



DEPARTEMENT DE SCIENCES DE LA TERRE
LICENCE PROFESSIONNELLE : EAU & ENVIRONNEMENT



Projet de fin d'études

Assainissement liquide vers une nouvelle technique écologique:

Étude de bambou-assainissement du chef lieu de la commune rurale de Sidi Moussa Lhamri



Soutenu le: 01/03/2012

Devant le jury:

Pr. EL HARIRI	Encadrant pédagogique
Pr. KHAMLI	Examineur
Pr. AIT AIDI	Examineur



Remerciements

A l'issue de mon stage de fin d'étude, je tiens tous d'abord à remercier mes parents pour leur soutien le long de ma formation aussi bien scolaire qu'universitaire.

Ensuite, je tiens à remercier la direction de l'ABHSMD de m'avoir accueilli à titre de stagiaire.

*Je présente mon profond respect à **Mr. Abdessadek NRHIRA**, Chargé de la Division Etudes et Planification des Ressources en Eau pour les moyens qu'il a mis à ma disposition et sa sympathie.*

J'aimerais aussi gratifier les efforts de tous le personnel de la division Etudes et Planification des Ressources en Eau, chacun de son nom, pour leurs soutiens et sympathies.

*Qu'il ne soit permis au terme de ce travail, d'adresser mes sincères remerciements ainsi que ma profonde gratitude à mon encadrant professionnel **Mr Abdelhamid FANZI** qui n'a pas épargné aucun effort pour m'orienter à mener ce travail à son terme, Je suis reconnaissante pour le temps qu'il m'a consacré tout au long de l'expérience enrichissante qu'il m'a permise.*

Mes vifs remerciements vont aussi aux agents de la division d'assainissement et environnement de l'ONEP de m'avoir fournis des précieuses notions qui m'ont été d'une utilité considérable lors de l'élaboration de cet humble rapport.

*J'adresse mes remerciements les plus distingués à **Mr Mouhemed TIJANI** ingénieur en **BET-RCS** qui a eu l'amabilité de répondre à mes questions-débats et me fournir les explications nécessaire pour réaliser ce travail.*

*Sans oublier d'adresser mes vives considérations et respect à mon encadrant pédagogique **Pr. Khadija El HARIRI**, un grand merci pour sa disponibilité, sa gentillesse, et ses conseils judicieux. Ainsi à tous mes enseignants, et à tout le corps pédagogique et administratif de la faculté des sciences et techniques de Marrakech et plus particulièrement le département de la science de la terre, qui ne cesse de nous garantir une formation de haute qualité.*

Je remercie également d'avance tous les membres de jury d'avoir bien voulu lire mon rapport et apporter un regard critique sur ce modeste travail.

Enfin, à tous ceux qui ont contribué, de près ou de loin à la réalisation de ce travail, trouvent ici l'expression de mes sincères gratitude et mes meilleures salutations.

Sommaire

Remerciement.....	1
Sommaire.....	2
Introduction général.....	5
Problématique.....	6
Objectif de l'étude.....	6
Méthodologie de travail.....	7
<u>Chapitre I :Présentation de l'organisme d'accueille , L'Agence du Bassin Hydraulique de Souss-Massa et Drâa (ABHSMD)</u>	<u>8</u>
I-LA RELANCE DE LA POLITIQUE DE L'EAU PAR LA LOI 10-95.....	8
II-ENJEUX ET DEFIS A RELEVER :	8
III-QUELQUES SERVICES DE L'ABHSMD	9
III.1-ASSISTANCE TECHNIQUE.....	9
III.2-REDEVANCES	10
IV-LES ZONES D'ACTION de l'ABHSMD.....	10
V-BILAN DES PROJETS REALISES EN PARTENARIAT	13
<u>Chapitre II: Pertinence du choix du sujet</u>	<u>15</u>
I-LES OBJECTIFS DU MILLENAIRE POUR LE DEVELOPPEMENT (OMD).....	15
I.1- LES OMD AU MAROC	16
I.2-INDICATEURS AU MAROC	16
II-L'EXIGENCE DU DEVELOPPEMENT RURAL DANS LES STRATEGIES NATIONALES	18
II.1- STRATEGIE 2020	18
II.2- LA CHARTE DE L'ENVIRONNEMENT	18
III-CONTRIBUTION A L'ASSAINISSEMENT RURAL.....	19
III.1-INTRODUCTION	19
III.1.1-Définition de l'assainissement.....	19
III.1.2-Les objectifs de l'assainissement.....	19
III.1.3-L'importance de l'assainissement.....	20
III.2-LES ENJEUX GENERAUX DE L'ASSAINISSEMENT.....	20
III.2.1-Normes de rejet.....	20
III.3-DIFFERENTS MODES D'ASSAINISSEMENT RURAL	23
III.3.1-Types de systèmes d'assainissement	23
III.4- MODES DU SYSTEME D'EPURATION UTILISES DANS LE MONDE RURAL..	25
<hr/>	
L'assainissement liquide vers une nouvelle technique écologique : bambou-assainissement	2

Chapitre III: La phytoremédiation/ Notions de bases.....29

I-PROCESSUS DE LA PHYTOREMEDIATION.....	29
I.1-DEFINITION DE LA PHYTOREMEDIATION	29
I.2-PRINCIPE DE FONCTIONNEMENT DE LA PHYTOREMEDIATION	30
I.2.1-Effet rhizosphérique	31
I.2.2-Principe de décantation.....	31
I.3-AVANTAGES ET LIMITES DE LA TECHNIQUE	31
I.3.1-Les avantages	31
I.3.2- Les limites	31
I.4-Les hyperaccumulateurs.....	32
II. Le Bambou, EN TANT QUE SYSTEME D'ASSAINISSEMENT	32
III.1-GENERALITES.....	32
III.2-DESCRIPTIF	33
III.2.1- Le rhizome.....	33
III.2.2- Le chaume.....	34
III.2.3-Branches-Feuilles-Fleurs	35
III.3 -DISTRIBUTION MONDIALE DU BAMBOU	35
III.4-LES QUALITES ET LES DIVERS UTILISATIONS DU BAMBOU	37
III.4.1-les qualités	37
III.4.1-Les divers utilisations du bambou.....	38

Chapitre IV: Etude d'application de la technique de bambou-assainissement dans le chef lieu de la CR de Sidi Moussa Lhamri.....39

I-INTRODUCTION	39
I.1-PHYTOREM.....	39
II- PRESENTATION DE LA ZONE D'ETUDE	39
II.1-SITUATION GEOGRAPHIQUE ET ADMINISTRATIVE.....	39
II.2-CONTEXTE NATUREL	40
II.2.1-Climat et type de temps	40
II.3-GEOMORPHOLOGIE ET GEOLOGIE	45
II.3.1- Géomorphologie.....	45
II.4-RESSOURCES EN EAU ET HYDROLOGIE	46
II.4.1-Eau superficielle	46
II.4.2-La qualité des eaux	47
II.4.4-Hydrologie	47
II.5-URBANISME ET DIMOGRAPHIE	47
II.5.1. Occupation actuelle du sol	47

II.6-IINFRASTRUCTURE DU BASE	48
II.6.1- Alimentation en eau potable	48
II.6.2- Assainissement liquide.....	48
II.6.3- Assainissement solide.....	49
II.6.4-Électricité	49
II.6.5-Téléphone	49
II.6.6-Voirie	49
III. DONNEES DE BASE POUR L'ETABLISSEMENT DU PROJET	50
III.1.PROJECTION DES BESOINS EN EAUX, DES DEBITS DE REJETS, ET DES CHARGES POLLUANTES	50
III.1.1- Calcul des besoins en eau.....	50
III.1.2-Calcul des débits des eaux usées	51
III.1.3. Calcul des charges polluantes	52
IV-CHOIX ET DESCRIPTION DE SYSTEME D'ASSAINISSEMENT PROJETE.....	55
IV.1-RESEAU DE COLLECTE.....	57
IV.2- STEP ET TRAITEMENT D'EPURATION.....	57
IV.2.1- Choix du site	58
IV.2.2-Ouvrages de prétraitement.....	59
IV.2.3-Ouvrages de traitement	60
IV.2.4. AMENAGEMENT DE LA BAMBOUSERAIE	66
IV.4.OBJECTIF ET AVANTAGES DU SYSTEME EPURATOIRE	70
IV.4.1QUALITES DES EAUX EPUREES.....	70
IV.4.2.AVANTAGES DU PROCEDES	70
Conclusion.....	72
Liste des figures.....	74
Liste des tableaux.....	74
Liste des photos.....	75
Liste des abréviations.....	76
Références Bibliographiques.....	77
Références bambou-assainissement.....	78

Introduction général

Les eaux résiduaires, autrement dénommées eaux usées, engendrent des effets majeurs de santé publique telles que des maladies diarrhéiques ou des épidémies de typhoïde ou de choléra.

Elles sont également synonymes, à travers l'image donnée par les media, de plans d'eaux pollués, de milieux aquatiques envahis d'algues ainsi que de disparition de vie animale.

Elles constituent donc un réel problème environnemental.

La protection de la santé publique et de l'environnement deviennent aujourd'hui la préoccupation première des gouvernements et des collectivités locales qui cherchent les procédés les plus efficaces pour la décontamination des eaux usées.

D'où l'importance de mener, que ce soit en milieu urbain ou rural, des études de réalisation des projets des systèmes d'assainissement simples, peu coûteux, mais indispensables pour garantir « la santé pour tous ». Toutefois, n'importe quelle étude doit comporter également une étude d'impact sur l'environnement en vue d'intégrer le projet dans son environnement sensible et de préconiser une solution qui préserve l'environnement.

*Ce travail, réalisé au sein de l'agence du bassin hydraulique de l'ABHSMD, a pour objectif de se familiariser avec les procédés naturels d'épuration des eaux usées en réalisant des systèmes pilotes expérimentaux. Ce fût donc l'occasion de conduire une étude pluridisciplinaire sur les performances épuratoire de **l'assainissement par bambou**. Dans ce cadre, l'ABHSMD m'as chargé d'étudier la possibilité de réaliser un projet d'**assainissement par bambou** du chef lieu de la Commune Rurale de Sidi Moussa Lhamri (province de Taroudant) .*

Problématique

A l'instar des pays en développement, le Maroc est de plus en plus confronté à des problèmes environnementaux parmi lesquels on peut mentionner la dégradation des ressources naturelles, les pollutions chimiques, les sites contaminés, l'aménagement et la planification du territoire, la gestion des réseaux et des ressources en eau et celle des déchets urbains. Leur mise en œuvre se heurte à plusieurs contraintes qui sont essentiellement d'ordre institutionnel, financier, technique, socio-économique ainsi qu'un manque d'informations appropriées et de données actualisées.

Les pratiques appliquées actuellement en matières de gestion de l'environnement ne sont pas en conformité avec les normes de développement durable, qui vise à améliorer la vie des citoyens grâce au développement socio-économique et à la protection de l'environnement. Ces pratiques ont des impacts désastreux, à court et à long terme, sur l'état sanitaire des populations, les sols, l'air et les ressources hydrauliques. Le développement démographique et l'accroissement des activités économiques ne font qu'amplifier les problèmes, en contribuant à la dégradation de l'environnement et à la contamination ou l'épuisement des ressources naturelles.

Il est primordial de souligner que le domaine de la gestion de l'environnement, en tant que composante du système de gestion de l'aménagement et de planification du territoire, représente un défi majeur pour les prochaines années et un domaine prometteur pour la protection de l'environnement. Il devrait en effet être intégré à tous les secteurs d'activité susceptibles d'avoir un impact sur l'environnement.

Objectif de l'étude

Dans le contexte mondial actuel où le prix des matières premières et de l'énergie ne cesse d'augmenter, où le changement climatique global effraie ; l'Homme essaye à présent de se tourner vers des matériaux plus propres et plus naturels. La tendance d'aujourd'hui veut que les chercheurs développent des matériaux et des technologies non polluants qui consomment un minimum d'énergie lors de leur production. Ils se sont naturellement orientés vers des matériaux non industriels et biodégradable, tel que le bambou. Le bambou serait-il une des meilleures ressources végétales dont nous pourrions disposer dans la nature ?

*Nous allons voir dans le présent rapport que le bambou est une plante exceptionnelle aux qualités remarquables, ses diverses utilités et différents domaines d'application, et ses caractéristiques en font un matériau prisé ; car toutes ses spécificités en font un végétal aux usages multiples. Nous nous pencherons alors sur le cas particulier du **bambou en tant que système d'épuration des eaux usées.***

Méthodologie de travail

La complexité du sujet à traiter réside dans le fait que peu de travaux similaires ont été effectués à l'échelle nationale nous permettant de nous inspirer pour appréhender au mieux le projet. A travers tous les entretiens avec les responsables de l'ABHSMD, de l'ONEP, et également de la RAMSA, nous avons pu déduire que le Plan National de l'Assainissement (PNA) est en pleine vitesse de croisière et les stratégies du Gouvernement dans le domaine de l'Environnement sont de plus en plus insistantes. Devant ce fait, un modèle d'assainissement « à peine expérimental » tel que le bambou-assainissement ne se justifie pas amplement à trouver sa place par rapport aux modes classiques, particulièrement les fosses septiques avec rejet en puits perdus ou en tranchées d'infiltration.

- *Notre méthodologie de travail s'est donc appuyée, dans un premier temps sur une recherche bibliographique pointue, démontrant essentiellement la pertinence du sujet par rapport aux préoccupations nationales dans le domaine de l'Environnement.*
- *Nous avons mis en exergue, les particularités du bambou afin de mettre en valeur les avantages du projet.*
- *En concertation avec les responsables de l'Agence, le choix de l'analyse s'est porté sur un centre rural, en plein essor dynamique pour mieux prédéfinir la variante d'épuration des eaux usées.*
- *En dernier temps, nous avons calculés les paramètres nécessaires pour le dimensionnement de la station d'épuration.*

Chapitre I : PRESENTATION DE L'ORGANISME D'ACCEUILLE

L'agence du bassin hydraulique est créée par la loi 10-95 sur l'eau en tant qu'établissement Public, doté de la personnalité morale et de l'autonomie financière.

Instituée par le décret 2-00-480 du 14-11-2000 pris en application de l'article 20 de la loi sur l'eau, l'Agence du Bassin Hydraulique de Souss-Massa et Drâa, est chargée du développement et de la gestion et la protection du capital eau et du domaine public hydraulique du groupement de bassins hydrographiques de la région.

I-LA RELANCE DE LA POLITIQUE DE L'EAU PAR LA LOI 10-95

La promulgation de la nouvelle loi 10-95 sur l'eau constitue un événement qui mérite d'être souligné. En effet cette loi qui constitue la base juridique pour mener une gestion intégrée des ressources en eau, vise à mettre en place une politique nationale de l'eau basée sur une vision prospective. Elle pose les éléments d'une gestion concertée en impliquant l'ensemble des acteurs de l'eau d'une part, et reconnaît pour la première fois la valeur économique de l'eau par l'introduction du principe préleveur - payeur et pollueur - payeur d'autre part.

La loi sur l'eau a par ailleurs créé les structures qui assurent la gestion intégrée dont l'entité nouvelle est « l'Agence de Bassin », qui est un établissement public à caractère administratif.

II-ENJEUX ET DEFIS A RELEVER :

Créée au niveau de chaque Bassin Hydraulique ou ensemble de Bassins Hydrauliques, l'ABHSMMD constitue l'organisme exécutif de la gestion des eaux de la région. L'Agence est chargée de mettre en œuvre, la politique de l'eau conformément aux textes de loi, aux orientations nationales, aux objectifs et enjeux propres à sa zone d'action.

L'Agence joue un rôle fédérateur au niveau du Bassin, de tous les intervenants dans le domaine de l'eau autour de principes et objectifs admis par l'ensemble des parties concernées et de ce fait matérialise le passage d'une planification et gestion administrée à une planification et gestion participative et concertée. Dans ce cadre, l'Agence du Bassin Hydraulique de Souss Massa doit faire face aux défis suivants :

- ✓ La gestion d'une ressource de plus en plus rare à l'échelle du Bassin Hydraulique ;

- ✓ L'atténuation des retombées d'une surexploitation accrue et anarchique des eaux souterraines ;
- ✓ La satisfaction des besoins en eau en croissance continue ;
- ✓ La préservation et la conservation de la ressource et de l'environnement par la protection des aménagements hydrauliques ;
- ✓ La lutte contre les effets néfastes de la pollution, qui prend de l'ampleur, due essentiellement aux activités humaines, industrielles et agricole ;
- ✓ La généralisation de l'accès à l'eau potable dans le milieu rural ;
- ✓ La mise en place des outils et mesures permettant la mise en œuvre des dispositions de la loi 10-95 sur l'eau ;
- ✓ Le développement du partenariat et de la gestion participative et concertée à l'échelle de bassin hydraulique ;
- ✓ L'encadrement et l'assistance technique des usagers de l'eau dans le domaine du développement des ressources en eau et des actions de dépollution ;
- ✓ Développement des technologies adéquates dans le domaine de la planification et la gestion de l'eau, ainsi que dans le domaine de l'économie de l'eau.

Le présent projet s'insère parfaitement dans les attributions de l'agence ; particulièrement en matière de protection de l'environnement.

III-QUELQUES SERVICES DE L'ABHSMD

III.1-ASSISTANCE TECHNIQUE

L'ABHSMD est chargée d'assurer l'assistance technique aux personnes publiques et privées qui en feraient la demande.

L'assistance technique de l'Agence concerne les domaines suivants :

- ↪ Les travaux de forages ;
- ↪ Les essais de pompage ;
- ↪ Les études hydrologiques et hydrogéologiques ;
- ↪ Les études d'impact sur les ressources en eau.

Les partenaires bénéficiaires de l'assistance technique sont généralement :

- ↪ L'ONEP ;
- ↪ L'ORMVA ;
- ↪ Les collectivités locales (provinces et communes...), notamment dans le cadre du programme de l'INDH ;
- ↪ Les associations d'eau potable ;
- ↪ Les associations d'irrigations ;
- ↪ Les agriculteurs ;
- ↪ Les investisseurs.

III.2-REDEVANCES

L'ABHSMD perçoit des redevances auprès des utilisateurs du domaine public hydraulique. Ces redevances sont instaurées pour inciter à mieux gérer l'eau et à apporter des aides financières aux actions d'intérêt commun au bassin. Ces aides peuvent être accordées aux usagers qui souhaitent soit mobiliser une ressources en eau soit en préserver la qualité, sous forme de subvention.

Les redevances sont calculées sur la base de la ressource prélevée (volume d'eau prélevé ou volume de matériaux de construction extrait) en application du principe « Préleveur -payeur » et de la pollution rejetée en application du principe « Pollueur - payeur » Ces redevances traduisent, d'une part, le principe de participation des usagers au développement et la valorisation de l'eau et d'autre part, la volonté d'une gestion décentralisée. Le paiement de la redevance est obligatoire.

Il existe deux grandes catégories de redevances :

- ✓ les redevances **ressources** (prélèvement d'eau, extraction de matériaux de construction, dérivation).
- ✓ et les redevances de **pollution** (domestique, industrielle, agricole,...)

Le calcul des redevances se fait comme suit:

$$R = A \times C \times T$$

R = redevance (pollution, ressource)

A = assiette (quantité de pollution, volume d'eau prélevé, déclaré ou autorisé,...)

C = coefficients (zone, collecte pour la pollution domestique, coefficient de régulation,...)

T = taux (en DH / unité d'assiette).

IV-LES ZONES D'ACTION de l'ABHSMD

La zone d'action de l'ABHSMD est découpée administrativement en deux grandes parties : région de Souss Massa et la région de Drâa.

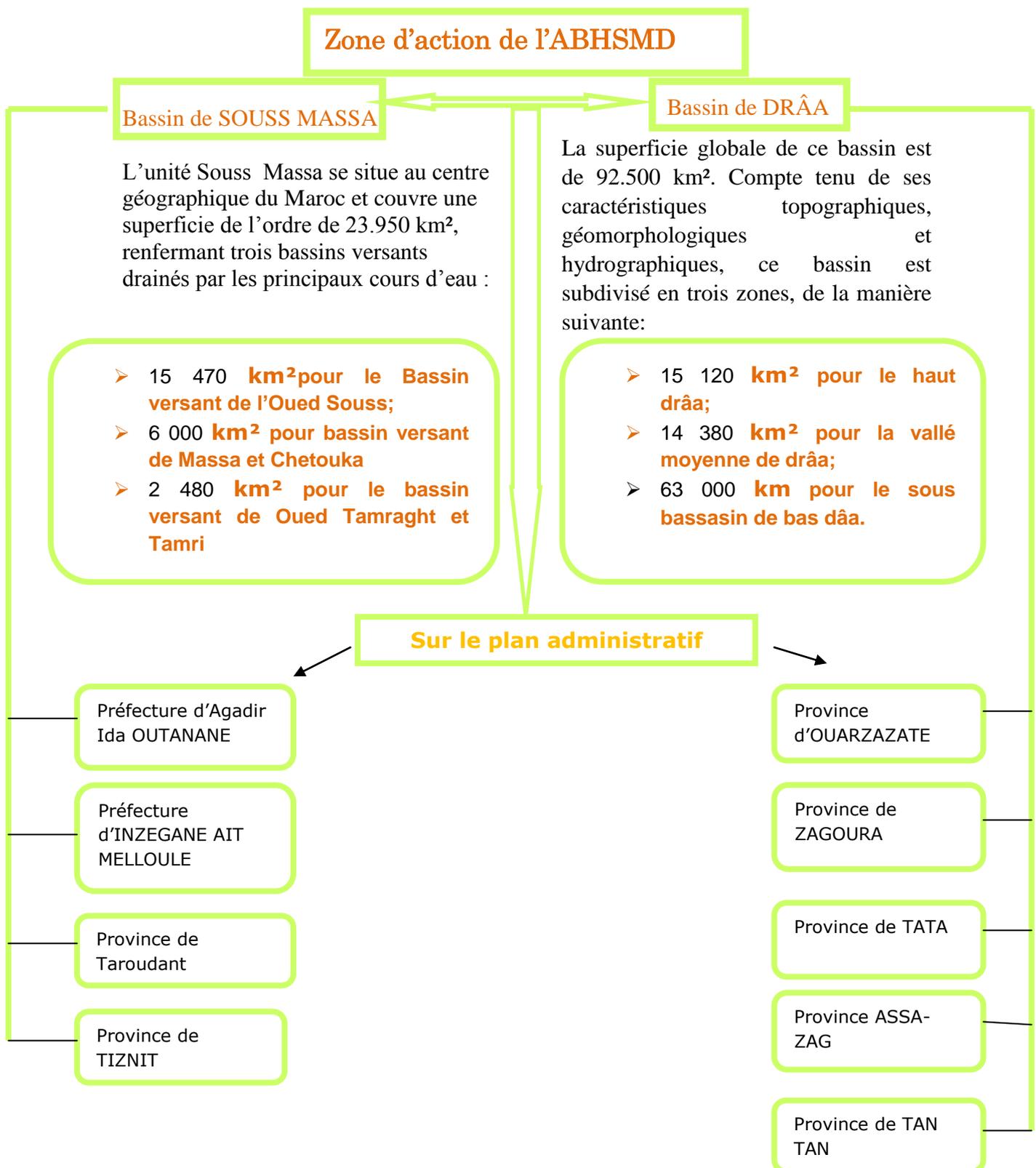


Figure 1: Représentation schématique de la zone d'action de l'ABHSMD

Cette représentation est bien illustrée par la carte suivante avec la localisation des ouvrages hydrauliques et les nappes phréatiques caractérisant la région.

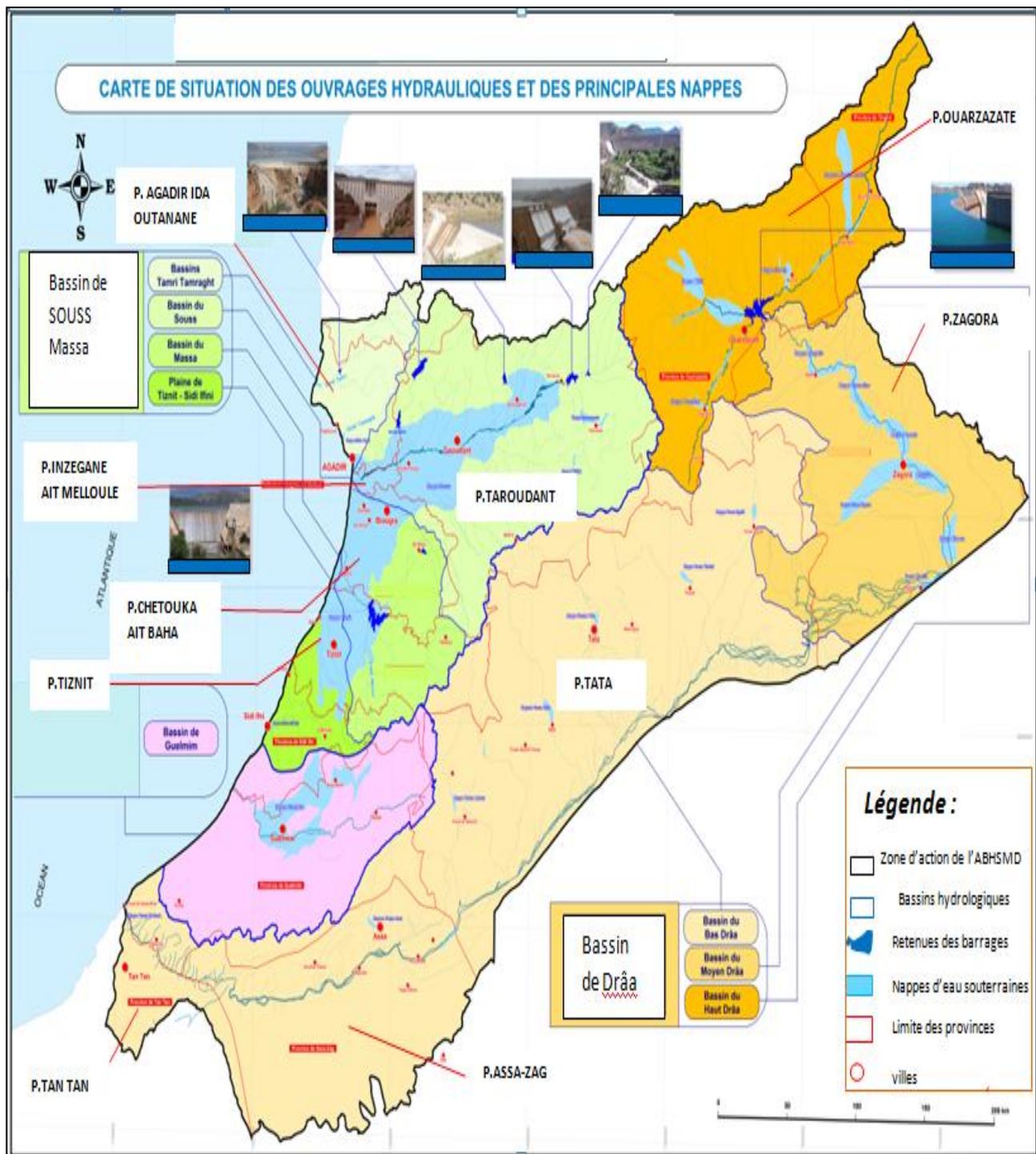


Figure 2: Situation des principaux ouvrages et nappes de la zone d'action de l'ABHSM

V-BILAN DES PROJETS REALISES EN PARTENARIAT

En somme, depuis 2003, l'ABHSM a réservé une attention particulière au développement du partenariat pour une gestion intégrée des ressources en eau. Le montant total alloué est de 36.788.470,00 DH et réparti comme suit :

Tableau 1: Bilan des projets réalisés en partenariat « site officiel de l'ABHSM »

Thème	Coût total (DH)	Participation de l'ABHSM (DH)	%
Dépollution industrielle	25 400 000 .00	1 316 204.00	5.2
Assainissement des centres ONEP (PNA)	131 500 000.00	14 500 000.00	11
Assainissement rural (INDH)	24 200 000.00	1 390 081.00	5.7
Economie d'eau d'irrigation	67 580 000.00	11 542 916.00	17
Protection contre les inondations	73 270 960.00	7 633 759.00	10.4
Gestion des déchets solides	335 010.00	335 010.00	100
Etude global d'impact des matériaux de construction DPH sur l'environnement	304 800.00	69 600.00	22.8
Total	322 590 770.00	36 788 479.00	11

En somme, l'ABHSM a participé avec une moyenne 11 % du coût global des projets tous confondus et qui totalisent 322 Millions de DH environ.

Il est souhaitable de développer et étendre le partenariat à d'autres domaines en relation avec le développement, la protection et la sauvegarde des ressources en eau. Il est indispensable d'encourager le partenariat et de chercher d'autres financements éventuels et impliquer les partenaires dans la gestion participative des ressources en eau notamment sur les axes suivants :

- ✓ Economie et valorisation de l'eau ;
- ✓ Lutte contre les inondations et rééquilibrage des oueds ;
- ✓ Lutte contre la pollution ;
- ✓ Recherche scientifique pour le développement et la sauvegarde des ressources en eau ;
- ✓ Inventaire et réalisation des barrages collinaires ;
- ✓ Contrôle de l'utilisation du domaine public hydraulique ;
- ✓ Approvisionnement en eau potable du milieu rural ;
- ✓ Gestion intégrée des ressources en eau ;

- ✓ Sensibilisation et communication sur les dispositions de la loi sur l'eau ;
- ✓ Mise en œuvre de la convention cadre de développement et de préservation des ressources en eau du bassin du Souss Massa ;
- ✓ Assainissement liquide et réutilisation des eaux usées traitées.

Ce projet constitue une ébauche dans la recherche scientifique liée à la protection de l'environnement et particulièrement en assainissement liquide.

Chapitre II : PERTINENCE DU CHOIX DU PROJET

Ce projet de fin d'études s'intègre dans un processus de recherche et d'amélioration de la qualité des ressources en eau dans la zone de Souss Massa Draa. En effet, à travers, les discussions que j'ai menées avec les responsables de l'ABHSMMD, la nécessité de trouver des solutions durables de l'assainissement liquide s'impose désormais comme objectif principal par rapport à une stratégie nouvelle.

Parallèlement à cet objectif, l'étude bibliographique sur les orientations stratégiques nationales et internationales s'ont permis de définir exactement le contexte de l'étude. Ainsi, le projet vient répondre aux principaux objectifs définis par l'ONU.

I-LES OBJECTIFS DU MILLENAIRE POUR LE DEVELOPPEMENT (OMD)

Selon l'ONU, les objectifs du Millénaire pour le développement contient huit objectifs qui sont comme suit :

- ✓ **Objectif 1** : Réduire l'extrême pauvreté et la faim
- ✓ **Objectif 2** : Assurer l'éducation primaire pour tous
- ✓ **Objectif 3** : Promouvoir l'égalité des sexes et l'autonomisation des femmes
- ✓ **Objectif 4** : Réduire la mortalité infantile
- ✓ **Objectif 5** : Améliorer la santé maternelle
- ✓ **Objectif 6** : Combattre le VIH/sida, le paludisme et d'autres maladies
- ✓ **Objectif 7** : **Assurer un environnement durable**
- ✓ **Objectif 8** : Mettre en place un partenariat mondial pour le développement

Et parmi ces huit objectifs, notre projet d'étude vient répondre aux objectifs escomptés susmentionnés ; plus particulièrement l'objectif 7. Ce dernier vise principalement 3 cibles :

- ✓ **Cible 9** : Intégrer les principes du développement durable dans les politiques nationales et inverser la tendance actuelle à la déperdition des ressources environnementales.
- ✓ **Cible 10** : Réduire de moitié, d'ici à 2015, le pourcentage de la population qui n'a pas d'accès à un approvisionnement en eau potable ni à des services d'assainissement de base et atténuer les disparités entre zones rurales et urbaines en matière d'assainissement.
- ✓ **Cible 11** : Réussir, d'ici à 2020, à améliorer sensiblement la vie d'au moins 100 millions d'habitants.

En ce qui concerne l'épuration des eaux usées, le Maroc disposait en 2005 de 80 stations d'épuration dont moins de la moitié fonctionne correctement. Ainsi, 90% des eaux usées urbaines, dont le volume global atteint 750 millions de m³, sont rejetées dans le milieu naturel sans traitement préalable. Pour remédier à cette situation, le programme national d'assainissement liquide et d'épuration des eaux usées a prévu de traiter et de réutiliser ou valoriser 100% des eaux usées collectées à l'horizon 2030.

I.1- LES OMD AU MAROC

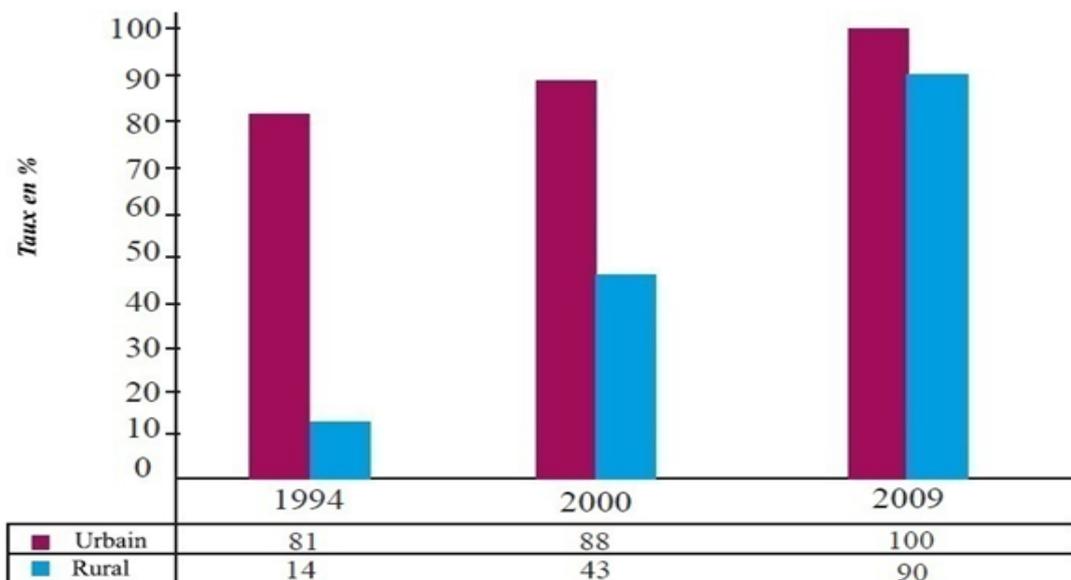
En octobre 2010, la Campagne sur les OMD au Royaume du Maroc a été lancée afin d'impliquer le plus grand nombre dans une action collective et solidaire pour atteindre l'ensemble des objectifs du Millénaire dont le plus relatif à l'assainissement liquide est la cible 10 de l'objectif 7 puisque ce dernier connaît, quant à lui, un important retard, au regard des besoins du pays dans ce domaine. Selon le rapport national 2009 des OMD : Le monde rural a été ciblé par plusieurs programmes visant l'amélioration des conditions de vie de la population et sa desserte en équipements et infrastructures de base. Il s'agit, en l'occurrence, PAGER (Programme d'Alimentation Groupé en Eau Potable Rurale) basé sur une approche participative impliquant les populations dans toutes les phases du projet (programmation, conception, réalisation et gestion). Les efforts déployés ont permis de faire passer le taux d'accès à l'eau potable en milieu rural de 14% en 1994 à 90% en 2009.

I.2-INDICATEURS AU MAROC

Selon le Haut Commissariat au Plan, Département de l'Eau et de l'Environnement, Département de l'Energie, Département des Eaux et Forêts et Département de l'Habitat de l'Urbanisme et de l'Aménagement de l'Espace. Le tableau suivant nous permet de déterminer l'évolution de l'indicateur de cible 10 de l'objectif 7 de l'OMD :

Tableau 2: Détermination de l'évolution de l'indicateur de cible 10 de l'objectif 7 d'OMD « départements du HCP »

Cibles	Indicateurs	1995	2000	2006	2009	2015
Réduire de moitié, entre 1990 et 2015, les pourcentages de la population qui n'a pas accès de façon durable à un approvisionnement en eau de boisson salubre et à un meilleur système d'assainissement	Proportion de la population branchée au réseau ou ayant accès à une source d'eau salubre					
	urbain rural	(1994) 81 14	88 43	(2007) 100 85	100 90	100 100



Source : HCP

Figure 3: Evolution de l'accès de la population à une source d'eau salubre par milieu de résidence « Département du HCP »

Le graphique ci-dessus nous permet d'illustrer l'évolution galopante du PAGER qui se traduit par une forte consommation en eau dans le milieu rural et donc des rejets en eaux usées plus importants. La nécessité de l'Assainissement rural devient donc une priorité autant que le PAGER.

II-L'EXIGENCE DU DEVELOPPEMENT RURAL DANS LES STRATEGIES NATIONALES

A l'instar de beaucoup d'autres pays, le Maroc est fortement confronté au défi majeur du développement durable qui consiste à assurer à toute la population une meilleure qualité de la vie, tout en répondant aux aspirations de tous au bien-être ; Dans l'objectif de relever ce défi du 21^e siècle, plusieurs stratégies nationales de développement propre ont été initiées et mis en place depuis quelques années, et dans laquelle l'amélioration du monde rurale par la mise en place de ses infrastructures de base est une préoccupation majeure sur les plans politique, économique et social.

II.1- STRATEGIE 2020

La stratégie 2020 de développement rurale a pour objectif central de créer les conditions pour que les populations rurales entrent dans un processus dynamique continu, permettant de corriger les déséquilibres et de préserver et valoriser le potentiel des zones rurales.

Cette stratégie s'est définis un certain nombre d'objectifs parmi lesquelles celles qui tendre vers les retombées de ce travail:

- ✓ Augmentation du taux d'emploi et amélioration des revenus par l'exploitation du bois de bambou ayant différents utilisations mentionnées ci-après;
- ✓ Arrêt des processus de dégradation anthropique de l'environnement; et amélioration des services liés à la qualité de la vie et du bien être, en particulier en ce qui concerne la santé ; l'eau potable, et l'assainissement du base tant que le bambou est doté d'un pouvoir épuratif détruisant tous les contaminants même les métaux lourds.

II.2- LA CHARTE DE L'ENVIRONNEMENT

La charte de l'environnement s'appui conjointement sur des principes et valeurs qui se considèrent comme des fondements sur lesquelles chaque personne morale ou physique doit les prendre en considération dans le processus de ses activités afin d'assurer :

- ✓ La production et la consommation responsables ;
- ✓ Le développement durable ;
- ✓ Le progrès social ;
- ✓ L'éducation et la formation ;
- ✓ La préservation et la protection de l'environnement ;
- ✓ **La recherche-développement**

Ce dernier pilier est favorisé pour stimuler l'évolution et l'innovation scientifique et encourager les technologies appropriées à la préservation de l'environnement et le développement durable.

Dans ce cadre, nous avons mené une recherche sur la validation expérimentale du dispositif du bambou-assainissement, qui est à la fois innovante, végétale,

pérenne, rustique, valorisable, modulable au cours du temps et qui demande seulement un entretien de type agricole.

C'est une technologie qui rend service à la nature et qui s'inscrit à 100 % dans le cadre du Développement durable.

III-CONTRIBUTION A L'ASSAINISSEMENT RURAL

III.1-INTRODUCTION

L'assainissement des eaux, étape charnière entre l'utilisation de l'eau et sa restitution au milieu naturel, est devenu un des chantiers majeurs des collectivités locales pour les prochaines années. La population et les activités de ces communes participent au cycle de l'eau, au même titre que les grandes agglomérations. Cependant, les problèmes de l'assainissement deviennent de plus en plus accrus et en particulier en milieu rural. De nouveaux défis s'imposent aux élus des petites communes : évolution rapide des zones périurbaines, nécessité d'intégrer des mesures agroenvironnementales aux politiques d'aménagement, préoccupation croissante des administrés pour leur cadre de vie. Par ailleurs, la technicité des méthodes d'assainissement, la variété des partenaires et la lourdeur des démarches juridico-administratives complexifient encore le sujet.

III.1.1-Définition de l'assainissement

L'assainissement est une démarche visant à améliorer la situation sanitaire globale de **l'environnement** dans ses différentes composantes. Il désigne l'ensemble des moyens de collecte, de transport et de traitement d'épuration des eaux usées avant leur rejet dans les rivières ou dans le sol.

Or, l'assainissement peut être défini comme un ensemble d'actions permettant d'améliorer le cadre de vie des populations, de préserver leur santé et de protéger les ressources naturelles et l'environnement

III.1.2-Les objectifs de l'assainissement

Les objectifs assignés à l'assainissement liquide au Maroc sont multiples on cite en particulier :

- ✓ L'amélioration des conditions de vie des populations à travers l'évacuation dans de bonnes conditions des eaux usées et pluviales dans les quartiers existants ou futurs.
- ✓ La protection générale de l'environnement et de la santé publique en apportant un traitement approprié de la pollution.
- ✓ L'utilisation optimale des ressources en eau par la valorisation des eaux usées en aval des rejets à travers une réutilisation rationnelle en agriculture ou en arrosage des espaces verts.

III.1.3-L'importance de l'assainissement

L'amélioration des services d'assainissement, demeure une exigence de développement d'une importance multi facette et une priorité d'action puisqu'elle s'appuie sur :

- ✓ Une importance environnementale : fournir à la population un environnement de meilleure qualité, et réduire la menace que représente les rejets incontrôlés des effluents, entre autres, sur les ressources en eau souterraine, et de surface.
- ✓ Une importance sociale : le déficit d'accès à un assainissement correct constitue un facteur de risque important pour la santé publique et touche notamment la dignité de la population
- ✓ Une importance économique : l'amélioration des services d'assainissement pèse directement sur la capacité de travail des habitants et sur le dynamisme de l'économie par exemple le tourisme rural ainsi que l'objectif du plan Maroc vert. A ce titre, l'assainissement comporte un taux de retour intéressant sur l'investissement.

III.2-LES ENJEUX GENERAUX DE L'ASSAINISSEMENT

L'importance des enjeux auxquels sont confrontées les collectivités en matière d'assainissement tient à la constance des ressources en eau sur terre. L'assainissement devient ainsi une nécessité absolue pour restaurer et/ou préserver les caractéristiques physico-chimiques qui font une eau de qualité, à savoir principalement la **teneur en oxygène dissous, la présence limitée de matières en suspension et la capacité de dissoudre naturellement de très nombreuses substances indésirables.**

En plus de cet enjeu de préservation des milieux naturels, l'assainissement doit également contribuer à la qualité du cadre d'exercice de l'activité humaine. Ceci concerne en premier lieu l'amélioration de la qualité de la vie. Mais cela touche aussi le développement économique sous toutes ses formes. Face à l'impact de l'activité humaine sur les milieux naturels, la pollution apparaît ainsi comme l'ensemble des rejets libérés par l'homme dans l'écosphère, qui exercent une influence perturbatrice sur les organismes vivants, ainsi que l'environnement. La perception du niveau de pollution d'un milieu est souvent relative. Elle dépend des exigences liées aux usages de la ressource en eau concernée. C'est pourquoi de nombreux paramètres permettent de mesurer la pollution.

III.2.1-Normes de rejet

Pour mener à bien une politique d'objectifs de qualité, les autorités chargées de la surveillance des eaux ont développé des grilles d'appréciation et des cartes,

assignant des valeurs limites pour chaque section de cours d'eau, de façon à respecter des caractéristiques physiques, chimiques et bactériologiques compatibles avec les différents usages de l'eau.

Tableau 3: Valeurs limites pour les différents rejets que se soit directs (eaux pluviales), indirects (eaux usées) ou les eaux destinées à l'irrigation des cultures « Caractérisation physico-chimique des eaux usées d'abattoir en vue de la mise en œuvre d'un traitement adéquat : cas de Kénitra au Maroc »

Paramètres	Valeur de rejet direct	Valeur de rejet indirect	Valeur des Eaux destinées à l'irrigation
Température	30°C	35°C	35°C
pH	6.5-8.51	6.5-8.51	6.5-8.5
DBO ₅	100mg/l	500mg/l	
DCO	500mg/l	1000mg/l	
MES	50mg/l	600mg/l	2000 mg/l
Conductivité	2700µs /cm		8.7 ms/cm
Bicarbonate (HCO ₂) Irrigation par aspiration			518 mg/l
Sulfates		400	250 mg/l
Azote Kjeldahl	30 mgN/l		
Phosphore total	10 mgP/l	10 mgP/l	
Chlorure (Cl)	Chlore actif Cl ₂ (0.2 mg/l)		Irrigation de surface (350mg/l) Irrigation par aspersion (105 mg/l)
N-NO ₃			50 mg/l

- **pH** : caractère acide ou alcalin des eaux.
- **MES** : Matières en suspension poids, volume et nature minérale ou organique des particules véhiculées par les eaux usées.
- **DBO5** : Demande biochimique en oxygène : consommation d'oxygène en 5 jours, à 20°C, résultant de la métabolisation de la pollution biodégradable par des microorganismes de contamination banale des eaux.
- **DCO** : Demande chimique en oxygène : consommation d'oxygène dans les conditions d'une réaction

d'oxydation, en milieu sulfurique, à chaud et en présence de catalyseur

- **Formes de l'azote** :- azote ammoniacal, forme NH_4^+ ;
- azote Kjeldahl NTK, quantité d'azote exprimée en N correspondant à l'azote organique N-NH₂ et à l'azote ammoniacal ;
- azote nitrate NO_3^- et nitrite NO_2^- , formes minérales oxydées.

- **Formes du phosphore** : orthophosphate, forme la plus courante PO_4^{3-} (70 % du total) ; phosphore total, somme du P contenu dans les orthophosphates, les polyphosphates et le phosphate organique.

Quatre grandes classes de qualité ont été notamment définies :

Tableau 4: Grille d'appréciation de la qualité générale des cours d'eau (Valeur des paramètres selon les niveaux de qualité) « Guide de l'assainissement des communes rurales, Jean Paul DELEYOYE »

PARAMETRES	QUALITE			
	1	2	3	4
O2 dissous mg/l	5	3	1	<1
O2 dissous % saturation	70	50	10	<10
DBO5 mg/l	5	10	25	>25
DCO mg/l	25	40	80	>80
NO3- mg/l	25	<50	80	>80
NH4- mg/l	0.5	2	8	>8
NO2- mg/l	0.3	1	1	
NTK mg/l	2	3	10	>10
PO42- mg/l	0.5	1	2	>2
MeST mg/l	70		>70	
Phosphore total	0.3	0.6	1	>1
Conductivité	2000		>2000	
pH	6.5 et 8.5		<6.5 ou >8.5	

Qualité 1 : Bonne qualité.

Eau apte à la vie et à la reproduction piscicole normale. Cette qualité permet en outre :

- la fabrication d'eau potable avec traitement simple,
- l'abreuvement des animaux.

Qualité 2 : Qualité moyenne.

Eau apte à la fabrication d'eau potable - vie piscicole normale mais perturbante de la reproduction. Cette qualité permet :

- la fabrication d'eau potable avec traitement poussé,

- l'irrigation,
- l'utilisation industrielle

Qualité 3 : Mauvaise qualité.

Vie piscicole perturbée. Cette qualité permet :

- l'utilisation pour refroidissement,
- la navigation,
- à la limite, l'irrigation.

Qualité 4 : Très mauvaise qualité.

Cette qualité n'est bien entendu jamais un objectif

III.3-DIFFERENTS MODES D'ASSAINISSEMENT RURAL

III.3.1-Types de systèmes d'assainissement

Deux systèmes d'assainissement peuvent être envisagés en milieu rural, en fonction des caractéristiques du site à assainir :

- ✓ **Les systèmes d'assainissement non collectif** : (ce qualificatif, est considéré comme équivalent à celui d' "autonome" ou d'"individuel", plus couramment usité), est conçu pour les agglomérations à faible densité avec habitats dispersés.
- ✓ **Les systèmes d'assainissement collectif** : L'assainissement collectif ou semi collectif est conçu pour une agglomération groupée ou semi-groupée, avec une forte concentration de population (habitat groupé) et consommant des volumes d'eau importants.

Paradoxalement, la distinction entre ces deux types de systèmes n'est pas d'ordre technique mais juridique. En effet, elle ne concerne pas la nature des filières d'assainissement, mais le raccordement au réseau public d'assainissement : Les systèmes d'assainissement collectif sont raccordés au réseau public d'assainissement, tandis que les systèmes non collectifs ne le sont pas. Dans les deux cas cependant, la notion de "système d'assainissement" est identique.

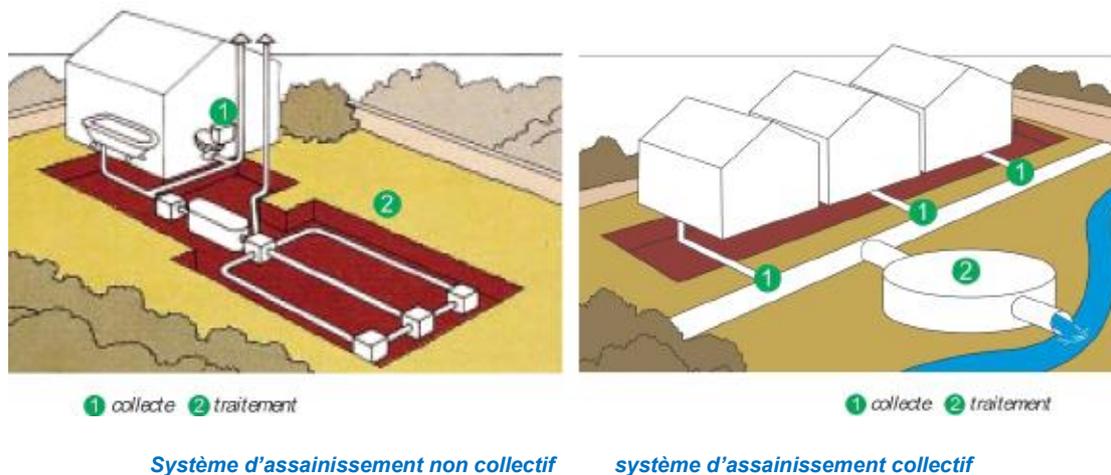


Figure 4: Systèmes d'assainissements

III.3.1.1-Système d'assainissement collectif

Le collecteur principal présente une pente suffisante pour assurer un écoulement gravitaire des effluents. A chaque changement de diamètre ou de direction, ou aux points de raccordement de plusieurs collecteurs, les regards de visite permettent de contrôler le fonctionnement des ouvrages et de faciliter leur entretien. La collecte peut s'effectuer dans le cadre d'un système unitaire ou séparatif. Le choix entre les deux systèmes doit être étudié au regard des caractéristiques locales.

↳ Système séparatif

Le système séparatif se compose de deux réseaux : un pour les eaux usées et l'autre pour les eaux pluviales.

La collecte séparatif des eaux usées domestiques nécessite des ouvrages de section réduite en raison du volume limité des effluents en cause. C'est un système économique pour autant que l'évacuation des eaux pluviales ne nécessite pas un autre réseau complet c'est-à-dire qu'elle puisse être réalisée en faisant un large appel au ruissellement dans les caniveaux.

Le recours à un assainissement séparatif peut être avantageux, si le réseau unitaire existant à l'aval, est sur le point d'être saturé, ou se trouve saturé.

↳ Système unitaire

Il s'impose lorsqu'il n'y a pas de possibilité de concevoir économiquement un réseau des eaux pluviales de surface, c'est-à-dire :

- ✓ Si l'exutoire est éloigné des points de collecte.
- ✓ Lorsque les pentes du terrain sont faibles, ce qui impose de grosses sections aux réseaux d'égout séparatif.

Il est reconnu que le système unitaire est intéressant par sa simplicité, puisqu'il suffit d'une canalisation unique dans chaque voie publique et d'un seul branchement pour chaque habitation.

↳ *Système pseudo séparatif*

Il désigne un réseau séparatif dans lequel le réseau des eaux usées peut recevoir certaines eaux intérieures des maisons. Il peut être obligatoire dans certains quartiers ou les maisons de type traditionnel à patio sont obligées de mélanger les eaux ménagères et vannes avec les eaux pluviales des terrasses.

Ce système est intéressant lorsque les surfaces imperméabilisées collectives (voiries, parking, etc....) représentent une superficie importante avec de fortes pentes.

III.3.1.2-Avantages et inconvénients des systèmes d'assainissement

Les principaux avantages et inconvénients des systèmes d'assainissement sont classés comme suit :

Tableau 5 : Avantages et inconvénients des systèmes d'assainissement

Système d'assainissement	Avantages	Inconvénients
séparatif	<ul style="list-style-type: none"> - Permet d'évacuer rapidement les eaux - Assurer a la station d'épuration (STEP) un fonctionnement régulier 	<ul style="list-style-type: none"> - Risques d'erreurs de branchement - Investissement important pour mise en place de 2 réseaux
Unitaire	<ul style="list-style-type: none"> - Simple -Un seul réseau - Pas de risque d'erreur de branchement 	<ul style="list-style-type: none"> - dilution des eaux de la STEP en période pluvieuse (débit très variable) - ouvrages importants
Pseudo séparatif	<ul style="list-style-type: none"> - Eaux usées et eaux de ruissellement des habitations combinées - Pas de risque d'erreur de branchement 	<ul style="list-style-type: none"> - Investissement important pour mise en place de 2 réseaux

III.4- MODES DU SYSTEME D'EPURATION UTILISES DANS LE MONDE RURAL

Selon les lectures menées et les études consultées, j'ai remarqué que l'ensemble des projets de l'assainissement rural se heurtent au choix entre deux modes de traitement, conditionné essentiellement par le nombre d'équivalent par habitant (EH). Ainsi, l'ensemble des études traite deux mode à savoir un « système collectif avec lagunage » et un système semi collectif à individuel par « fosse septique ».

Le tableau ci-après fournit les éléments de comparaison sommaire des différents procédés d'épuration possibles :

Tableau 6 : Eléments de comparaison des différents procédés d'épuration

Eléments de comparaison sommaire des différents procédés d'épuration							
Dispositifs	Critères						
	Degré d'épuration pour effluent à 400 mg/l de DBO5 et 400 mg/l de MES		Surface nécessaire (intégration au site)	Exploitation (nature et fréquence d'intervention)	Coût		Observations
	DBO5	MES			Investissement	Energie	
1- Fosse septique	150-200	60-100	Très faible : 0,1 m ² /p bonne intégration (l'ouvrage est enterré)	Vidange des boues 1 fois par an	Faible	nulle	Rejet par épandage souterrain
2- Fosse Imhoff	200-300	100 à 150	Très faible : 0,1 m ² /p bonne si l'ouvrage est enterré	Vidange des boues 1 fois par an, dégrillage et écumage 2 à 3 fois /semaine	Variable selon nature sous-sol	nulle	Rejet par épandage souterrain
3- Lit d'infiltration (épandage souterrain)	10-5 après prétraitement	5-0	Bonne intégration	Intervention minimale	Faible à moyen	nulle	Epandage ou rejet superficiel, selon structure sous-sol
4- Lagunage naturel	30-40	30-100	Assez élevé : 15 à 20 m ² par usager bonne intégration	Entretien régulier curage anaérobies 1 fois / 2ans – facultatif 1 fois /10 ans	Moyen, variable selon terrain	nulle	Réutilisation en irrigation restrictive
5- Chenal algal	15-25		2 à 5 m ² / usager Intégration	Entretien régulier personnel qualifié	Elevé	40-60 W/J/usager	Rejet demande une grande consommation d'oxygène (algues mortes) et un danger d'engorgement des pores de la terre (provoqué par les algues)
6- Lit bactérien	30-50	30-50	0,5 à 1 m ² /usager Mauvaise intégration au site	Entretien régulier personnel qualifié	Elevé	20-50 W/J par usager	Réutilisation en irrigation restrictive
7- Systèmes compacts							
- boues activées	15 à 30		1m ² /usager	Entretien régulier personnel qualifié	Elevé	50-100 W/J par usager	Réutilisation en irrigation restrictive
- disques biologiques	20-30		1m ² /usager	" "	Elevé	20-50 W/J/usager	" "

Le choix d'un tel processus ou un autre s'appuie essentiellement sur l'évaluation financière du projet de point de vue investissement et exploitation. J'ai retenu que globalement, les domaines d'application préférentielles d'une telle méthode ou autre se justifie comme suit :

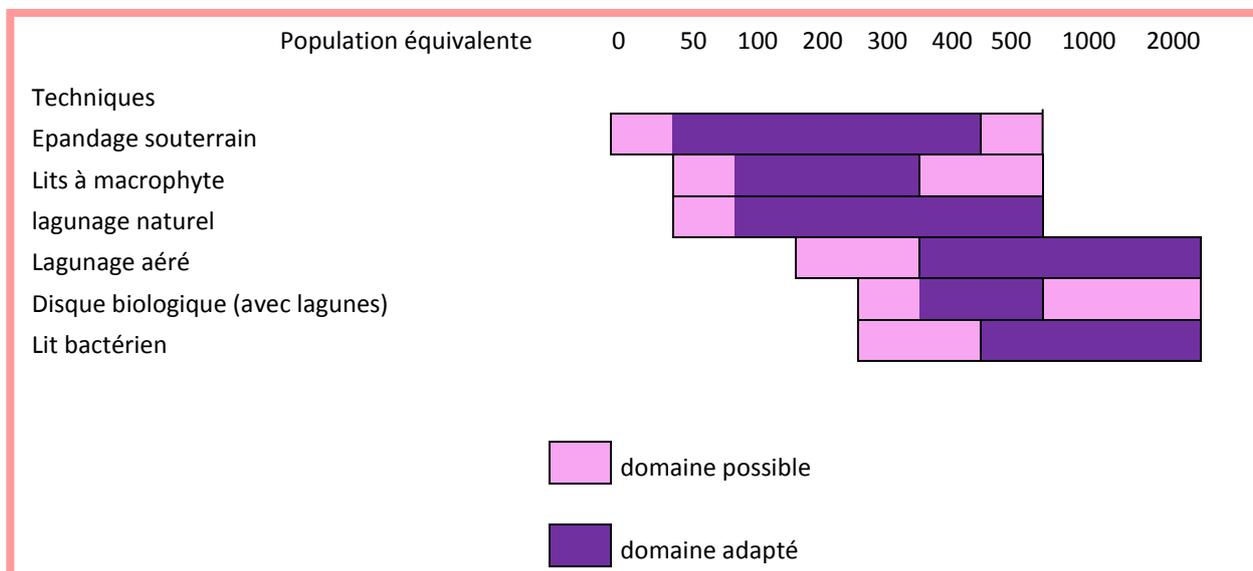


Figure 5: Les domaines d'application préférentiels des principales techniques en matière d'assainissement des communes rurales « Guide de l'assainissement des communes rurales, Jean Paul DELEYOYE »

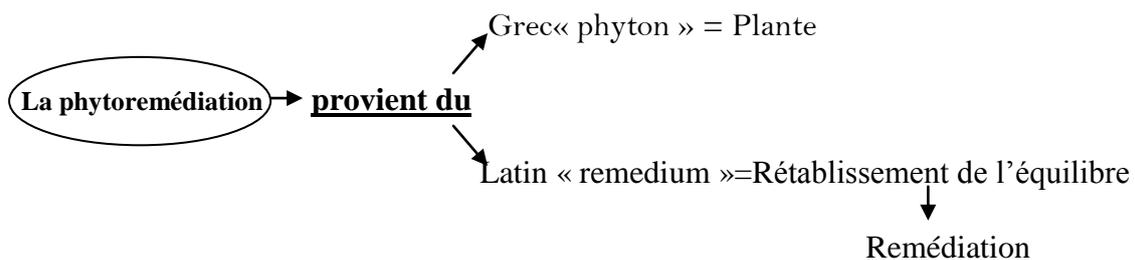
Après avoir un aperçut générale sur l'assainissement liquide et déterminer les modalités des différentes techniques d'épuration des eaux usées (mentionnées dans le tableau6) nous avons déduit qu'ils sont basées sur des méthodes physico-chimiques, qui nécessitent du personnel spécialisé et des équipements spécifiques. Ces procédés sont donc très coûteux. De plus, dans la plupart des cas, ces méthodes ont un effet néfaste sur l'activité biologique et la fertilité des sols.

Cela nous a poussés à chercher des voies de décontamination biologiques, qui utilisent le métabolisme et l'activité des organismes vivant qui présentent un net avantage sur les méthodes précédentes. En effet nous avons réfléchis à une démarche d'assainissement basé sur le principe de la phytoremédiation.

Chapitre III : La phytoremédiation- Notions de base

I-PROCESSUS DE LA PHYTOREMEDIATION

I.1-DEFINITION DE LA PHYTOREMEDIATION



La phytoremédiation est la dépollution des sols, l'épuration des eaux usées ou l'assainissement de l'air intérieur, utilisant des plantes vasculaires, des algues (phycoremédiation) ou des champignons (mycoremédiation), et par extension des écosystèmes qui supportent ces végétaux. Ainsi on élimine ou contrôle des contaminations. Cette technique permet également de traiter des pollutions inorganiques (éléments traces métalliques (ETM), et radionucléides).

La phytoremédiation n'est pas un concept nouveau puisqu'il y a 3 000 ans les hommes utilisaient déjà les capacités épuratoires des plantes pour le traitement de l'eau. Depuis les années 1970 cette pratique a trouvé un regain d'intérêt notamment pour le traitement des pesticides et des métaux.

I.2-PRINCIPE DE FONCTIONNEMENT DE LA PHYTOREMEDIATION

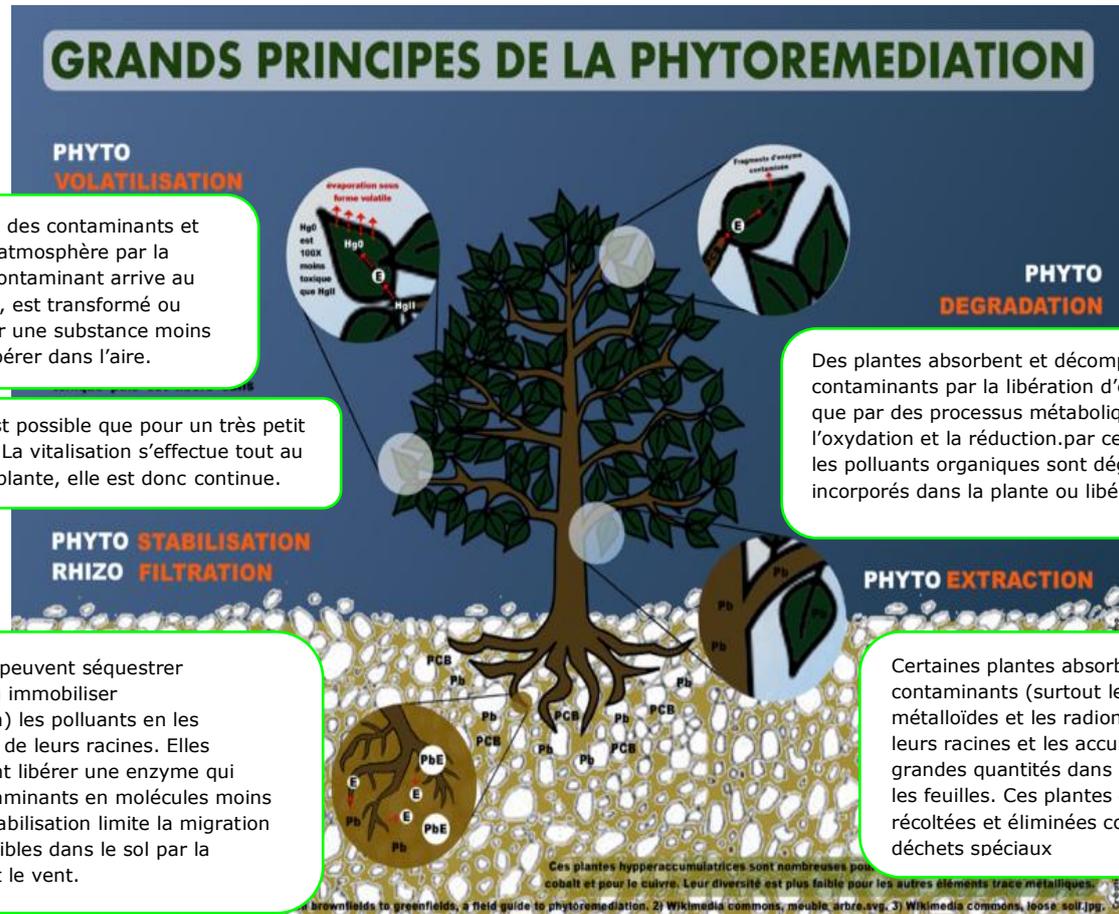


Figure 6: Représentation des grands principes de la phytoremédiation

La phytoremédiation repose essentiellement sur les interactions entre les plantes, le sol et les micro-organismes

Le sol est une matrice complexe servant de support au développement des plantes et des micro-organismes qui se nourrissent des composés organiques ou inorganiques le composant. Les composés en excès peuvent alors être utilisés comme source d'énergie par les plantes et les micro-organismes. Dans le système plante - sol - micro-organismes, la biodégradation bactérienne est souvent en amont de l'absorption racinaire. Plantes et micro-organismes ont coévolué pour disposer d'une stratégie à bénéfices mutuels pour gérer la phytotoxicité où les micro-organismes profitent des exsudats racinaires, lors même que la plante bénéficie des capacités de dégradation des micro-organismes rhizosphériques pour réduire le stress dû à la phytotoxicité. Au final, la plante est l'agent essentiel de l'exportation d'un contaminant hors du milieu environnant.

I.2.1-Effet rhizosphérique

La rhizosphère désigne le volume de sol soumis à l'influence de l'activité racinaire. Ce volume de sol est plus ou moins important et varie selon les plantes et le sol. Les processus qui se déroulent dans la rhizosphère sont essentiels pour la phytoremédiation. L'activité et la biomasse microbienne y sont beaucoup plus importantes que dans un sol sans racines. Les racines libèrent naturellement des substances dans le sol où elles se développent, par les exsudats racinaires. Ceux-ci favorisent et entretiennent le développement des colonies microbiennes en fournissant de 10 à 20 % des sucres produits par l'activité photosynthétique de la plante (photosynthétats). De nombreux composés peuvent ainsi être libérés, par exemple, des hormones, des enzymes ainsi que de l'oxygène et de l'eau. Les micro-organismes rhizosphériques en retour favorisent la croissance de la plante (réduction des pathogènes, mise à disposition de nutriments...). En théorie, plus les racines sont abondantes plus elles fournissent une surface de développement importante pour la microfaune et microflore rhizosphériques. De fait, les exsudats racinaires favorisent la biodégradation des polluants organiques en stimulant l'activité microbienne.

I.2.2-Principe de décantamination

Brièvement, les plantes vont soit absorber le contaminant pour le métaboliser ou le stocker, soit réduire voire empêcher la libération du contaminant dans d'autres compartiments de l'environnement (phytostabilisation). Le plus souvent, les composés organiques (xénobiotiques ou non) peuvent être dégradés et métabolisés pour la croissance de la plante. Le polluant est alors éliminé. Lorsqu'il s'agit de composés inorganiques polluants (métaux, métalloïdes ou radionucléides), il ne peut y avoir que phytostabilisation ou phytoextraction car ces types de polluants ne sont pas biodégradables.

I.3-AVANTAGES ET LIMITES DE LA TECHNIQUE

I.3.1-Les avantages

- ✓ Le coût de la phytoremédiation est bien moindre que celui de procédés traditionnels in situ et ex situ ;
- ✓ Les plantes peuvent être facilement surveillées ;
- ✓ Récupération et réutilisation de métaux de valeur (des entreprises se spécialisent dans le « phytominage ») ;
- ✓ C'est la méthode la moins destructrice car elle utilise des organismes naturels et préserve l'état naturel de l'environnement (micro-organismes, animaux et structure du sol) (contrairement à l'emploi de procédés chimiques, il n'y a pas d'impacts négatifs sur la fertilité des sols) ;
- ✓ Exploitation des végétaux produits.

I.3.2- Les limites

- ✓ La phytoremédiation est limitée à la surface et la profondeur occupées par les racines (noter que de nombreux polluants à base de métaux restent aussi dans la couche de sol supérieure) ;

- ✓ Bioaccumulation possible de contaminants passant dans la chaîne alimentaire, du niveau des consommateurs primaires à ceux du niveau secondaire. Il est essentiel de disposer des plantes de façon responsable, et de ne pas consommer des plantes utilisées pour nettoyer un terrain ;
- ✓ Pour que la technique se perfectionne, une sélection végétale est indispensable. Mais cela prends du temps pour sélectionner, hybrider, reproduire, etc. Des dizaines d'années peuvent être nécessaire. Il faut aussi savoir que les propriétés de certaines plantes ne se retrouvent pas dans l'espèce à tous les coups ;
- ✓ Le problème du futur des végétaux ne contenant pas de minerais commercialisable, mais des polluants devant être stockés dans un endroit où cela ne gênera personne.

I.4-Les hyperaccumulateurs

Les plantes sélectionnées en phytoremédiation sont choisies pour leur capacité à extraire des volumes importants de polluants. Elles sont appelées plantes hyperaccumultrices, ou hyperaccumulateurs. Les caractéristiques communes aux hyperaccumulateurs sont souvent : une pousse rapide ; des végétaux résistants, faciles à planter et maintenir ; une grande capacité pour l'évapotranspiration (évaporation de l'eau par les feuilles) ; et la capacité de transformer les contaminants concernés en des produits non-toxiques ou moins toxiques.

Parmi les plantes les plus utilisées, on trouve les bambous, qui réunissent rapidité de croissance, grande adaptation climatique, et capacité à absorber de grandes quantités d'eau (relativement à d'autres espèces). Cette dernière qualité leur permet de traiter de plus grandes quantités de polluants dissous, ainsi que de limiter la quantité d'eau passant au-delà de la zone contaminée - limitant donc aussi la propagation de la contamination.

II. Le Bambou, EN TANT QUE SYSTEME D'ASSAINISSEMENT

III.1-GENERALITES

Le bambou est une plante ligneuse géante de la famille des poacées (anciennement : graminées), comme le blé, le maïs, ou les herbes à gazon.

Plante à feuille persistantes et pourtant au printemps lorsque les nouvelles feuilles apparaissent, la plupart des anciennes se détachent même celles restées vertes en hiver. C'est un renouvellement naturel.

III.2-DESCRIPTIF

- ✓ Le bambou comprend un rhizome (tige souterraine) ;
- ✓ une tige ou chaume (partie aérienne) qui comprend des nœuds et entre nœuds en fonction de variétés, ceci afin de stabiliser la tige ou chaume ;
- ✓ Des branches ou rameaux qui poussent sur la tige (chaume) une fois sa croissance terminée ;
- ✓ Des feuilles portées par les branches, jamais par la tige principales.

III.2.1- Le rhizome

Il existe deux types de rhizomes pour deux types de bambous :

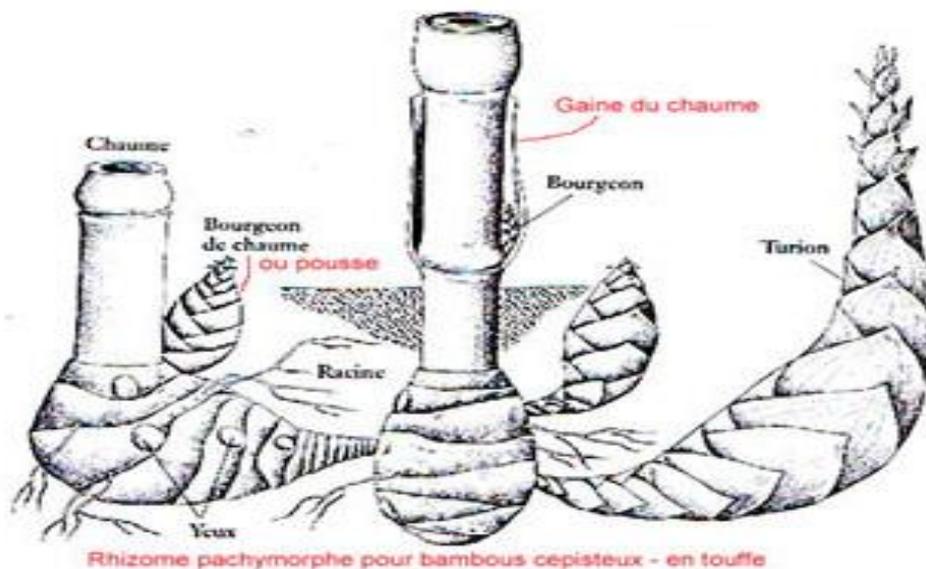


Figure 7: Le bambou cespiteux, qui pousse en touffe serrée, a un rhizome (appelé pachymorphe court et épais « www.jardinature.net »

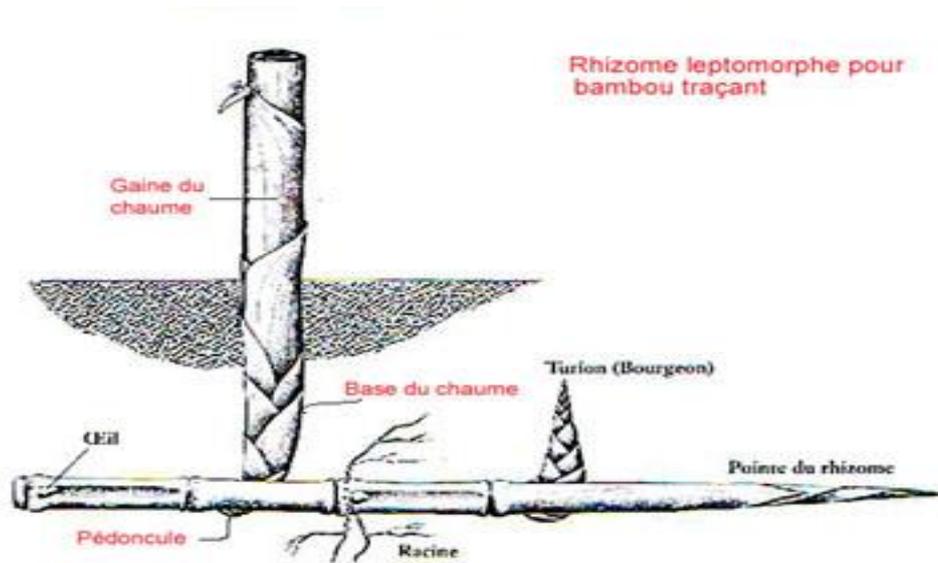


Figure 8: Le bambou traçant à un rhizome appelé leptomorphe long et mince « www.jardinaire.net »

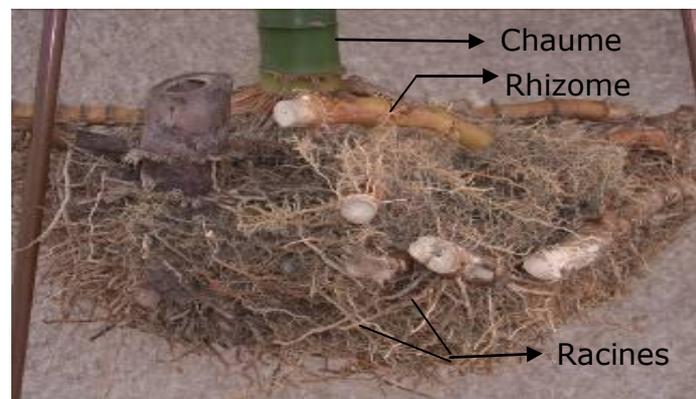


Photo 1: Le chaume, Le rhizome, et les racines du bambou

III.2.2- Le chaume

La tige ou chaume du bambou lui donne toute sa caractéristique exotique.

Les chaumes peuvent atteindre quelques dizaines de cm comme plusieurs mètres de hauteur. Ils sont épais ou minces, au port droit ou penché mais toujours avec beaucoup de souplesse.

Le chaume se compose de nœuds et d'entrenœuds, qui stabilisent le chaume. Souvent réguliers, certaines espèces présentent des chaumes avec des entrenœuds irréguliers.



Photo 2: Différents aspects du chaume du bambou « jardinaire.net »

Le chaume est la partie la plus importante du bambou, car c'est lui qui servira de matériau. La tige est creuse ; on l'appelle bois et pourtant ce n'est pas tout à fait le même que pour les arbres et arbustes. Les fibres de cellulose qui composent le chaume, font à peu près 1cm de long ; pour le bois des arbres, elles font tout juste quelques millimètres.

Les fibres de cellulose du bambou contiennent de la lignine et de la silice, alors que le bois des arbres ne contient que la lignine.

III.2.3-Branches-Feuilles-Fleurs

Les bambous fleurissent rarement mais ces feuilles qui se forment au niveau de ces branches se renouvellent naturellement même en été ce qui confère un bon paysage en milieu de son implantation.

III.3 -DISTRIBUTION MONDIALE DU BAMBOU

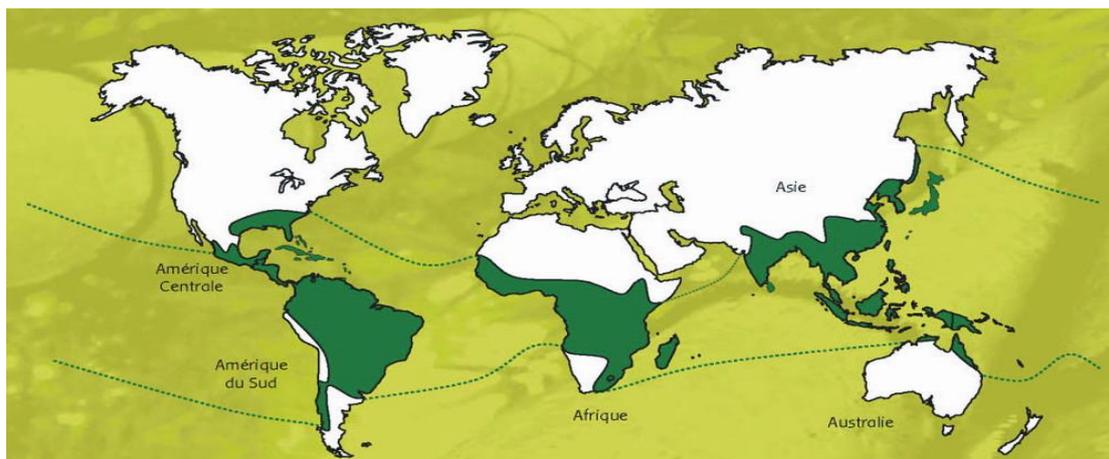


Figure 9 : Distribution mondiale du bambou

« http://perso.campus.ecp.fr/~objectifdd/odd2004/commerce_equitable/inbar.htm#utilisation »

Le bambou est un végétal que l'on peut rencontrer partout sur la planète. Cependant sur plus de 2,2 millions d'hectares de bambou dans le monde, 85% se situe en Asie. C'est dans cette partie du monde que le bambou est le plus utilisé, et ce depuis la nuit des temps. Dans les pays occidentaux cette plante est depuis longtemps appréciée pour ses vertus ornementales, son utilisation dans d'autres domaines est récente et débute avec la prise de conscience générale de la nécessité de remédier au changement climatique. Dans le tableau ci-après la distribution en chiffre

Tableau 7: Distribution mondiale du bambou « PPRR ; Etude de cas programme pays Madagascar »

LOCALISATION	SOUS-TRIBUS	GENRES	ESPECES
ASIE	6	44	Environ 600
AMERIQUE	4	21	Environ 400
MADAGASCAR	2	6	20
AFRIQUE	2	3	5
PACIFIQUE	2	2	4
AUSTRALIE	2	2	3
TOTAL	9	68	Environ 1000

D'après la carte et le tableau de la distribution mondiale du bambou on voit que le Maroc ne fait pas partie de sa zone de répartition. Toutefois ce végétal apte de se familiariser avec les changements climatiques à marqué une nette adaptation avec le climat marocain surtout après avoir l'importer essentiellement par l'entreprise laider en manipulation du bambou au MAROC « Maroc Bambou Développement » Donc l'absence du Maroc dans la distribution mondial du bambou ne justifie que par l'ignorance de la valeur environnementale et l'inexploitation du bambou au Maroc. Dans ce volet la présente recherche met en valeur les qualités remarquables du bambou qui s'intègre dans une démarche de consommation et économie responsable.



Photo 3 : Bambou à la pépinière expérimentale de Maroc Bambou Développement

III.4-LES QUALITES ET LES DIVERS UTILISATIONS DU BAMBOU

III.4.1-les qualités

Tableau 8: Les qualités du bambou

Qualités	Explications
Un grand pouvoir d'absorption et de dépollution	<p>-Le bambou est une plante à feuillage persistant, elle est dite « verte » car elle peut absorber beaucoup de dioxyde de carbone (dont une partie est stockée dans ses rhizomes). En effet, elle est abondante avec un rendement au m² très important.</p> <p>- L'épaisseur de ses feuilles améliore l'infiltration de l'eau dans le sol.</p> <p>- Son système racinaire a des vertus purificatrices car il élimine certaines toxines présentes dans les eaux polluées.</p>
Une pousse rapide	Le bambou pousse très rapidement. Certaines espèces de bambou peuvent atteindre leur pleine croissance en quelques mois, d'une manière générale le bambou pousse beaucoup plus vite qu'un arbre, ce qui pourrait être une alternative à la déforestation . Il possède également la capacité de s'auto-régénérer avec ses rhizomes qui font des bourgeons sous la terre.
Une limitation d'érosion	Grâce à son immense système racinaire le bambou limite l'érosion des sols .
Produit 100% bioécologique	la culture du bambou ne nécessite ni engrais ni produits phytosanitaires.
Résistance remarquable	Son bois est très apprécié puisqu'il possède une forte résistance aux efforts mécaniques d'ordre de 40kg/mm² . Cette caractéristique en fait un bon matériau pour la construction, de plus il possède la capacité d'être associé à d'autres matériaux (béton, plastique).
Adaptation au climat	Le bambou est une plante aux particularités remarquables. Il en existe plus de 1200 espèces aux caractéristiques propres. Il s'adapte à quasiment tous type de climats notamment le climat tropical . En effet, il aime la chaleur et supporte le froid.
une énergie renouvelable	<p>-Un hectare de bambou peut produire de 20 à 40 tonnes de matière sèche par an, si l'on couple cette faculté à son étonnant Pouvoir Calorifique Inférieur (PCI), le chaume de bambou est une culture idéale pour la production de chaleur et d'électricité.</p> <p>- La plante possède un pouvoir calorifique plus élevé que la plaquette de bois. Son PCI est d'environ 4500 kcal/kg, contre 3870 pour la plaquette, ce qui le rend très rentable pour la production d'électricité ou de chaleur.</p>

Le seul bémol de cette plante, qui d'ailleurs n'est pas négligeable, est qu'elle est répertoriée comme une espèce invasive. Sa régénération rapide citée précédemment comme un avantage peut être également un gros inconvénient dans la mesure où sa culture n'est pas maîtrisée.

III.4.1-Les divers utilisations du bambou

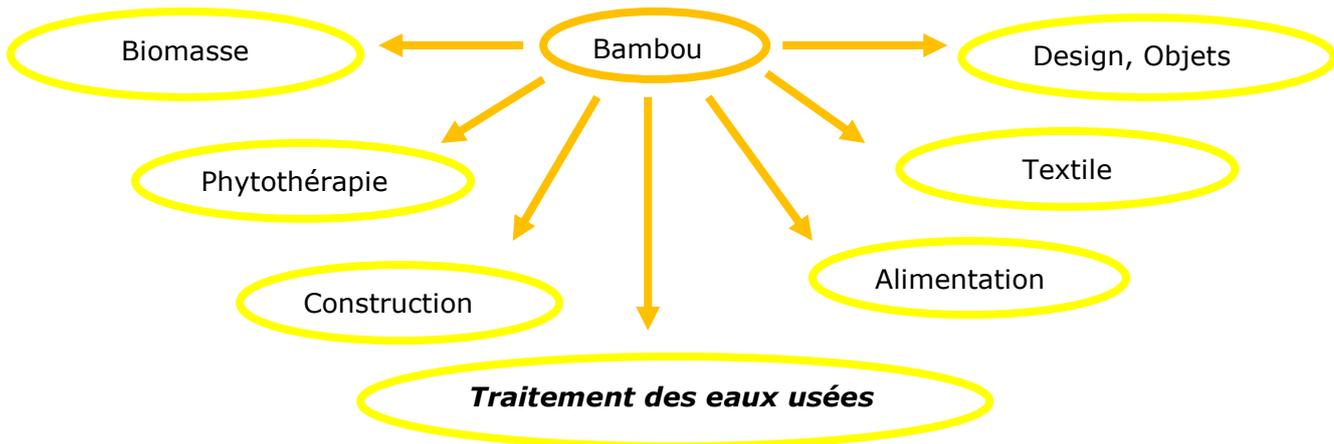


Figure 10: Les divers domaines d'utilisation du bambou

Toutes ces caractéristiques en font un matériau multi-usages qui n'engendre pas de coût de production excessif. Le bambou peut aussi être valorisé dans son intégralité. En effet, l'utilisation du bambou est totale, c'est une plante profitable de la cime à la racine.

Et voilà on a fait un tour dans le monde du bambou. Maintenant que nous le connaissons mieux, cela sera plus facile pour le choisir, le planter, et l'en utiliser tant que système d'épuration des eaux usées de la CR de Sidi Moussa Lhamri.

Chapitre 4 : Etude d'application de la technique de bambou-assainissement dans le chef lieu de la CR de SML

I-INTRODUCTION

La société PHYTOREM a créé et breveté une technologie écologique qui transforme le développement durable en développement désirable.

Cette technologie « BAMBOU-ASSAINISSEMENT » utilise les propriétés d'une plante exceptionnelle, le bambou.

Cette innovation est adaptée aux besoins des collectivités et des industries dont elle traite les effluents de toutes sortes par le principe de **Phytoremédiation**.

I.1-PHYTOREM

PHYTOREM est une société française qui intervient clé en main pour la conception et la réalisation de station d'épuration végétale pour le traitement des effluents agricoles, industriels et domestique. Elle propose également l'exploitation du dispositif, en sous-traitance avec des agriculteurs formés à cet effet, qui consiste en l'entretien des végétaux et du dispositif de répartition de l'effluent. Plus de 15 stations réalisées à ce jour en France.

II- PRESENTATION DE LA ZONE D'ETUDE

II.1-SITUATION GEOGRAPHIQUE ET ADMINISTRATIVE

La commune rurale de Sidi Moussa Lhamri a été créée en 1992. Elle relève du Caïda d'Ain Chaïb, Cercle d'Oulad Teïma, Province de Taroudant, sise dans la région du Souss-Massa-Draa. Son territoire qui s'étend sur une superficie d'environ 66 km², se situe approximativement entre 9°12'23" et 9°7'28" degrés de longitude ouest et entre 30°32'42" et 30°25'47" degrés de latitude Nord.



Figure 11: Localisation géographique du Chef lieu de la CR de Sidi Moussa Lhamri

La commune compte 21 douars dont les plus importants sont : Ait Hmida, Ait Aissa, Ait Ayad, Boudhar, Ait Hmimiche, Bouhssira, Ait Abbou.

En **2004**, la population totale de la commune était de **12074 habitants**, elle est répartie en 1826 foyers soit approximativement 6.6 habitants par foyer et une densité moyenne de la population de 183 habitants par km².

Le taux d'accroissement annuel proposé par l'étude est : 1.25%. en se basant sur le RGPH 1994 et celui de 2004.

La visite du site nous a permis de constater que le taux d'accroissement est relativement sous estimé. En effet ce centre se situe à un carrefour régional assez fréquenté reliant les deux pôles économiques de Souss à suivre Taroudant et Agadir. Par ailleurs, le centre est un point de convergence de tous les douars limitrophes où la population migre à ce premier pour chercher d'autres activités.

Les discussions que j'ai mené avec le bureau d'étude m'ont fait confirmer le constat. Ce dernier était en train de réviser ce taux d'accroissement. Toutefois, je retiens dans ce rapport les projections démographiques proposé par l'étude l'APS.

II.2-CONTEXTE NATUREL

II.2.1-Climat et type de temps

Le climat est de type continental avec un fort ensoleillement. La proximité de l'océan atlantique, adoucit le climat régnant par l'effet d'une brise marine qui remonte par la vallée de l'oued Souss. La zone étudiée est normalement dans une latitude

saharienne, mais elle bénéficie d'un microclimat doux grâce à cette proximité de l'océan et à sa protection par la chaîne montagneuse de l'Anti-Atlas contre la rudesse du climat saharien au Sud. Elle se situe dans un étage bioclimatique aride à hiver doux.

Selon les lectures menées sur la technologie du bambou-assainissement, nous avons pu déduire que ce type de plantes peut s'acclimater facilement à l'environnement proposé par la zone de l'étude.

Maintenant, il est clair que des études approfondies sur son mode d'adaptation devront être menées pour s'assurer convenablement de cette déduction.

II.2.1.1 La pluie

La pluie se caractérise par une forte variabilité dans l'espace et dans le temps. Elle est aussi d'une forte intensité ce qui contribue activement au phénomène de l'érosion et de la dégradation des sols. La pluie moyenne interannuelle à la station de Taroudant est de 202 mm. Sa répartition mensuelle est la suivante :

Tableau 9: Pluie mensuelle en mm à la station climatologique de Taroudant « Pont Taroudant ABHSMD (1967-2006) »

	S	O	N	D	J	F	M	A	M	J	J	A	Année
Pluie	7	20	27	42	36	27	24	16	3	0	0	0	202
% an	3	10	13	22	18	13	12	8	1	0	0	0	100

Sa représentation graphique est la suivante :

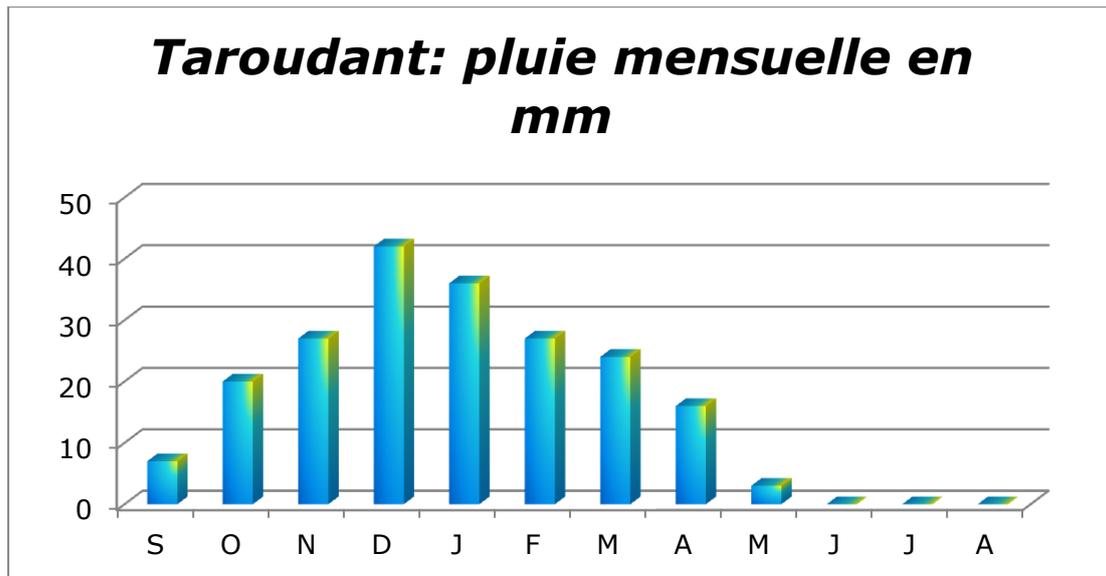


Figure 12: Variation de la pluie mensuelle en mm à la station climatologique de Taroudant

L'analyse de ce graphe montre que la pluie suit un régime pluviométrique simple avec un pic hivernal en Décembre. La saison pluvieuse s'étale d'Octobre à Avril où l'on reçoit 96 % de la pluie d'une année. Le tableau ci-dessous résume la répartition saisonnière des pluies :

Tableau 10: Répartition saisonnière des pluies à Taroudant

Saison	Pluie	
	En mm	%par an
Automne	54	27
Hiver	105	52
Printemps	43	21
Eté	1	0
Année	202	100

L'hiver reçoit le maximum de pluie : plus que la moitié, suivi de l'automne puis du printemps. L'été est sec.

II.2.1.2. La température

La température joue un rôle important dans la vie et le développement de la faune et la flore. Les données mensuelles de température en degré Celsius, à Taroudant, sont comme suit :

Tableau 11 : Les températures mensuelles à la station climatologique de Taroudant« Pont Taroudant ABHSMD (1967-2006) »

	sep	O	N	D	J	F	M	A	M	J	J	A	Année
Tmoy	24.6	21.5	18.0	14.0	14.0	15.5	17.3	18.4	20.4	22.3	26.3	26.3	19.8
max	46.0	40.8	36.6	31.8	31.6	33.0	38.0	39.2	44.0	45.8	49.0	48.2	49.0
min	4.0	2.5	2.0	-3.2	-2.0	-0.4	-0.4	0.4	4.2	6.0	6.0	4.0	-3.2

Ce tableau fait ressortir la douceur du climat à Taroudant. En effet :

- ✓ La température moyenne annuelle est de 19.8 °C.
- ✓ Le mois le plus chaud est Juillet avec une température moyenne de 26.3 °C.
- ✓ Le mois le plus froid est Janvier avec une température moyenne de 14,0 °C.
- ✓ La température maximale absolue observée est 49,0 °C survenue en Juillet 1979.
- ✓ La température minimale absolue observée est -3.2 °C survenue en Décembre 1979.

La plantation du bambou réussira tant qu'il aime le froid et supporte la chaleur.

II.2.2.3-L'évaporation

Les valeurs mensuelles en mm de l'évaporation totale mensuelle au bac type Classe A, à Taroudant, sont comme suit :

Tableau 12 : Evaporation totale mensuelle du bac classe A, en mm« Pont Taroudant ABHSMD (1967-2006) »

	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Année
Evaporation moyenne	94.1	99.2	140.3	172.8	213.7	209.3	272.1	261.1	206.1	154.4	122.4	89.5	1959.9
Evaporation maximale	121.9	126.1	180.8	244.5	267.4	275.0	375.0	319.9	275.5	202.6	169.8	124.4	2363.2
Evaporation minimale	62.7	80.2	112.8	99.8	132.4	155.2	168.5	173.0	136.0	96.2	69.1	61.8	1596.7

L'évaporation maximale est observée en Juillet et la minimale en Décembre.

Le graphique correspondant est comme suit :

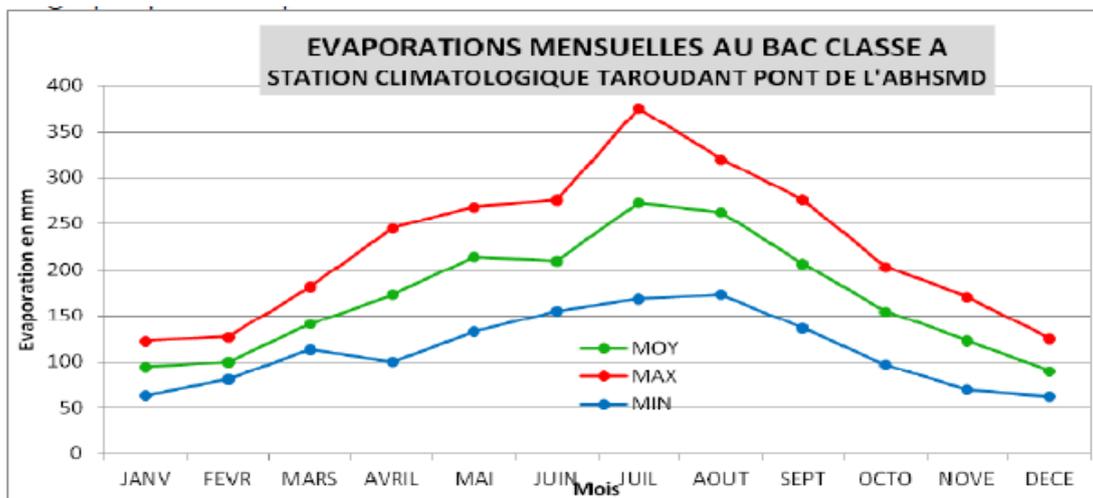


Figure 13: Variation de l'évaporation totale mensuelle au bac type colorado, en mm, à la station météorologique de Taroudant

La connaissance de ce paramètre est évidemment indispensable pour définir les besoins en eau des cultures. Dans notre cas le bambou pourra humidifier l'atmosphère grâce à son grand pouvoir d'évapotranspiration.

II.2.2.4-Le vent

La région est relativement ventée. Les vents dominants sont de secteur wsw et Ouest. Des vents d'Est chauds communément appelés Chergui, peuvent souffler en été et en automne. La vitesse moyenne annuelle du vent est de l'ordre de 40 à 60 km/h.

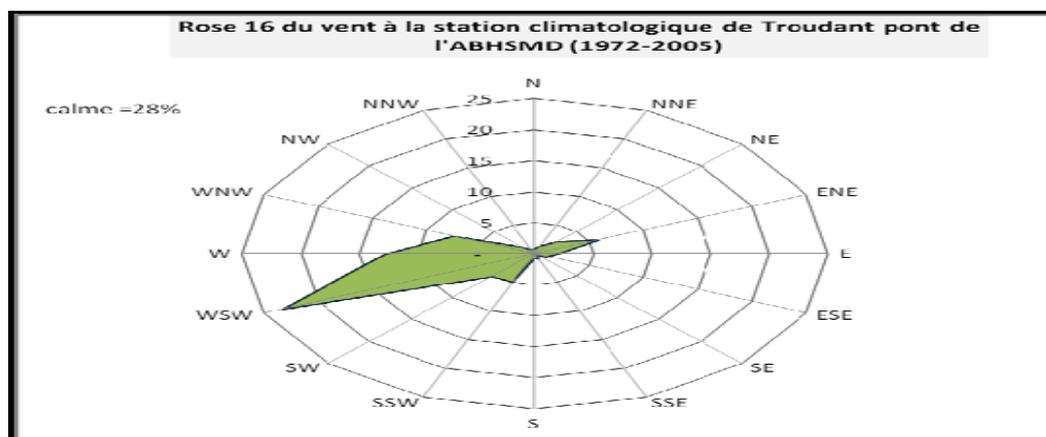


Figure 14: Rose du vent à la station de Taroudant « Pont de l'ABHSMD (1972-2005)»

Le facteur vent est un élément assez significatif dans les études d'assainissement. La lecture de la rose des vents de Taroudant définit que le problème des odeurs pourra être généré et donc l'usage d'un mode d'assainissement en lagunage mature peut être compromis.

Ceci joue en faveur de l'assainissement par bambou, qui offre par la hauteur de ces plantes, un rideau naturel contre les vents.

II.3-GEOMORPHOLOGIE ET GEOLOGIE

II.3.1- Géomorphologie

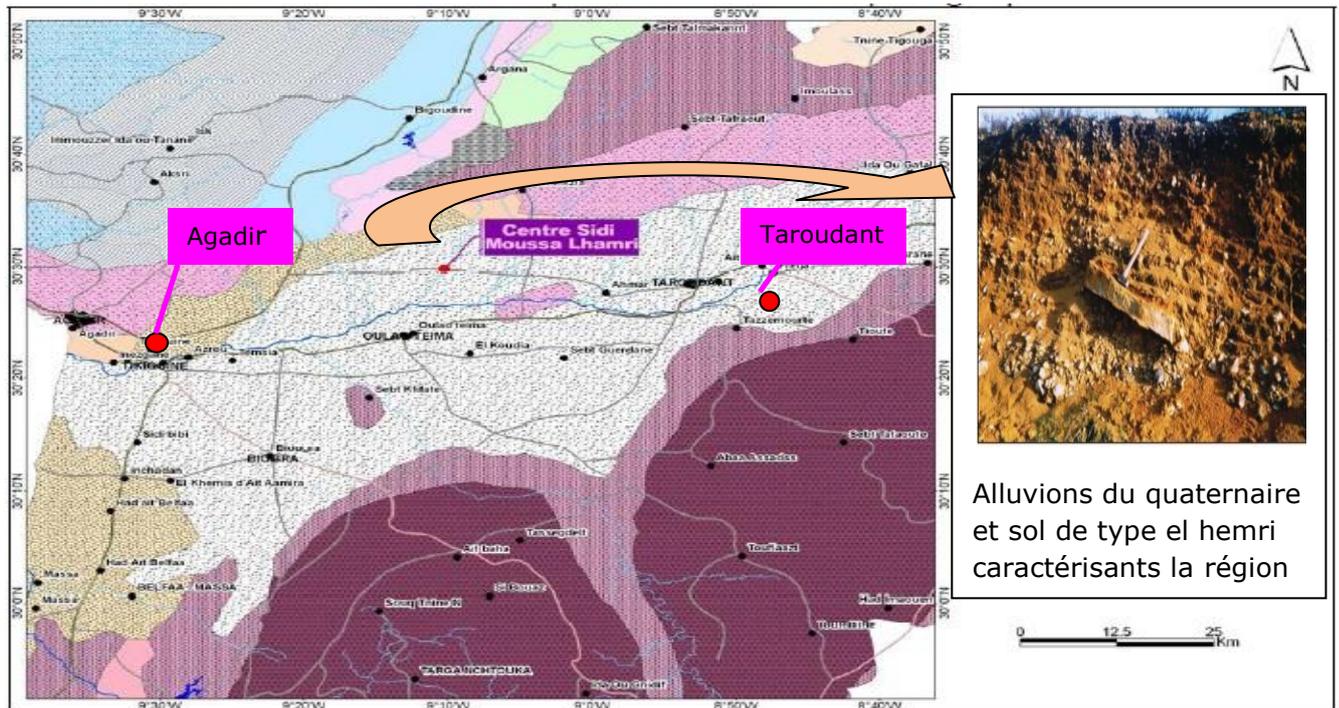
La zone de l'étude est située dans de la plaine du Souss présentant une topographie faiblement marquée. Cette géomorphologie joue également en faveur de la méthode d'assainissement par bambou.

La zone est assez plate donnant naissance à des terrains très adaptés à la plantation de ce végétal.

II.3.1.1- Géologie locale

La zone de l'étude est située dans la plaine du Souss qui se trouve dans la partie méridionale du bassin secondaire du Sud-ouest marocain. La série secondaire formant le substratum du remplissage Plio-Quaternaire de la plaine repose en discordance sur le socle paléozoïque et débute par le Trias et se poursuit par le Jurassique et le Crétacé. Elle affleure uniquement sur la bordure Nord de la plaine.

Le remplissage Plio-Quaternaire issu du démantèlement du Haut Atlas et des reliefs Anti-Atlasiques est détritique et calcaire. Il repose sur les formations du secondaire et du Tertiaire au Nord et au Sud sur un substratum formé par les calcaires adoudouniens et la série schisto-gréseuse du Géorgien. Le remplissage plioquaternaire a une puissance variant entre 250 et 500 m.



Légende

	CAMBRIEN
	CARBONIFERE
	CRETACE
	CRETACE ET JURASSIQUE
	CRETACE INFERIEUR
	HOLOGENE
	JURASSIQUE INFERIEUR
	ORDOVICIEN
	PALEOZOIQUE INTRUSIF ET EXTRUSIF
	PERMIEN
	PLEISTOCENE
	PRECAMBRIEN
	QUATERNAIRE
	QUATERNAIRE ET TERTIAIRE
	SILURIEN ET ORDOVICIEN
	TERTIAIRE
	TERTIAIRE CRETACE
	TRIAS

A l'exception d'une description quantitative qui se limite à citer que les sols dominant sont R'mel et hamri.

Malheureusement l'étude n'a pas détaillé l'aspect pédologique. Notre visite du site m'a permis toutefois de constater la bonne fertilité des terrains quaternaires au niveau de la région.

Figure 15: Carte géologique de la zone de l'étude

II.4-RESSOURCES EN EAU ET HYDROLOGIE

II.4.1-Eau superficielle

Les ressources en eau de surface dans la zone de Souss Massa, Tiznit et Sidi Ifni sont limitées et très irrégulières. A l'instar des précipitations, les débits des oueds présentent une forte irrégularité interannuelle.

Le périmètre d'étude se caractérise essentiellement de point de vue hydrologique, par l'oued Souss, ce dernier prend naissance dans le Haut Atlas à une altitude de 1230 m. Son parcours traverse la chaîne montagneuse du Haut Atlas et la plaine du Souss, avant de se déverser dans l'océan Atlantique au sud d'Agadir. Parmi les principaux affluents de l'oued Souss, on peut citer : oued Issen, oued Ouziwa, oued Immerguen,

oued Arghene. L'oued Souss est le plus important oued du bassin hydraulique, sa longueur atteint 190 km.

II.4.2-La qualité des eaux

Les eaux de l'oued Souss et de ses affluents sont de bonne qualité dans la partie amont en raison de leur salinité relativement faible et de l'absence de la pollution organique.

Les eaux des autres cours d'eau de la région sont généralement de bonne qualité. Elles ont une faible salinité à l'exception de la zone aval de l'oued Massa et son affluent l'oued Tazeroualt qui présentent une salinité moyenne.

II.4.3-Hydrogéologie

La nappe d'eau est celle du Souss. Elle est alimentée à partir du Haut-Atlas et de l'Anti-Atlas à travers les calcaires du turonien, comme elle est rechargée par les lâchers d'eau du barrage Aoulouz. Elle s'écoule d'Est en Ouest en direction de l'océan atlantique. Sa productivité est plutôt bonne avec un débit voisin de 5 l/s. Le niveau de l'eau est à une vingtaine de mètres par rapport au sol près de l'oued Souss et à une quarantaine de mètres à l'intérieur. Le niveau piézométrique baisse chaque année de manière continue en raison de la persistance de la sécheresse et de la surexploitation de la nappe à son amont hydraulique.

II.4.4-Hydrologie

Le réseau hydrographique est très réduit au niveau du centre, cela est dû à l'aplanissement du relief, à la nature sableuse des sols et aux longues périodes de sécheresse.

Le centre est traversé par des petites Chaâbats de moindre importance qui se jettent directement dans l'oued Souss.

II.5-URBANISME ET DIMOGRAPHIE

II.5.1. Occupation actuelle du sol

II.5.1.1- Structure et typologie de l'habitat

La fonction principale du centre est le commerce puisqu'il est le siège du seul souk de la commune où s'approvisionnent tous les douars de la commune en produits d'alimentation et divers intrants agricoles.

Cette fonctionnalité explique la typologie de l'habitat qui est de type groupé et qui est constituée principalement de commerces en rez-de-chaussée avec des habitations en étage.



Photo 4: Vue panoramique du centre Sidi Moussa Lhamri

II.6-IINFRASTRUCTURE DU BASE

II.6.1- Alimentation en eau potable

Le centre de Sidi Moussa Lhamri est totalement desservi en eau potable ; le dégagement des ressources à été effectué par un forage situé au siège de la commune, puis stockée dans deux réservoirs de 50 m³ et 10 m³.

Un nouveau réservoir de 300 m³ est encours de réalisation par l'ONEP.



Photo 5: Forage actuel d'alimentation



Photo 6 : Réservoir de 50 m³



Photo 7 : Réservoir de 10 m³

En eau potable

II.6.2- Assainissement liquide

Le centre est dépourvu d'un réseau collectif d'assainissement. La population actuelle utilise des puits perdus comme installation individuelle pour se débarrasser des eaux usées.

Seules les eaux de vanne sont introduites dans ces installation, les eaux ménagères sont en général évacuées directement dans les rues. Pour les eaux pluviales, elles sont drainées naturellement vers les chaâbats et oueds.



Photo 8 : Drainage des eaux pluviales naturel



Photo 9 : Rejets liquides sauvages dans le milieu naturel

II.6.3- Assainissement solide

Le centre ne dispose pas actuellement d'un système de collecte des déchets solides ni de décharge publique. Les habitants se débarrassent de leurs ordures dans le milieu naturel aux alentours des douars, ce qui constitue une source de pollution potentielle.



Photo 10: Décharge sauvage au voisinage du centre

II.6.4-Électricité

Le centre est raccordé au réseau national ONE, le taux de raccordement au réseau d'électricité est de 100%.

II.6.5-Téléphone

Le centre est pourvu d'un réseau de télécommunications fixe et mobile qui couvre presque la totalité de son territoire.

II.6.6-Voirie

A part les routes régionales 1707 et 1708, le centre est desservi essentiellement par des pistes. L'aménagement des pistes est nécessaire pour améliorer les conditions d'accès et pour favoriser la mise en place de projets de développement rural.

III. DONNEES DE BASE POUR L'ETABLISSEMENT DU PROJET

Le dimensionnement de la station nécessite le calcul des mêmes paramètres calculés pour la réalisation d'une station d'épuration des eaux usées traditionnelle.

III.1.PROJECTION DES BESOINS EN EAUX, DES DEBITS DE REJETS, ET DES CHARGES POLLUANTES

III.1.1- Calcul des besoins en eau

La production et la distribution d'eau potable sont assurées par l'ONEP. Elle est répartie entre les usages domestique, administratif et industriel.

III.1.1.1-Dotation

Les dotations moyennes en eau qui seront adoptées pour le reste de l'étude sont les suivantes :

- ✓ Population branchée : 50 l/hab/j.
- ✓ Population non branchée : 10 l/hab/j.
- ✓ Administrative : 5 l/hab/j.
- ✓ Industrielle : 3 l/hab/j.

III.1.1.2-Taux de branchement au réseau d'AEP

Le taux de branchement actuel de l'ensemble du Centre est de l'ordre de 100%.

III.1.1.3-Coefficient de pointe

Les coefficients de pointe adoptés sont comme suit :

- ✓ Coefficient de pointe journalière : 1,5
- ✓ Coefficient de pointe horaire : 2

III.1.1.4-Rendement à la production et à la distribution

Les rendements adoptés sont comme suit :

- ✓ Rendement à la production : 90%
- ✓ Rendement du réseau de distribution : 80%

Tableau 13 : Evolution des besoins en eaux potable du Chef de la CR

Année	2011	2020	2025	2030	2040
Besoins moyens (l/s)	2.39	2.99	3.38	3.83	4.90
Besoin de pointe (l/s)	8.98	11.21	12.68	14.35	18.37

III.1.2-Calcul des débits des eaux usées

III.1.2.1-Taux de raccordement aux réseaux d'assainissement

Le Chef Lieu de la Commune Rurale de Sidi Moussa Lhamri va disposée d'un réseau d'assainissement qui couvre environ 100 % de la population totale de la commune.

On propose donc que le taux de raccordement à l'égout sera alors égal 100% à partir de l'année 2030. En d'autres termes, toute la population sera considérée raccordée au réseau d'assainissement.

III.1.2.2-Coefficient de retour à l'égout

Le coefficient de rejet ou coefficient de retour à l'égout varie généralement entre 0,80 et 0,90 en fonction des types de consommation.

Pour cette commune rurale, on prend un coefficient de rejet de 0,80 pour tenir compte de la dominance de l'habitat économique.

III.1.2.3-Débit moyen

La production en eaux usées dépend de la consommation en eau potable, du coefficient de retour à l'égout ainsi que du taux de branchement au réseau d'égout.

La production des eaux usées est déterminée comme suit :

$$Q_{mEU} = C_{EP} \times T_R \times Br \times Rc$$

Avec :

- ✓ Q_{mEU} : Production des eaux usées en m³/j.
- ✓ C_{EP} : Consommation en eau potable de la population raccordée, de l'administration et de l'industrie.
- ✓ T_R : Taux de retour à l'égout pris égal à 0,8.
- ✓ Br : Taux de branchement pris égal à 100%.
- ✓ Rc : Taux de raccordement pris égal à 95% jusqu'à l'année 2030.

III.1.2.4.Coefficient de pointe

Le calcul de pointe lors du jour de production maximale Q_{max} est fait en se basant sur la pointe journalière relative à la consommation en eau potable. Il tient compte de la variation de la production en eaux usées lors d'une journée cette variation dépend largement de la taille de la population desservie.

Le coefficient de pointe C_p doit être inférieur ou égal à 3. Il est calculé de la manière suivante :

$$C_p = 1,5 \times \frac{2,5}{\sqrt{Q_{m,EU}}} \leq 3$$

III.1.2.5. Débit de pointe

Le débit maximal de temps sec est donc calculé comme suit :

$$Q_{maxi, sec} = C_p \times Q_{m,EU}$$

III.1.3. Calcul des charges polluantes

Pour l'estimation de la qualité biochimique des eaux usées deux modèles sont possibles :

- ✓ Evaluation des concentrations et des charges en se basant sur des valeurs étayées par des documents (p. ex. Schéma Directeur National d'Assainissement Liquide (SDNAL).
- ✓ Mesure des concentrations réellement existantes au cours d'une période de temps représentative.

Les résultats ainsi obtenus d'après l'élaboration de la fiche des eaux usées correspondantes aux données ci-dessus est comme suit :

Tableau 14: Fiche des eaux usées

Production des eaux usées	En 2012	En 2015	En2020	2025	2030	2040
Rejet eau usées (m3/j)	169.60	182.64	206.64	233.79	264.51	338.60
Rejet eau usées (l/s)	1.96	2.11	2.39	2.71	3.06	3.92
Rejet (l/hab/j)	46.4	46.4	46.4	46.4	46.4	46.4
Taux des eaux parasites (%)	10	10	10	10	10	10
Rejet des eaux parasites (l/s)	0.20	0.21	0.21	0.27	0.31	0.39
Rejet des eaux parasites (m3/j)	0.0023	0.0024	0.0024	0.0031	0.0035	0.0045
Coefficient de Pointe	3.00	3.00	3.00	3.00	2.93	2.76
Rejet de pointe sans eaux parasites (l/s)	5.89	6.34	6.34	8.12	8.97	10.83
Rejet de pointe sans eaux parasites (m3/j)	508.79	547.91	547.91	701.38	774.71	935.50
Rejet de pointe y/c eaux parasites (l/s)	6.09	6.55	6.55	8.39	9.27	11.22
Rejet de pointe y/c eaux parasites (m3/j)	508.80	547.92	547.92	701.38	774.71	935.51

Charge polluante	En 2012	En 2015	En 2020	En 2025	En 2030	En 2040
Ratio de pollution domestique DBO (g/hab/j)	20	20	20	25	28	28
Charges polluantes abattoir BDO (kg/j)	3	3	5	7	9	11
Charges polluantes domestiques DBO (kg/j)	73	79	89	126	160	204
Charge polluante totale DBO (kg/j)	76	82	94	133	169	215
Concentration DBO mg/l	449	447	455	569	637	636
Ratio de DCO (g/hab/j)	30	30	30	32	32	32
Charges DCO (kg/j)	109.65	118.09	133.60	161.24	182.42	233.52
Concentration DCO mg/l	646.55	646.55	646.55	689.66	689.66	689.66
Ratio de MES (g/hab/j)	30	30	30	35	38	38
Charges MES (kg/j)	109.65	118.09	133.60	176.35	216.63	277.30
Concentration MES mg/l	646.55	646.55	546.55	754.31	818.97	818.97
Ratio de NKT (g/hab/j)	5	5	5	7	9	9
Charges NKT (kg/j)	18.28	19.86	22.27	35.27	51.31	65.68
Concentration NKT mg/l	107.76	107.76	107.76	150.86	193.97	193.97
Equivalent habitant (EH)	3805	4086	4703	5319	6022	7690

DBO : Demande biologique en oxygène

MES : Matière en suspension

EH : Equivalent par habitant

DCO: demande chimique en oxygène

NKT : Azote kjeldahl total

IV-CHOIX ET DESCRIPTION DE SYSTEME D'ASSAINISSEMENT PROJETE

Le projet d'assainissement liquide du Chef Lieu de la Commune de Sidi Moussa Lhamri va comporter un réseau de collecte, de transport et d'acheminement vers le site d'épuration des eaux usées, avant leur rejet dans le milieu récepteur ou éventuellement leur réutilisation.

Compte tenu des caractéristiques urbanistiques de la Commune (le Chef lieu de la commune n'est pas encore aménagé), des risques de colmatage des conduites (voirie inexistantes) et de l'objectif assigné au projet qui est la protection des ressources, nous proposons d'adopter un système séparatif pour l'assainissement du Chef Lieu de la Commune Sidi Moussa Lhamri.

Ainsi, le système d'assainissement et par conséquent le dimensionnement du réseau se fera sur la base d'un système séparatif en admettant seulement les eaux usées dans le réseau.

Les gênes et les perturbations par les eaux pluviales des cours et des patios des maisons ainsi que celle des terrasses qui sont ruisselés superficiellement suivant la pente du terrain vers les chaâbas et oueds, ne justifient pas la réalisation d'un réseau des eaux pluviales dont le coût supplémentaire augmentera le coût globale du projet, ce qui risque de démotiver la communauté pour la réalisation du projet.

Deux variantes ont été proposées par le bureau d'étude réseaux de consultations et services :

- ↪ Variante 1 : Le Chef Lieu de la Commune Rurale de Sidi Moussa Lhamri est traversée dans sa partie Sud par l'oued Sous. Pour tirer profit de cette particularité, la première solution consiste à collecter les eaux usées de toute la zone vers une station de traitement projetée (Lagunage naturel ou infiltration percolation). Il est prévu que la station soit implantée sur un terrain situé au sud du centre sur la rive droite de l'Oued Souss.
- ↪ Variante 2 : la deuxième solution consiste à répartir le Chef Lieu de la Commune en plusieurs zones et à collecter les eaux usées de chaque zone vers une station de traitement projetée (fosse septique avec puits filtrant).

Les coûts d'investissement des deux variantes font ressortir :

Tableau 15: Montant des travaux de réalisation du réseau et de la STEP pour les deux variantes

Désignation	Variante 1	Variante2
Réseau des eaux usées	7 619 611.00	4 987 324.76
STEP	3 344 113.00	4 034 400.00
TOTAL	10 963 724.00	9 021 724.76

Sur le plan investissement, les deux variantes d'assainissement 1 et 2 sont compétitives.

Les deux variantes sont conçues sur la base d'un système séparatif qui consiste à collecter les eaux usées de la commune vers une station d'épuration.

Compte tenu :

- ↳ du grand nombre de fosses septiques conçus au niveau de la 2^{ème} variante qui nécessite des investissements de plus lors du fonctionnement ainsi que des risques de pollution de la nappe.
- ↳ du caractère périurbain et de développement urbanistique progressif du Chef Lieu de la Commune Sidi Moussa Lhamri.

De ce fait, il paraît clairement que la **1^{ère} variante**, qui consiste à collecter les eaux usées de toute la zone vers une station d'épuration par **infiltration percolation** et qui va permettre de concentrer les eaux usées récupérées vers un même point, ce qui offre un avantage pour l'exploitation en terme de protection de l'environnement, des ressources hydriques et de maintenance ou d'entretien, est la plus appropriée.

Tableau 16: Comparaison des deux variantes d'épuration

Paramètres	Lagunage naturel	Infiltration percolation
Surface utile en m2	9224	3285
Temps de séjour	Environ 40 à 50	6 à 8
Odeurs	Présente	Absente
Insectes, moustiques	Présente	Absente
Nécessité d'entretien	Non	Oui
Besoin d'énergie	Non	Oui
Effluents adéquat à l'irrigation	Oui	Oui
Quantité d'algues à rejeté dans le milieu récepteur	Très grande	Nulle
Besoin de mains d'œuvres spécialisés	Non	Oui
Sensibilité au froid	Sensible	Moins sensible
Elimination DBO, DCO, MES, Helminthes	Bonne	Très bonne
Production de NO3	Non	Oui
Cout d'exploitation	3 690 313	3 344 113

Vu la grande occupation du terrain, la production des mauvaises odeurs, les insectes et la production des grandes quantités des algues qui seront rejeté au niveau de l'oued Souss, le lagunage naturel ne serait pas très convenable.

Par contre, le système d'épuration par **infiltration percolation** occupe beaucoup moins de terrain, ne produit ni les insectes ni les odeurs nauséabondes, moins sensible à la basse température et il donne de très bonnes performances en ce qui concerne l'élimination de la DBO, DCO, MSE, Helminthes ainsi que son coût de réalisation relativement faible par rapport au lagunage naturel, les seuls inconvénients sont l'entretien continu des unités pour éviter le colmatage et la production des nitrates.

Pour remédier à ce problème d'entretien nous avons conçu une combinaison d'une bamboueraie avec le système d'épuration percolation /infiltration.

IV.1-RESEAU DE COLLECTE

Les caractéristiques des conduites, selon le débit à pleine section à évacuer, existantes sur le marché qui peuvent être adoptées au niveau du projet sont résumées dans le tableau ci-après.

Tableau 17: Caractéristiques des conduites d'assainissement (pente 0.005 m /m)

DN (mm)	Série I				Série II			
	Epaisseur (mm)	Charges DaN/m	D Int (mm)	Qps l/s	Epaisseur (mm)	Charges DaN/m	D Int (mm)	Qps l/s
200	4,7	3240	190,6	18,56	3,9	1800	192,2	18,98
250	6,1	4320	237,8	33,49	4,9	2250	240,2	34,39
315	7,7	5310	299,6	62,00	6,2	2835	302,6	63,67
400	9,8	6910	380,4	117,20	7,8	3600	384,4	120,52
500	12,3	9010	475,4	212,39	9,8	4500	480,4	218,39

D'après l'estimation de l'évolution des débits des eaux usées du Centre Sidi Moussa Lhamri, le débit de dimensionnement est de l'ordre de 12 l/s. Donc pour notre projet, on propose d'utiliser :

- ✓ Des conduites en PVC série I ayant un diamètre de 315 mm pour les collecteurs principales.
- ✓ Des conduites en PVC série I de 250 mm de diamètre pour les collecteurs secondaires et tertiaires.

Ces conduites choisies semblent être le matériel idéal pour la construction des réseaux de petits diamètres et de faible débit des eaux usées à évacuer.

Les regards de visite doivent être placés :

- ✓ En amont ou en aval des ouvrages ;
- ✓ Aux points singuliers ;
- ✓ Aux contraintes du réseau : (Raccordement de plusieurs conduites principales, changement de direction, chaque 70 m s'il n'y a pas de contrainte).

IV.2- STEP ET TRAITEMENT D'EPURATION

En se référant aux ouvrages d'assainissement et aux instructions techniques sur l'assainissement autonome recommandées par le Schéma Directeur National d'Assainissement Liquide (SDNAL), les filières de traitement des eaux usées domestiques au niveau des localités rurales à semi urbaines (type Sidi Moussa Lhamri) doivent être composées des ouvrages suivants :

- ✓ Ouvrage de prétraitement
- ✓ Système d'épuration
- ✓ Dispositif d'évacuation

IV.2.1- Choix du site

La partie transfert concerne l'amenée des eaux usées vers la station d'épuration, à partir du point d'assemblage globale de l'ensemble des eaux usées des collecteurs du Chef lieu de la commune Sidi Moussa Lhamri.

D'après l'analyse sur le plan de restitution à l'échelle 1/2000 daté de 2004, la pente du terrain est favorable pour un transfert gravitaire de l'affluent. La longueur de la conduite d'amenée est d'environ 2,5 Km avec un diamètre de DN315 mm et une pente moyenne de la conduite est de 1%. La figure suivante montre la situation du site proposé :

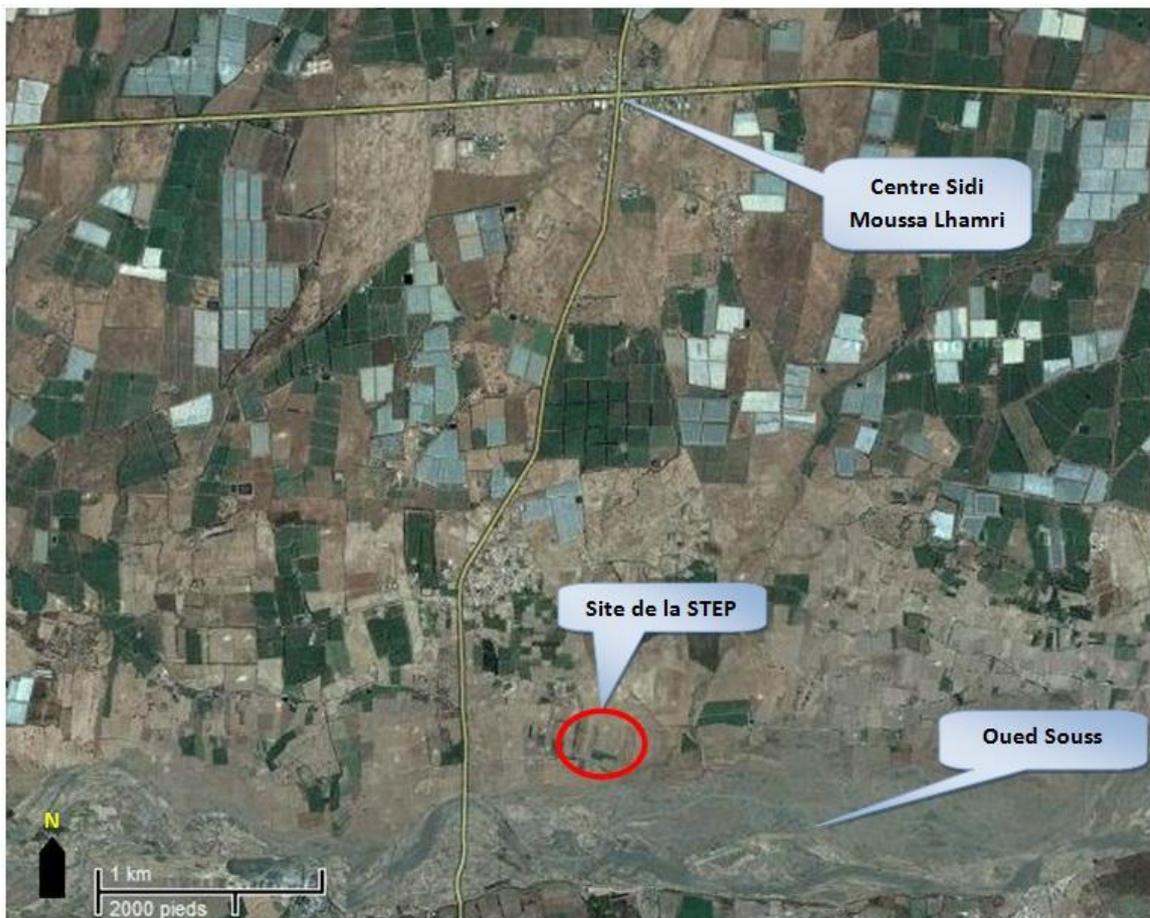


Figure16: Situation de site de la STEP

Le site proposé sera d'une distance de l'ordre de 2,5 Km, sur un terrain situé au sud du centre sur la rive droite de l'Oued Souss.

C'est le choix idéal pour éviter le recours à une station de relevage, de plus ce site ne présentera aucun risque de propagation des odeurs nauséabondes entraînées par les vents dominants qui sont de secteur wsw et Ouest.

IV.2.2-Ouvrages de prétraitement

↳ Dégrillage

Une grille grossière devrait être prévue au niveau du rejet des eaux usées de la canalisation de manière à ce que les matières grossières contenues dans les eaux usées puissent être retenues. Il est recommandé d'utiliser pour cela ce que l'on appelle communément une grille cage.

Afin de conserver une bonne capacité d'autocurage du canal d'entrée, nous recommandons la création d'une seule filière de dégrillage. La grille sera inclinée par rapport à l'horizontal d'un angle de 60° à 80° et sera constituée de barreaux droites en acier de section rectangulaire.

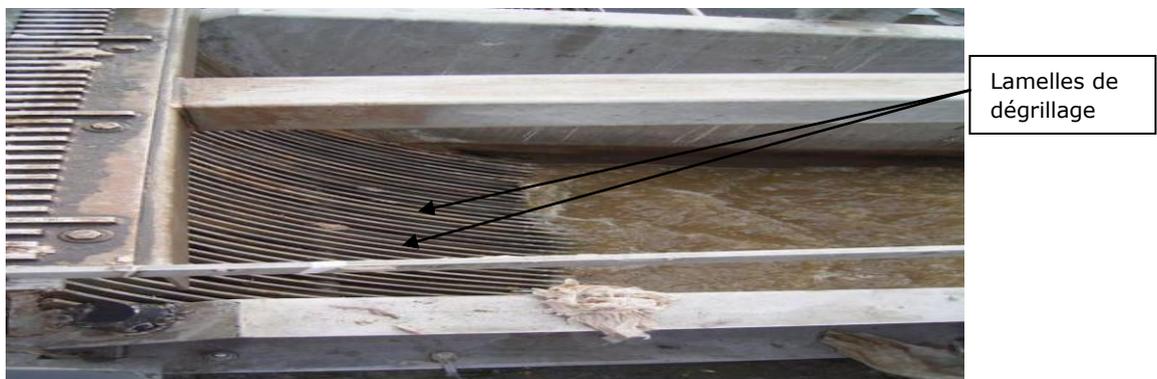


Photo 11: dégrillage

↳ Dessableur / déshuileur

Le centre Sidi Moussa Lhamri se situe dans une région sableuse, ainsi il faut mettre en place un dessableur / déshuileur.

Le dessablage a pour but de retenir les matières solides minérales les plus lourdes, d'une taille supérieure à $200\mu\text{m}$, qui peuvent perturber le fonctionnement des ouvrages de traitement situés en aval, tout en évitant la décantation des matières organiques.

Il est prévu de mettre en place un dessableur statique qui se présente sous forme d'un canal longitudinal dans lequel la vitesse est ralentie pour permettre la décantation des sables.



Photo 12: Dégraissage /désuilage

IV.2.3-Ouvrages de traitement

IV.2.3.1-Conjugaison du système infiltration avec une bamboueraie

Le choix de la phytoremédiation est venue convertir le traitement proposé pour Sidi Moussa Lhemri, en adoptant une conjugaison entre le processus d'infiltration percolation et phytoremédiation.

Ainsi, le système que nous proposons se base sur la chaine du traitement suivante :

- 2 bassins anaérobies
- 3 bassins de bambou

IV.2.3.1.1-Bassin anaérobie

Pour le bassin de décantation, on suppose obtenir des conditions anaérobies. Le traitement consiste essentiellement en une sédimentation des matières en suspension et une digestion partielle des matières organiques facilement dégradables.

- ✓ Constitue l'unité la plus petite de la filière de traitement.
- ✓ La condition fondamentale pour le dimensionnement d'un bassin anaérobie est d'être certaine que la fermentation du méthane soit établie.
- ✓ Il est dimensionné en fonction de la charge organique volumique, c'est-à-dire la quantité de matière organique exprimée en gramme de DBO₅ par jour, appliquée à chaque m³ du volume du bassin.

Critères de conception :

- ✓ Cv : 100 – 300 g/m³/j (selon Who Emro Technical 1987)
- ✓ Ts : 4 – 5 j, avec un minimum de 3 jours
- ✓ Profondeur des bassins : 3 – 4 m avec un maximum de 5 m,
- ✓ Cs : > 1000 Kg/hectare/j
- ✓ Nombre de bassins en parallèle : minimum 2

La charge volumique exprimée en g de DBO₅/m³/Jour est donnée par l'équation suivante :

$$Cv = (Co \times Q) / V \text{ (Mara et Pearson, 1997 ; Mara et al. 1997)}$$

Avec

- C_v = charge volumique
- C_o = concentration entrante de DBO5 en (mg/l = g/m³)
- Q = débit de l'eau usée en m³/j
- V = volume du bassin anaérobie en m³

De ce fait on obtient les résultats suivants :

Tableau 18: caractéristiques des bassins anaérobies

Désignation	Unité	Quantité
Année		2040
Débit	m ³ /j	339
Charge DBO	Kg/j	215
Population raccordée à l'égout	EH	7960
Concentration DBO5	Mg/l	636
Production de boues	m ³ /hab/an	0.04
Temps de rétention	j	4
Volume nécessaire	m ³	1811
Profondeur du bassin (utile)	m	3.5
Surface totale (à mi profondeur)	ha	0.052
Nbre de bassins choisis en parallèle	Nb	2
Charge effluent sortant	Kg/j	170.66
Longueur	m	20
Largeur	m	13
Concentration DBO5 effluent	Mg/l	318

IV.2.3.1.2 Bassins du bambou

↳ Explication du principe bambou assainissement

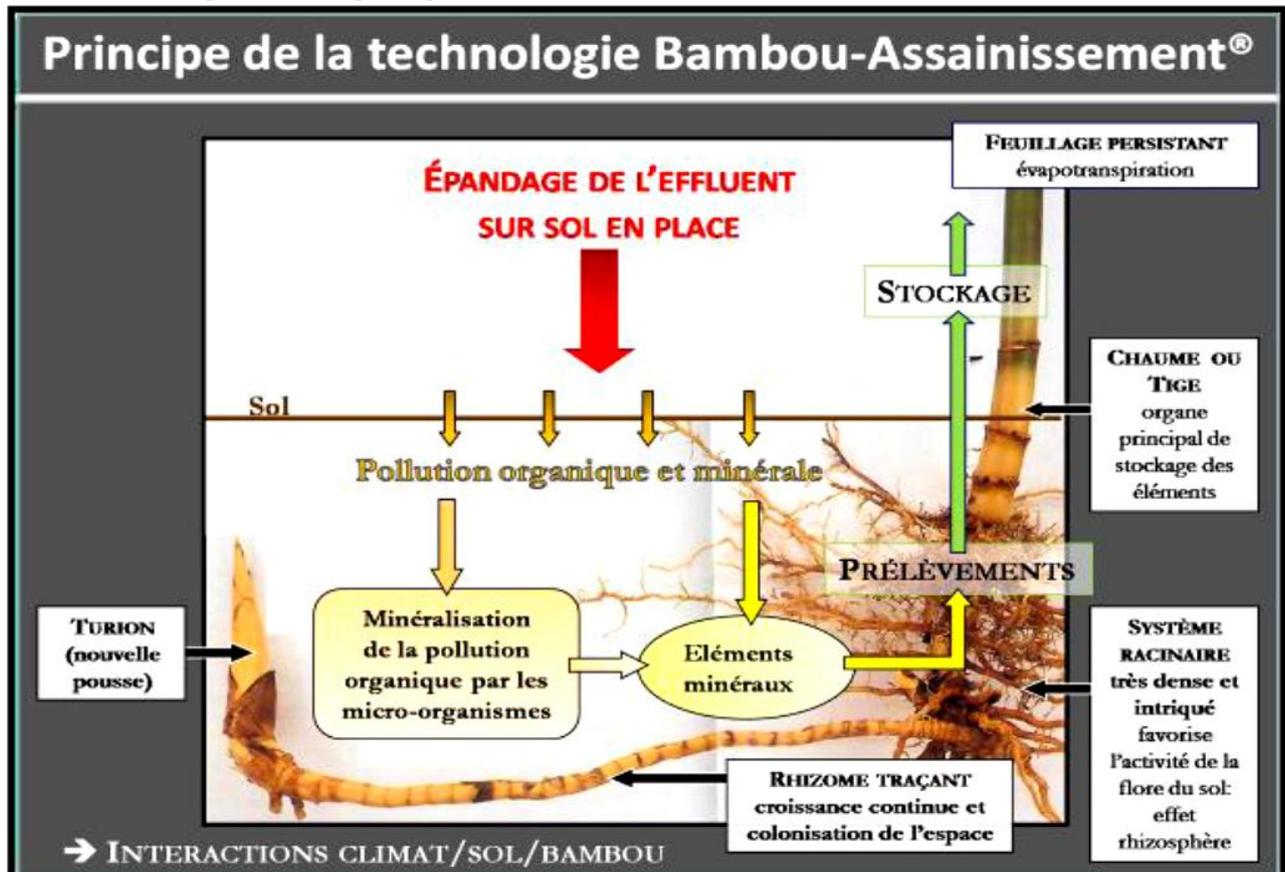


Figure 17: Principe de fonctionnement du bambou-assainissement

Le BAMBOU-EPURATION utilise les propriétés naturelles d'un écosystème particulier : la bamboueraie. La plantation de bambous est envisagée sur sol en place après une préparation agricole du sol. Le bambou peut prélever de grandes quantités d'eau et d'éléments nutritifs pour assurer sa croissance extraordinairement rapide. L'horizon supérieur du sol en place fonctionne comme un filtre vertical. C'est ici que va se développer la partie souterraine (rhizomes/racines) des bambous. L'important système racinaire du bambou augmente l'activité bactérienne du sol. La matière organique peut être ainsi rapidement minéralisée pour être plus facilement assimilée par le bambou. Les contaminants sont exportés vers le chaume qui, coupé entre 4 et 7 ans suivant les espèces, sera utilisé dans diverses filières de recyclage (mobilier, énergie, artisanat, ...). Seule une barrière à rhizome en périphérie de la plantation est prévue afin d'éviter la prolifération des bambous en dehors de la zone de traitement.

↳ Choix de l'horizon de dimensionnement

L'horizon de dimensionnement choisi, correspond à une période de 5 ans, à partir de la date prévisionnelle d'achèvement des travaux.

- ✓ Démarrage des travaux : 2012.
- ✓ Achèvement des travaux : 2013

- ✓ Horizon de dimensionnement : (2013 + 5 ans) soit 2018.

La période de 5 ans comme première tranche de travaux est proposée sur les bases suivantes :

- ✓ Permettre aux responsables de l'ONEP de tester le procédé avant de s'engager sur un investissement plus consistant.
- ✓ Trouver un compromis logique entre la capacité d'absorption des plantes et les débits des eaux usées à la date de la mise en service ; sachant que la vie d'un bambou est marqué par 4 étapes :

1) De 0 à 6 mois : la pousse (ou turion) sort de terre tel une pointe avec sa forme définitive, s'étire ensuite à la manière d'une canne télescopique qui contient déjà tous les éléments du chaume. Ces chaumes sortent de terre protégée par des gaines qui recouvrent la totalité de leur surface et qui tombent qui sol très rapidement pour permettre aux branches de se déplier et de se développer.

Au bout de six mois, il a atteint sa taille adulte d'une vingtaine de mètres.

2) Puis jusqu'à 2-3 ans : c'est un jeune bambou vert. C'est la période de maturation pendant laquelle il se fortifie et se solidifie.

3) A 4 ans le bambou est mûr.

Sur la base du contexte marocain (climat, dotation, etc...) les surfaces qui seront implantées en première tranche peuvent servir pour un horizon plus étendu. C'est pourquoi on rajoute une année.

↳ Surface nécessaire pour l'implantation de la bamboueraie

En matière de dimensionnement, le manque de documents de base et de méthodes standards, la présente étude s'est basée sur un ensemble de concepts pour donner une approche intégrée.

Ainsi, nous avons appuyé sur :

- ✓ Le pouvoir d'absorption des bambous pour définir la surface utile .
- ✓ Les méthodes usuelles pour les plantes à macrophytes pour définir la conception de détail (on supposait mettre en place un filtre de sable à écoulement horizontal pour apporter au processus de traitement par bambou un complément de traitement.
- ✓ Les techniques de micro irrigation pour poser une méthode d'irrigation des bambous.

La méthode de calcul des surfaces d'implantation des bambous est présentée comme suit :

Tableau 20: Evolution du volume d'eau absorbé par les bambous dans le temps

Age de la bamboueraie	Volume d'eau usée absorbée par
6ans	65 litres
5ans	60 litres
4ans	55 litres
3ans	50 litres
2ans	45 litres
1ans	30 litres

La conception des bambous ne tient pas compte de la charge polluante, elle se base essentiellement sur le débit.

Le bassin doit permettre une capacité de stockage *de 2 jours* de production en pointe afin de ne pas épandre en temps de pluie.

Tableau 21: Volume de base de la conception de la bamboueraie

Charge hydraulique	En 2013	En 2014	En 2015	En 2016	En 2017	En 2018
Rejet de pointe y/c eaux parasites (m3/j)	508,80	534,55	547,92	561,62	575,66	590,05
volume de base de la conception (2*rejet de pointe)	1 017.6	1 069	1 095.84	1 123. 24	1 151.32	1 180

Partant de ces principes, les bassins d'implantation doivent être équivalents à :

Tableau 22: surface nécessaire pour l'implantation selon la capacité d'absorption

Volume absorbé par M2	En 2013	En 2014	En 2015	En 2016	En 2017	En 2018
65 litres						1 180m3 18 153.8m2
60 litre					1 151.32m3 19 188.6m2	
55 litres				1 123.24m3 20 422.5 m2		
50 litres			1 095.84m3 21 916.8m2			
45 litres		1 069m3 23 755.5m2				
30 litres	1 017.6m3 33 920m2					

De la sorte, pour notre horizon de dimensionnement nous devons implanter une superficie de l'ordre de 18 153 .8m2 ce qui correspond à 1.8 ha. Sachant que le bambou ayant une densité équivalente à 1500 pieds/ha. Nous aurons besoins de 2 700 PIEDS DE BAMBOU

↳ Espèce du bambou à implanté

En fonction des conditions spécifiques aux besoins définis de la CR de Sidi Moussa Lhamri (nature des effluents, nature et topographie des sols, surfaces disponibles, etc.), les personnels de l'entreprise Maroc Bambou Développement (MBD) nous propose la vente de l'espèce ***Phyllostachys bambusoides*** testé dans sa station expérimentale et multipliés dans sa pépinière.

Les qualités ornementales de ce bambou ne manquent pas en raison de son gigantisme. Ses dimensions peuvent être considérables pour peu que les conditions essentielles à sa culture lui soient apportées (été chaud, sol fertile et frais).

Ce bambou peut atteindre 18 à 20 m de haut pour des chaumes de 8 à 10 cm de diamètre. Son feuillage abondant, composé de feuilles de 15 à 20 cm de long, charge les cimes chaque année d'avantage.



Photo 13: Phyllostachys bambusoides

IV.2.4. AMENAGEMENT DE LA BAMBOUSERAIE

IV.2.4.1 LA MESURE DES DEBITS

Comme pour toute nouvelle station d'épuration, la mise en place d'un système permettant de mesurer les débits en entrée et en sortie est nécessaire.

IV.2.4.2. REPARTITEUR DE L'EAU A TRAITER

Etant donnée l'importance de la surface de traitement, on propose de mettre en place des répartiteurs permettant de moduler les débits dans chaque lit de traitement.

La répartition peut se faire

- Par tranchée : caniveau légèrement en charge par rapport au niveau d'eau dans le lit ; l'eau est distribuée à travers un gabion de répartition.
- Une rampe d'alimentation placée sur la tranche de bassin avec une multitude de points d'alimentation afin que la répartition sur l'ensemble de la tranche transversale soit la plus homogène possible.

On opté dans cette étude, pour l'usage *des rampes d'alimentation*. Celles-ci ne doivent cependant pas être enterrées en raison du colmatage possible par les rhizomes. Ce procédé a été régulièrement installé sur les premières stations type Bambou. Il présente l'avantage, de par son système gravitaire, de vider complètement la canalisation entre chaque vidange et permet une bonne répartition. Par contre il nécessite le démontage des rampes lors du curage du bassin (prévision 10 à 15 ans).



Photo 14 : Répartiteur par rampe d'implantation

Dans les projets de traitement par filtration (à écoulement horizontal), les répartiteurs sont conçus de manière à avoir un point de répartition pour environ 50m² de surface. Pour le présent projet, on opte pour un point de répartition pour 100m²

Ceci nous permettra d'avoir :

Nombre de points de répartition = Surface totale (horizon de l'étude)/ 100 m² = **453pt**

IV.2.4.3.PRECONCEPTION DU RESEAU D'IRRIGATION

Dans ce projet, on s'est inspiré des études et conception dans le cadre de réalisation du réseau d'irrigation y compris les asperseurs. Toutefois, on a adapté une analyse globale par manque de données détaillées, notamment un relevé topographique du terrain.

D'une manière générale, le goutte-à-goutte et le micro-jet sont des distributeurs d'eau conçus pour fournir un certain débit à une certaine pression. Contrairement aux distributeurs turbulents, les distributeurs autorégulants sont munis d'une membrane ou d'un circuit de régulation, qui leur permet de fournir un débit identique sur une large plage de pression généralement comprise entre :

- 0,5 bar et 4 bars en goutte-à-goutte.
- 1,5 bar et 4 bars en micro-aspersion

Deux facteurs importants influent sur les variations de pression dans un réseau d'irrigation :

- les différences de hauteur dues à la topographie : lorsqu'on applique une différence d'altitude de 9,80 mètres à de l'eau en charge dans une canalisation sans écoulement, l'eau située à 9,80 mètres en contrebas présente une pression supérieure de 1 bar et vis versa. Ainsi, lorsqu'une pompe entraîne de l'eau à 5 bars vers un point situé 20 mètres

plus haut, l'eau ne présente plus qu'une pression de 3 bars une fois arrivée au point haut (si on fait abstraction des pertes de charge).

- les pertes de charges liées au frottement de l'eau contre les parois de la canalisation. Les pertes de charge sont d'autant plus élevées que le débit d'eau est important, que le diamètre de la canalisation est réduit et que la longueur de la canalisation est élevée.

Etant donné les particularités topographiques dans la zone de Sidi Moussa El Hamri, on préconise un système d'irrigation sous pression (donc pompage).

Chaque parcelle de 100 m², est équipée par une tuyauterie suivante : PVC 40mm – répartie tous les 1m².

IV.2.4.4.MISE EN PALCE D'UN LIT DE FILTRATION PAR SABLE DE FAIBLE PROFONDEUR

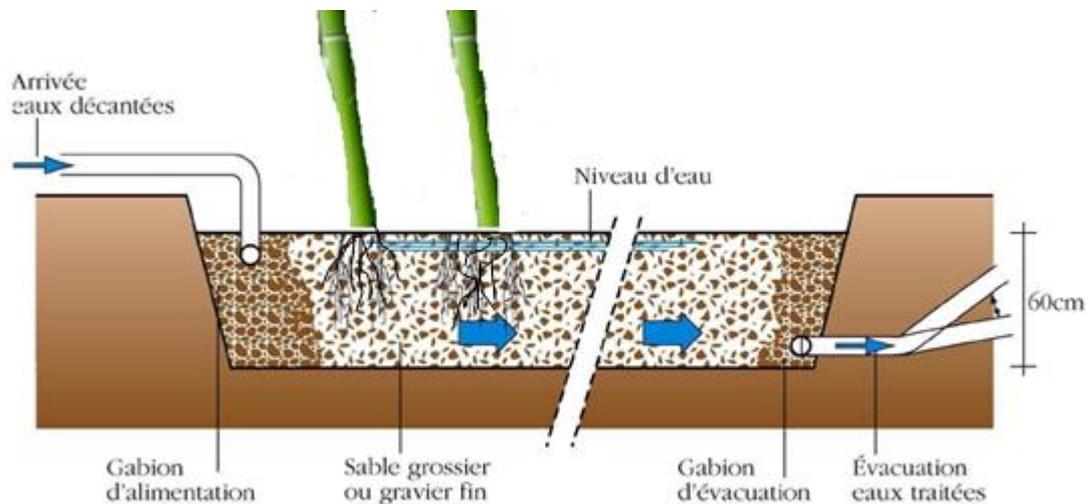


Figure 18: Coupe transversale schématique du filtre de bambou à écoulement horizontal

L'avantage de ce lit de filtration, me permettra de mieux diffuser les eaux à traiter et avoir une homogénéité d'écoulement des eaux.

La plupart des filtres sont constitués de la même façon, trois couches de graviers se succédant. Depuis le fond du filtre, 10 à 20 cm de galets 30/60 servent de couche drainante et enrobent les drains. Ensuite 20 cm de graviers intermédiaires 15/25 s'intercalent avant la partie haute composée de gravier 4/8 (granulométrie la mieux adaptée) sur une épaisseur de 60 cm.

La qualité des matériaux est la condition majeure au bon fonctionnement des filtres augmente la durée de vie et les performances épuratoires.

Les graviers et les sables utilisés doivent être roulés, lavés et siliceux. Un contrôle important et rigoureux doit être effectué, des tests granulométriques (contrôle du fuseau) doivent être réalisés à chaque livraison, voire même des tests de percolation en complément.

IV.2.4.5.L'ETANCHEITE DES BASSINS

La réalisation des bassins doit être effectuée avec beaucoup d'attention. En effet, le premier étage (filtre planté) est drainé dans tous les cas, il est donc important de récupérer 100% des eaux à la sortie du bassin.

L'étanchéité des bassins de traitement peut être assurée par deux méthodes :

- Mise en place d'un Géomembrane
- Mise en place d'une couche compactée d'argile

Etant donné le coût relativement élevée de la géomembrane, on recommande l'utilisation d'une couche compactée d'argile. Les prospections de terrain m'ont permis de localiser plusieurs zones d'emprunt, dont la plus importante est le bassin versant d'Issen (située à 30 km du site).

On prévoit donc une couche d'argile compactée de l'ordre de 20 cm.

IV.2.4.6.CONCEPTION DES BERGES

Les berges sont réalisées en déblais remblais et finies par du calcaire 0/30.

Deux types de finition :

- ✓ Les talus des filtres sont réalisés en calcaire et ont une pente de 45°. Aucune végétation ne s'implante naturellement. Avec le temps, ces talus s'effondrent dans le sable.
- ✓ Les bordures de 60 cm permettent une bonne tenue du remblai (calcaire ou terre) qui ne peut pas contaminer le sable. De plus leur rigidité permet de maintenir la couche compactée du sable et assure une étanchéité complète. Elles délimitent proprement la périphérie des bassins et apportent une bonne finition,

Une hauteur de bordure de 30 cm est insuffisante du fait de l'enfouissement à leur base et de la hauteur de boues supplémentaires à prendre en compte à terme (30 cm). La hauteur minimum préconisée est de 60 cm.

Des joints entre les bordures doivent être réalisés afin de conserver l'étanchéité du bassin. En général l'étanchéité des bordures est réalisée par des joints en ciment ou au mastic.

Dans tous les cas, des cloisons doivent être installées dans le bassin afin de délimiter plusieurs unités fonctionnelles.



Cloison en béton préfabriqué

Bordures en béton préfabriqués

Photo 15 : Conception des berges de la bamboueraie

En dernier temps il est recommandé de délimiter le bassin par une barrière anti-rhizome qui permet de canaliser la croissance des rhizomes et de dévier leur trajectoire. Cette barrière est d'une très grande durée de vie (100) ans.



Barrière anti-rhizome

Photo :16 Barrière anti-Rhizome

IV.4.OBJECTIF ET AVANTAGES DU SYSTEME EPURATOIRE

IV.4.1QUALITES DES EAUX EPUREES

Le procédé que nous nous proposons de mettre en place est un procédé dont les résultats obtenus dans des régions ayant des caractéristiques semblables à celle de Sidi Moussa Lhamri sont très satisfaisants, quant au pouvoir épurateur du bambou.

IV.4.2.AVANTAGES DU PROCEDES

- ✓ Procédé Ecologique.
- ✓ Aucune nuisance olfactive.
- ✓ Aucune production de sous – produits, tels que les boues
- ✓ Une eau de qualité baignade.
- ✓ Il s'adapte aux spécificités du lieu dans lequel elles s'insèrent

- ✓ Accepte des variations de débit possibles par un afflux ponctuel et des variations de charge polluante
- ✓ Simplicité de mise en œuvre et entretien facile
- ✓ Coût d'exploitation peu élevé
- ✓ S'insèrent bien dans le paysage et le valorisent
- ✓ Utilisation des bambous, pour l'artisanat, le recyclage en matériau de construction, ou en matériau combustible.

Conclusion

La stratégie nationale en matière d'assainissement rural est de plus en plus une priorité, imposée par plusieurs facteurs notamment :

- *L'engagement du Maroc dans les différents protocoles signés à l'échelle internationale*
- *L'avènement de la charte de l'environnement qui constitue désormais une ossature pour tous les projets d'investissement*
- *La prise de conscience et l'état sanitaire ou se trouve le monde rural*

Ainsi, le présent projet vient étoffer cette dynamique en proposant une technologie à valeur écologique assez relevé.

Bien qu'elle soit peu documentée, la technique de traitement des effluents par bambous constitue une véritable solution de dépollution qui prendra une autre dimension dans l'avenir.

L'exemple traité à Sidi Moussa Lhamri, démontre que la solution des bambous présente plusieurs avantages notamment :

- *Une superficie de mise en place du processus peu réduite par rapport au lagunage naturel (2ha)*
- *Un dimensionnement simplifié basé essentiellement sur le débit des eaux usées, sachant quelque soit la teneur de la charge polluante, celle-ci sera traitée et « absorbée » par les plantes*

La seule contrainte qui pourra être actuellement mise en discussion est l'adaptabilité de cette plante au climat marocain. Celle-ci nécessite en effet des conditions climatiques bien particulières. D'après des analyses préliminaires, les conditions climatiques du Sud marocain sont favorables.

En termes d'investissement, la solution par bambous reste compétitive aux différents process classiques d'assainissement rural connus à ce jour.

Toutefois, et en analysant la portée de la solution et surtout en analysant les frais d'exploitation, le process de bambous demeure de loin le plus rentable. En effet, les frais ou les charges d'exploitation sont quasiment nuls par rapport aux différents process qui nécessitent un entretien régulier.

Les bambous sont des plantes naturelles qui sont valorisables à moyen terme. La vente des plantes une fois dans un stade mûr, constitue donc un retour d'investissement.

D'où alors, l'opportunité de la technique du bambou qui néanmoins nécessitera quelques études complémentaires en vue de rassembler plus de données sur cette technique encore peu connue à l'échelle nationale.

Le présent projet ouvre alors une nouvelle voie dans le domaine de l'assainissement par l'instauration d'une technique d'assainissement écologique intelligent, constituant une plate forme qui devrait aboutir incessamment vers la mise en place d'une station d'épuration.

Liste des figures

Figure 1: Représentation schématique de la zone d'action de l'ABHSMD	11
Figure 2: Situation des principaux ouvrages et nappes de la zone d'action de l'ABHSMD	12
Figure 3: Evolution de l'accès de la population à une source d'eau salubre par milieu de résidence	17
Figure 4: Systèmes d'assainissements	24
Figure 5: Les domaines d'application des principales techniques en matière d'assainissement des communes rurales	28
Figure 6: Représentation des grands principes de la phytoremédiation	30
Figure 7: Le bambou cespiteux, qui pousse en touffe serrée, a un rhizome (appelé pachymorphe court et épais)	33
Figure 8: Le bambou traçant à un rhizome appelé leptomorphe long et mince .	34
Figure 9 : Distribution mondiale du bambou	35
Figure 10: Les divers domaines d'utilisation du bambou	38
Figure 11: Localisation géographique du Chef lieu de la CR de Sidi Moussa Lhamri	40
Figure 12: Variation de la pluie mensuelle en mm à la station climatologique de Taroudant	42
Figure 13: Variation de l'évaporation totale mensuelle au bac type colorado, en mm, à la station météorologique de Taroudant	44
Figure 14: Rose du vent à la station de Taroudant	44
Figure 15: Carte géologique de la zone de l'étude	46
Figure 16: Vue panoramique du Centre de Sidi Moussa Lhamri	48
Figure 17: Principe de fonctionnement du bambou-assainissement.....	62
Figure 18: Coupe transversale schématique du filtre de bambou à écoulement horizontal.....	68

Liste des tableaux

Tableau 1: Bilan des projets réalisés en partenariat	13
Tableau 2: Détermination de l'évolution de l'indicateur de cible 10 de l'objectif 7 d'OMD	17
Tableau 3: Valeurs limites pour les différents rejets que se soit directs (eaux pluviales), indirects (eaux usées) ou les eaux destinées à l'irrigation des cultures	21
Tableau 4: Grille d'appréciation de la qualité générale des cours d'eau (Valeur des paramètres selon les niveaux de qualité).....	22
Tableau 5 : Avantages et inconvénients des systèmes d'assainissement.....	25
Tableau 6 : Eléments de comparaison des différents procédés d'épuration	27
Tableau 7: Distribution mondiale du bambou	36
Tableau 8: Les qualités du bambou	37
Tableau 10: Pluie mensuelle en mm à la station climatologique de Taroudant ..	41
Tableau 11: Répartition saisonnière des pluies à Taroudant	42

Tableau 12 : Les températures mensuelles à la station climatologique de Taroudant	43
Tableau 13 : Evaporation totale mensuelle du bac classe A, en mm.....	43
Tableau 14 : Evolution des besoins en eaux potable du Chef de la CR	50
Tableau 15: Fiche des eaux usées	53
Tableau 16: Montant des travaux de réalisation du réseau et de la STEP pour les deux variantes	55
Tableau 17: Comparaison des deux variantes d'épuration	56
Tableau 18: Caractéristiques des conduites d'assainissement (pente 0.005 m /m)	57
Tableau 19: caractéristiques des bassins anaérobies.....	61

Liste des photos

Photo 1: Le chaume, Le rhizome, et les racines du bambou	34
Photo 2: Différents aspects du chaume du bambou	35
Photo 3 : Bambou à la pépinière expérimentale de Maroc Bambou Développement	36
Photo 5: Forage actuel d'alimentation Photo 6 : Réservoir de 50 m3	
Photo 7 : Réservoir de 10 m3	48
Photo 4: Vue panoramique du centre Sidi Moussa Lhamri	48
Photo 8 : Drainage des eaux pluviales sauvages dans le milieu naturel naturel.....	49
Photo 9 : Rejets liquides	
Photo 10: Décharge sauvage au voisinage du centre	49
Photo 11: dégrillage	59
Photo 12: Dégraissage /désuilage.....	60
Photo 13: Phyllostachys bambusoides.....	66
Photo 14 : Répartiteur par rampe d'implantation.....	67
Photo 15 : Conception des berges de la bamboueraie.....	70
Photo :16 Barrière anti-Rhizome	70

Liste des abréviations

ABHSMD : Agence du Bassin Hydraulique de Souss Massa et Drâa
ONEP : Office national de L'eau potable
RAMSA : Régie Autonome Multi-Services d'Agadir
ONU : Organisation des Nations Unies
INDH : Initiative Nationale pour le Développement Humain
ORMVA : Office Régionale de mise en valeur agricole
P : Province
PAGER : Programme d'Alimentation Groupé en Eau potable Rural
EH : Equivalent par habitant
MES : Matière en suspension
FSSM : Faculté des Sciences Semlalia de Marrakech
CR : Commune rurale
SML : Sidi Moussa Lhamri
SDNAL : Schéma Directeur National d'Assainissement liquide
PNA : Plan National de l'Assainissement
OMD : Objectifs du millénaire pour le développement
DBO : Demande biologique en oxygène

Références bibliographiques

Documents

- Jean Paul DELEYOYE, Guide de l'assainissement des communes rurales.
- Ministère de l'Intérieur Province de Taroudannt, Secrétariat général Division Economique et Sociale, Données Monographiques sur la Province de Taroudant, Mars 2010.
- ONEP, Direction de la Généralisation de l'Eau Potable, Guide méthodologique des projets d'AEP et d'assainissement en milieu rural, Janvier 2006.
- Agence du Bassin Hydraulique du Souss Massa- Agadir, l'état de la qualité des ressources en eau du bassin hydraulique du Souss Massa 2002- 2003.
- Royaume du Maroc, Office National de l'Eau Potable (ONEP) et Banque Mondiale, Projet d'eau potable et d'assainissement en milieu rural, GUIDE POUR L'ASSAINISSEMENT LIQUIDE DES DOUARS MAROCAINS, Octobre 2005.
- Equipe environnement et parasitologie, Faculté de Kénitra, Caractérisation physico-chimique des eaux usées d'abattoir en vue de la mise en œuvre d'un traitement adéquat : cas de Kénitra au Maroc
- ABHSMMD, Etude d'assainissement liquide du chef lieu de la commune rurale de Sidi Moussa Lhamri, volet : Avant projet sommaire
- SDNAL, Schéma Directeur National d'Assainissement Liquide du Maroc, Mission II, Epuration des eaux, 1994

Sites internet

- <http://www.abhsm.ma>
- http://perso.campus.ecp.fr/~objectifdd/odd2004/commerce_equitable/inbar.htm#utilisation
- http://www.agiremaroc.org/fileadmin/user_files/pdf/presentation_agadir/mardi/assainissement%20rural/Hajiba%20BOURZIZA-assainissement_rural.pdf
- http://toubkal.imist.ma/bitstream/123456789/1789/1/THESE_GHANNOUCHI.pdf
- http://www.water.gov.ma/userfiles/file/18_Souss-massa-d%C3%A9f.pdf
- http://toubkal.imist.ma/bitstream/123456789/1789/1/THESE_GHANNOUCHI.pdf
- <http://www.jardinature.net/bambous.htm>
- <http://www.phytorem.com/Francais/Php/bambou.php>
- http://www.plantes-et-jardins.com/catalogue/catalogue3.asp?id_sections=3201&w1=3200t
- www.phytorem.com

Références bambou-assainissement

Domaine de Grand Cabasse(France)

DATE DE REALISATION : SEPTEMBRE 2003

La station d'épuration Bambou Epuration est destinée au traitement des effluents vinicoles du domaine de Sulauze dans le cadre de la validation expérimentale du dispositif de traitement par Bambou Epuration. Le procédé Bambou Assainissement mis en place par PHYTOREM comprend :

- ✓ la préparation du sol : labour, herse, nivellement sur 1 500 m²,
- ✓ la mise en place de drains de collecte des effluents éventuellement percolés ;
- ✓ l'ouvrage de recirculation des eaux usées ;
- ✓ la mise en place d'un dispositif de répartition des effluents en gravitaire ;
- ✓ la plantation de 6 espèces de bambous différentes sur les 1 500 m² avec une densité de 2 000 pieds/ha ;
- ✓ la mise en place d'une barrière à rhizomes sur tout le périmètre.



Commune de Saint-LEU (Ile de La Reunion)

DATE DE REALISATION : FEVRIER 2008

La station d'épuration Bambou Epuration est destinée au traitement tertiaire des eaux usées de la commune de Saint Leu (5 000 EH). Le traitement primaire est assuré par boue activée. Surface de plantation : 10 000 m² de 5 espèces adaptées au contexte local. La station préconisée comprend :

- ✓ une barrière à rhizome sur le pourtour du terrain (soit 800 ml environ) ;
- ✓ une station de filtration à contre lavage automatique ;
- ✓ un système de répartition par goutte à goutte aérien.



Domaine de Croix Belle (Sud de France)

DATE DE REALISATION : SEPTEMBRE 2009

La station d'épuration Bambou Epuration est destinée au traitement des effluents vinicoles d'une cave produisant 5 000 à 6 000 hl de vin par an. Le procédé mis en place comprend :

- ✓ une plantation de bambous avec un aménagement paysager
- ✓ une barrière à rhizome ;
- ✓ une cuve de stockage de 100 m³ ;
- ✓ le dégrillage des effluents par un tamis rotatif à une maille de 500 microns ;
- ✓ une pompe de surface de type Grundfos avec armoire de commande ;
- ✓ le peigne de répartition des effluents par goutte à goutte.



