boues résiduaires

Sur la base de leur valeurs fertilisante minérale et organique, on peut estimer un gain moyen de 1750 DH généré par l'application de 10 tonnes de boues par hectare tous les 3 ans

IX.6. Gains divers

D'autres gains, significativement importants, correspondent à l'irrigation des espaces verts et à la stabilisation des dunes.

X. Impact du projet : aspects sanitaires et environnementaux

X.1. Introduction

Même si le débit des eaux usées épurées ne permet pas l'irrigation d'une superficie appréciable, l'avantage le plus important, généré par l'assainissement – épuration des eaux usées, réside dans la protection des eaux souterraines et la préservation de la santé humaine. L'évaluation de cet impact consiste, en premier abord, à évaluer la pollution domestique générée par le mode d'évacuation actuel et son impact sur la qualité des eaux.

XI.2. Impact du projet sur la réduction de la pollution

La pollution domestique dépend de deux facteurs : la consommation d'eau et la composition des eaux usées. Pour l'estimer, le SNAL a adopté des ratios de pollution unitaire en g DBO₅/hab.j pour différentes classes en fonction de la taille des centres à assainir. Pour le cas des centres dont la taille est inférieure à 20 000 habitants comme pour le cas de la localité étudiée, le ratio de 25 g de DBO₅/hab.j est adopté.

Ainsi, on évalue la charge organique polluante dans la zone d'étude à 42 et 68 tonnes de DBO₅/an respectivement pour 2010 et 2020.

La pollution totale est calculée pour les autres paramètres de pollution comme la DCO, le NTK, le Phosphore total et le carbone organique en se basant sur les ratios adoptés par l'ONEP pour le cas des eaux usées au Maroc : DCO/DBO₅ : 2.5 ; C/DBO₅ : 1.12 ; C/NTK/PT : 100 /30/5. Ces paramètres s'expriment en fonction de la DBO₅ selon ces ratios.

Ainsi les pollutions estimées pour les principaux paramètres sont rapportées dans le tableau 25

Tableau 25. Charge polluante générée par les eaux usées de la zone d'étude

Paramètre	Charge polluante (tonnes/ an)	
	2002	2020
DBO ₅	42	68
DCO	105	170
NTK	15	25
P tot	2.5	4.2

Sur la base de la performance épuratoire du système de traitement adopté, la réduction de cette pollution est significativement réduite comme le montre le tableau 26.

Tableau 26. Taux de réduction de la pollution

Paramètre	Charge polluante (tonnes/ an)	
	2002	2020
DBO5	8 (82 %)	12 (82 %)
DCO	29.4 (78 %)	48 (78 %)
NTK	11 (32 %)	19.5 (32 %)
P tot	1.25 (50 %)	2.1 (50 %)

Les valeurs entre parenthèses correspondent aux taux de réduction de la pollution

Si on considère la fraction d'azote ammoniacal qui s'élève à 170 mg/l, on peut calculer une charge annuelle de 22 tonnes/an en 2020. Sur base d'un taux de nitrification minimale de 50 %, la quantité d'azote nitrique potentiellement lixiviable vers la nappe est estimée à environ 11 tonnes/an. Cela conduira inéluctablement dans le moyen et le long terme à la pollution nitrique de l'eau. Celle ci deviendra par conséquent impropre à la consommation.

Le traitement des eaux usées permettra de réduire d'au moins de 50 % cette charge d'azote. En outre, la réutilisation des eaux usées épurées constitue aussi une voie de réduction significative de la charge polluante, notamment azotée, en détournant les éléments nutritifs, et particulièrement l'azote, dans la biomasse végétale. Les autres matières organiques résiduelles ainsi que les boues permettront d'enrichir le sol en matière organique.

X.3. Impact sanitaire

Dans ce qui suit, il a été jugé utile de relater quelques aspects sanitaires liés aux usées. Il s'agit d'un extrait de l'étude réalisée pour l'ONEP par Xanthoulis, Soudi et Khalayoune (2001). Les eaux usées représentent un important véhicule d'agents biologiques et chimiques résultant de l'activité humaine. Différents concepts s'opposent dans la définition du risque sanitaire lié aux eaux usées. Les agents pathogènes peuvent être transmis directement, lors de contact direct ou indirectement, par consommation de produits de cultures irriguées avec des eaux usées non traitées ou par des produits d'origine animale ayant accumulé des éléments infectieux ou toxiques. La chaîne de transmission souvent complexe fait intervenir de nombreux facteurs liés à l'agent infectieux, au contexte épidémiologique et aux mesures d'hygiène des populations. Le tableau 27 résume les principaux agents infectieux retrouvés dans les eaux usées.

Tableau 27: Principaux agents infectieux retrouvés dans les eaux usées et maladies générées
(D'après plusieurs références)

Classe biologique	Agent pathogène	Maladie
Virus	Polivirus	Poliomyélite
	Virus de l'hépatite A	Hépatite infectieuse
	Rotavirus	Diarrhée
Bactéries	Campylobacter jejuni	Diarrhée
	Escherichia coli	Diarrhée
	Salmonella spp.	Diarrhée/dysenterie
	Shigella spp.	Diarrhée/dysenterie
	Vibrio cholerae	Diarrhée
Protozoaires	Entamoeba histolytica	Diarrhée/dysenterie
	Giardia lamblia	Diarrhée
Helminthes		
Nématodes	Ascaris lumbricoides	Ascariidose
	Trichuris trichiura	Trichurirose
	Ancylostoma	Ancylostomose
Trématodes	Schistosoma spp.	Schistosomiase
	Fasciola spp.	Douve du foie
Cestodes	Taenia spp	taeniasis

En plus de des problèmes sanitaires attribués aux germes infectieux, la pollution chimique des eaux notamment par les nitrates peut avoir des effets néfastes sur la santé de l'Homme et particulièrement les femmes enceintes, les nourrissons et les personnes âgées. Les animaux vulnérables sont les petits ruminants.

Dans le contexte de l'étude, les infiltrations de l'ammonium et son oxydation en nitrate par le processus de nitrification augmente de manière significative le risque de pollution nitrique des eaux souterraines. Lorsque la concentration de ces eaux dépasse les 50 mg/l, le risque de méthémoglobinémie(ou maladie du sang bleu) devient élevé. Cette pathologie résulte de la réduction du nitrate en nitrite dans l'estomac et au niveau de l'intestin grêle et les nitrites remplacent le fer du groupement pyrole de l'hémoglobine. Ainsi, le transport de l'oxygène dans le sang n'est plus assuré normalement ce qui provoque une anémie et une asphyxie voire une cyanose du sang.

Des études récentes ont montré que la méthémoglobinémie est largement favorisée par la prolifération de bactéries nitrato-réductrices. Cette situation semble être assez fréquente chez les nourrissons atteints d'une gastro-entérite ou affectés de diarrhées infectieuses.

L'évaluation économique de l'assainissement et de traitement des eaux usées sur la santé demeure très difficile à chiffrer. En effet, la seule approche consisterait à évaluer les effets de non-assainissement et/ou de non-traitement des eaux usées sur la santé en terme de maladies, de besoins en hospitalisation,

de perte de bien être etc. Cela reste difficile car les relations directes entre les eaux usées et les pathologies constatées ne sont pas facilement palpables.

XI. Aspects organisationnels de la réutilisation des eaux usées

Plusieurs options de gestion de la STEP et du périmètre irrigué peuvent être envisagées :

Gestion de la STEP

- Gestion par les deux communes de Sidi Bibi et d'Aït Aâmira
- Co – gestion par les communes et les associations avec désignation d'un comité mixte représentant les communes et les associations
- Gestion et suivi par l'ONEP
- Gestion privée moyennant un cahier de charges

Quel que soit le type de gestionnaire, il aura pour charge d'assurer une exploitation durable de la STEP incluant toutes ses composantes (biogaz, espaces verts, stabilisation des dunes) en garantissant la qualité requise de l'effluent. Pour le cas de stabilisation des dunes, l'énergie requise pour le relevage peut être couverte par le biogaz.

La vente de l'eau peut être fixée à un 0.80 DH/m³). Celui – ci est intermédiaire entre le prix des eaux de barrage (0.55 DH/m³) non disponibles actuellement dans la zone d'étude et celui des eaux souterraines (1 à 1.5 DH/m³ pour un niveau piézométrique ne dépassant pas 60 m)

Les boues séchées ou compostées peuvent être également vendues aux agriculteurs.

Gestion des périmètres irrigués

La gestion du périmètre irrigué peut être envisagée selon différentes modalités dont les plus plausibles sont rapportées ci-après :

- Partage des parcelles entre les ayants droit et distribution de l'eau selon les besoins avec installation d'un réservoir de stockage à l'aval de la STEP ou des petits réservoirs pour un groupement de parcelles. Selon les cas, des compteurs seront placés à chaque sortie. Cette option nécessiterait de recourir à une pratique ancienne dans la région qui consiste à désigner un Amazal (gérant de la distribution de l'eau).
- Les agriculteurs bénéficiaires peuvent également s'organiser en association des irriguants usagers des eaux épurées. Cela leur permettra de bénéficier de l'encadrement de l'ORMVA – SM et de bénéficier des avantages en matière de subventions prévues pour ce type d'organisation.

- Les agriculteurs peuvent être organisés en coopérative de production et gèrent de manière collective toute la superficie avec un bassin de régulation à l'amont qui régularise l'eau provenant de la STEP. Dans ce cas, les scénarii « maraîchage seul ou luzernière » sont recommandées.
- Option « libre » : le gestionnaire de la STEP vend le volume d'eau disponible à tout agriculteur pouvant prendre en charge l'acheminement de l'eau depuis la STEP jusqu'à sa parcelle. Dans ce cas un calendrier prévisionnel doit être élaboré au préalable pour que l'agriculteur s'assure de la livraison du volume d'eau requis. Cette option peut être très justifiée pour l'irrigation des cultures sous serre avoisinantes.

Quel que soit le type de gestion du périmètre irrigué, les agriculteurs usagers sont soumis aux directives concernant les bonnes pratiques de réutilisation des eaux épurées ainsi qu'aux exigences en matière de suivi et de contrôle de qualité de l'eau, du sol et des produits agricoles

Un Comité Technique Régional de Réutilisation des eaux usées représentant les organismes concernés (ORMVA – SM, ONEM, Agence du Bassin, Santé, Environnement, etc.) supervise aussi bien le fonctionnement de la STEP, la qualité des effluents ainsi que conditions de réutilisation des eaux usées épurées.

XII. Système de suivi et de surveillance

Comme il a été déjà recommandé pour le cas de la Station de Drarga, la surveillance s'opère par un suivi régulier des différentes composantes du système de traitement et de réutilisation des eaux usées, des boues résiduaires, des produits agricoles etc.... Le tableau 28 relate les principaux paramètres de suivi de qualité et la fréquence de suivi.

Durant les premières années de suivi, il est recommandé d'installer 2 ou 3 lysimètres pour évaluer la qualité des percolats et particulièrement la concentration nitrique des eaux infiltrées au-delà des zones racinaires.

Comme il a été souligné auparavant, les boues résiduaires doivent être compostées pour garantir une suppression totale des germes pathogènes. Dans le cadre d'une gestion intégrée des déchets liquides et solides, il serait préférable de procéder à un co-compostage de ces déchets avec d'autres matières organiques disponibles dans la zone d'étude (déchets ménagers et déchets verts agricoles).

Le risque majeur qui persiste après le compostage réside dans les métaux lourds. Dans le contexte actuel de la zone d'étude où les activités industrielles génératrices d'une pollution métallique sont quasi - inexistantes le risque de pollution métallique est insignifiant. Toutefois, une surveillance par des analyses des éléments traces dans les boues séchées ou dans le compost s'imposera. Sur la base de ces analyses et des normes disponibles, les doses d'application seront définies.

Tableau 28. Principaux paramètres de suivi de qualité et la fréquence de suivi

Paramètre	Fréquence (1)
<u>EAUX EPUREES</u>	
Salinité (CE)	6 fois par an
Bilan ionique	1 fois par an
Alcalinité sodique (SAR)	1 fois par an
DBO5	1 fois par mois
Nitrates	1 fois par mois
Eléments traces	1 fois par an
MES	1 fois par semaine
Qualité biologique (CF, CF, Helminthes)	1 fois par semaine la première année
<u>PRODUITS AGRICOLES</u>	
Qualité microbiologique	à la récolte et pour chaque coupe pour le cas des cultures fourragères à cycles répétés. Le contrôle concerne tous les parties consommables par l'Homme et l'animal
Eléments traces si nécessaire (selon les analyses de l'eau et du compost de déchets appliqué comme amendement du sol)	à la récolte
<u>SOLS</u>	
Salinité (CEps)	1 fois par (avant les premières pluies)
Sodicité (ESP)	1 fois tous les deux ans
Taux d'infiltration	1 fois tous les cinq ans
Stabilité des agrégats	1 fois tous les deux ans
Matière organique	1 fois tous les deux ans
Eléments traces	1 fois tous les deux ans
<u>PERCOLATS LYSIMETRIQUES</u>	
Nitrates (avec volume percolé)	1 fois par semaine
Salinité	1 fois par semaine

(1) Des suivis plus rapprochés de ces paramètres ou d'autres paramètres additionnels peuvent être effectués à titre d'expérimental. Par exemple des suivis superposés au calendrier d'irrigation et aux stades végétatifs peuvent être envisagés à titre expérimental)

XIII. Eléments pour instruire le dossier d'analyses coûts – avantages

XIII.1. gains générés par la valorisation des eaux usées et de sous produits

Le tableau 29 récapitule les principaux avantages de la valorisation des eaux usées et de sous produits (boues et biogaz).

Avantages	Valeur
Gain en eau	2 250 DH/ha
Gain en fertilisants Minéraux (directement assimilables)	2 580 DH/ha
Boues (fertilisation minérale et organique)	3 500 DH/ha/3ans
Gain en biogaz	23 000 DH/an
Gain en accroissement des rendements	-
Gain environnemental	-
Gain sanitaire	-

XIII.2. Vente de l'eau

Sur la base du prix de l'eau proposé (0.80 DH/m³), les recettes évolueront comme le montre le tableau 30.

Tableau 30. Recettes de vente des eaux usées épurées (DH/an)

Option	Horizon			
	2005	2010	2015	2020
2 douars	31 500	39 300	47 400	52 330
3 douars	53 000	68 900	89 500	99 500

XIII.3. Coûts d'investissement pour la réalisation de la STEP

Une tentative d'actualisation des coûts sur base des références locales données dans le tableau a permis d'évaluer le coût d'investissement à 2 Millions de Dirhams pour l'option 2 douars et à 4 Millions de Dirhams pour l'option 3 douars. Soulignons toutefois que l'étude APD précisera davantage ces chiffres.

XIII. 4. Coût d'exploitation

La rubrique la plus importante réside dans la main d'œuvre pour l'entretien, le curage et le gardiennage. On peut estimer ce besoin à environ 2 jours par semaine soit une centaine de jours par an

pour les activités occasionnelles et 365 jours d'un ouvrier permanent. Sur base d'un salaire moyen de 50 Dirhams par jour , le coût de l'exploitation courante est donc d'environ 23 000 Dirhams par an. Cette somme peut être majorée de 25 % pour couvrir activités exceptionnelles de curage des boues, de débouchage des canalisations etc. Le SNAL estime le coût d'exploitation du lagunage naturel à environ 2 % du coût d'investissement pour une population inférieure à 20 000 habitants.

Références

- Boutin C., Duchène P., Liénard A. (1997), Filières adaptées aux petites collectivités, Document technique FNDAE n°22.
- CDER-PSE-GTZ. 1997. Promotion de l'utilisation du bi gaz dans des stations d'épuration au Maroc
- Jean-Antoine FABY et François BRISSAUD. 1997 Utilisation des eaux usées en irrigation OFFICE INTERNATIONAL DE L'EAU
- Papadopoulos. 1998. Wastewater users manual : irrigation with wastewater. FAO, Cairo, Egypt.
- Soudi, B. et Jemali A..1998. Valorisation agricole des boues résiduaire : Impact des amendements sur la dynamique de l'azote des sols. In. Proceedings of International Workshop on " Sewage Treatment and Reuse for Small Communities : Mediteranean and European Experiences " Edited by R. Choukr Allah.
- Soudi, B. et R. Choukr Allah. 2000. Réutilisation des eaux usées en Agriculture au niveau des petites et moyennes communes: directives générales et expérience pilote de la commune de Drarga. in. Bulletin de Transfert de Technologie en Agriculture, No 54.
- Soudi. 2001. Compostage des déchets ménagers et valorisation du compost : Cas des petites et moyennes communes au Maroc. dans les petites et moyennes communes: Modalités de compostage. Pour l'Organisation des Nations Unies pour le Développement Industriel . Ed. Actes Editions, Série Agriculture et Environnement. PP. 104
- Trad M.R, Xantoulis. 1999. Amélioration de la qualité technologique des effluents secondaires par stockage en bassins. Biotechnol. Agron. Soc. Environ. 1999 3 (3), 149 –157
- Xantoulis, D. 1995. Le recyclage des eaux usées en agriculture. Projet de Ouarzazate FAO/PNUD
- Xantoulis, D., B. Soudi et K. Khalâypune. 2001. Amélioration des connaissances dans le domaine de réutilisation des eaux usées épurées en agriculture. Etude pour la FAO-ONEP