

ROYAUME DU MAROC

INSTITUT AGRONOMIQUE
ET VÉTÉRINAIRE HASSAN II



المملكة المغربية
معهد الحسن الثاني
للزراعة والبيطرة

Projet de Fin d'Etudes présenté pour l'obtention du diplôme
d'Ingénieur d'Etat en Génie Rural

Techniques d'assainissement et réutilisation des eaux usées adaptées au milieu oasien : Cas des oasis de la région de Draa-Tafilalet

Présenté et soutenu publiquement par :

LOUA Cécé Labilé & THIAM Mame Mbayang

Devant le jury composé de :

Pr. B. SOUDI	Président	IAV Hassan II
Pr. E. EL MEKNASSI YOUSOUFI	Rapporteur	IAV Hassan II
Mme. L. AZZIOUI	Examineur	Ministère de l'Intérieur
Mr . M. Elkhiyati	Examineur	GIZ
Pr. H. BARTALI	Examineur	IAV Hassan II

Août 2020

DÉDICACES

Je dédie ce modeste travail tout d'abord à mes Parents sans qui rien de tout cela ne serait possible aujourd'hui.

A ma très Chère et tendre Maman Astou Cisse dont la patience et l'abnégation m'ont toujours inspiré et fait d'elle mon model de résilience et de femme forte et battante.

A mon valeureux Papa Leye Thiam, pour ton soutien, ta présence, ton réconfort et tous ces sacrifices que tu as consenti durant toutes ces années pour que j'atteigne la réussite. Merci Papa et Maman d'avoir cru et vu en moi ce dont moi-même ignorait l'existence. Je vous suis infiniment reconnaissant.

A mon grand frère Modou Mbacké Thiam et son épouse Anta Diop pour qui je suis plus qu'une sœur ou belle sœur mais carrément leur enfant. Soyez bénis.

A mes grande sœur Maguette, Salimata et Ass Thiam qui m'ont toujours voué un amour et une affection inégalable, soutenu sur tous mes projets et prodiguer de précieux conseils. Que le seigneur vous accorde une longue et gracieuse vie

A mes beaux-frères Assane Diop et Madiop Gueye, mes neveux Mamadou, Pape Mamadou, bebe Leye et mes nièces Amina, Nabou, Awa Gaye, Fatou, Awa Diop, et que votre joie de vivre et gaieté perdure.

A tous mes amis, mes professeurs, ainsi que tout personne ayant contribué de près ou de loin à la réussite de mon cursus scolaire.

Mame Mbayang THIAM

A MES TRÈS CHERS PARENTS

Vous avez été et vous serez toujours les meilleurs parents pour moi. Vous avez consacré la majeure partie de votre vie pour que je puisse avoir une bonne éducation. En témoignage de tout d'années de sacrifices, de sollicitudes, d'encouragement et de prières. Pourriez-vous trouver dans ce travail le fruit de toutes vos peines et tous de vos efforts. En ce jour, j'espère réaliser l'un de vos rêves. Aucune dédicace ne saurait exprimer mes respects, ma reconnaissance et mon profond amour. Puisse Dieu vous préserver et vous procurer santé, bonheur et longévité.

A MES ONCLES RICHARD, JÉRÔME ET MATHIEU THEA ET PASCAL LOUA

Vous avez toujours été à mes côtés dans les moments difficiles. Vous m'avez toujours soutenu financièrement que moralement pour que je ne manque de rien. Je vous dédie ce travail et je vous dis grand merci d'être présent pour moi.

Cécé Labilé LOUA

REMERCIEMENT

Nos remerciements se dirigeront en premier vers **l'Institut Agronomique et Vétérinaire Hassan II** en particulier le **Département Génie Rural**, avec ces vaillants **professeurs et administrateurs** qui n'ont ménagé aucun effort pour nous fournir un cursus d'ingénieur digne de ce nom.

Nous tenons à remercier notre éminente encadrante **Mme Ehssan EL MEKNASSI YOUSSEFI** pour sa présence, son appui, ses suggestions et conseils pertinents durant tout le long de ces quatre mois de travail.

Nous remercions également **Mme Lamyaa AZZIOUI du Ministère de l'intérieur** et **M. Mohamed Slimani de l'Agence du Bassin Hydraulique de Guir Ziz Rheris**, pour leur aide et collaboration dans l'édification de ce travail. Aussi **M. Yassin Khardi**, Doctorant Génie Rural dans notre zone d'étude dont l'aide nous a été très précieux.

Nous sommes très reconnaissants à l'égard de tous les membres du jury qui ont accepté de nous accorder de leur temps dans l'examen et l'évaluation de ce travail, et tout ce qui ont participé de près ou de loin à la réussite de ce celui-ci.

Espérons à présent que ce modeste travail soit à la hauteur de notre appartenance à l'IAV Hassan II.

RÉSUMÉ

Le présent travail se focalise sur l'étude de traitement et de réutilisation des eaux usées épurées pour protéger et valoriser les ressources en eau dans la zone oasienne de la région de Draa-Tafilalet. Ce travail s'insère dans le cadre des mesures d'Adaptation aux Changements Climatiques de la Zone Oasienne de Draa-Tafilalet et permettra d'améliorer les connaissances sur le potentiel des eaux usées pouvant être réutilisées, et d'appuyer les détenteurs d'un projet de sauvegarde des ressources en eau dans la prise de décision quant au lieu d'implantation de leur projet.

Pour appréhender cette problématique, on s'est fixé les objectifs suivants :

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

Dans la réalisation de ce travail, nous avons opté pour la démarche suivante :

- D'abord un diagnostic et une caractérisation du système d'assainissement et de réutilisation des eaux usées ;
- Ensuite, nous avons proposé un système d'assainissement au niveau de chaque localité dans la zone d'étude ;
- Puis une évaluation du potentiel de réutilisation au niveau de chaque localité ;
- Enfin, nous avons montré une étude de faisabilité d'un projet d'assainissement et de réutilisation des eaux usées traitées dans une localité choisie sur la base d'un certain nombre de critères.

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

Cette étude a aussi révélé que les projets de réutilisation des eaux usées pourraient permettre de palier aux problèmes posés par le changement climatique et la surexploitation des ressources en eau.

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

Mots clés : Assainissement, Réutilisation des eaux usées, Changements climatiques, Oasis, Déchets liquides, Diagnostic, Etude de faisabilité, Agoudim, SIG, Traitement.

ABSTRACT

This project focuses on the study of treatment and reuse of purified wastewater to protect and enhance water resources in the oasis zone of the Draa-Tafilalet region. This is part of the measures for Adaptation to Climate Change in the Oasis Zone of Draa-Tafilalet and will improve knowledge on the potential of wastewater that can be reused, and support the holders of a project to safeguard water resources in the decision-making regarding the location of their project.

To understand this problem, we have set ourselves the following objectives:

- Diagnostic study of the region in terms of sanitation and reuse of treated wastewater;
- Development of a geographic information system (GIS) and decision-making support tool for sanitation and wastewater reuse;
- Development of a wastewater treatment and reuse project.

In carrying out this work, we opted for the following approach:

- First, a diagnosis and characterization of the sanitation and wastewater reuse system;
- Then, we proposed a sanitation system at the level of each locality in the study area;
- Then an assessment of the potential for reuse at the level of each locality;
- Finally, we showed a feasibility study of a project for the sanitation and reuse of treated wastewater in a locality chosen on the basis of a number of criteria.

The diagnostic study reveals a delay in the management of liquid waste which is mainly due to lack of financial means. A deterioration of the existing sanitation structures due to lack of maintenance was also noted, accompanied by a regulatory framework not always respected.

This study also revealed that projects to reuse wastewater could help overcome the problems posed by climate change and the over-exploitation of water resources.

The database developed as part of this work will serve as a gateway for project owners. The project (developed at the end of this work) which aims at sanitation, treatment and reuse of waste water from Douar d'Agoudim will have a positive impact on the environment and on socio-economic life through the creation several employment opportunities and improving the well-being of the population of this douar.

Keywords: Sanitation, Reuse of wastewater, Treatment, Climate change, Oasis, Liquid waste, Diagnosis, Feasibility study, Agoudim, GIS,.

خلاصة

تتم هذه الدراسة تقنيات الصرف الصحي وامكانيات إعادة استخدام مياه الصرف المعالجة للحفاظ على موارد المياه في مناطق الواحات خاصة منطقة تافيلالت. يشكل هذا العمل جزءا من تدابير التكيف مع تغير المناخ في المنطقة وسيتمكن لحاملي مشاريع الحفاظ على موارد المياه اتخاذ قرار لايجاد موقع للمشروع بسهولة وكذلك تكييفه.

ولفهم هذه الإشكالية وإلقاء الضوء عليها، حددنا الأهداف التالية:

- الدراسة التشخيصية للمنطقة من حيث معالجة وإعادة استخدام مياه الصرف الصحي التي تمت تصفيتها؛
- تطوير نظام المعلومات الجغرافية (SIG) وأدوات المساعدة على إتخاذ القرار المتعلق بإصلاح مياه الصرف الصحي؛
- تطوير مشروع إصلاح وإعادة استخدام مياه الصرف الصحي.

لانجاز هذا العمل، اتبعنا المنهج التالي:

- قمنا بتشخيص وتوصيف نظام الصرف الصحي وإعادة استخدام المياه المعالجة؛
- ثم اقترحنا إنشاء نظام الصرف الصحي على مستوى كل موقع في منطقة الدراسة؛
- ومن ثم، تقييم امكانيات إعادة الاستخدام على مستوى كل موقع؛
- وأخيرا، قمنا بدراسة جدوى لمشروع الصرف الصحي وإعادة استخدام مياه العادمة المعالجة في منطقة مختارة استنادا إلى عدد من المعايير.

بينت الدراسة التشخيصية عن تأخر في مستوى إدارة النفايات السائلة وذلك يرجع أساسا إلى الافتقار إلى الموارد المالية. كما لوحظ أيضا تدهور مرافق الصرف الصحي وذلك يرجع إلى عدم الصيانة، وكذا لعدم تفعيل الإطار القانوني.

كما كشفت هذه الدراسة على أن مشاريع إعادة استخدام مياه الصرف الصحي قد يمكن أن تخفف من آثار تغير المناخ والاستغلال المفرط لموارد المياه.

وستكون قاعدة البيانات التي تم تطويرها في إطار هذا العمل بمثابة آلية لمالكي المشاريع. إن المشروع الذي تم تطويره في هذا العمل يهدف إلى انجاز شبكة الصرف الصحي، وكذلك إعادة استخدام مياه الصرف الصحي لمنطقة لدوار أغوتي. وسيكون له أثر إيجابي على البيئة والحياة الاجتماعية الاقتصادية من خلال خلق فرص عمل عديدة وكذلك تحسين رفاه سكان هذا المركز القروي

الكلمات المفتاحية: ، الصرف الصحي، النفايات السائلة، التشخيص، دراسة الجدوى، أغوتي، إعادة استعمال المياه المعالجة، نظام المعلومات الجغرافي ، الواحات تغير المناخ

SOMMAIRE

DÉDICACES	I
RÉSUMÉ	IV
LISTE DES TABLEAUX	XV
LISTE DES FIGURES	XVIII
LISTE DES ABRÉVIATIONS	XX
INTRODUCTION	1
PARTIE I : REVUE BIBLIOGRAPHIQUE	3
Chapitre 1 : Ressources en Eau (Etat des lieux et contraintes)	4
I. Introduction	4
II. A l'échelle Mondiale	5
II.1 Répartition des eaux	5
II.2 Les principales sources de dégradation des ressources en eau	6
II.3 Quelques indicateurs de pénurie d'eau	6
II.4 Bilan et perspective	7
III. A l'échelle Marocaine	8
III.1 Contexte Hydro-Climatique	9
III.1.1 Contexte climatique	9
III.2 Potentiel des ressources en eau	9
III.2.1 Eaux de surface	9
III.2.2 Eaux souterraines	11
III.3 Les grandes réalisations en matière de ressource en eau	12
III.3.1 Le développement de l'irrigation à grande échelle	13
III.3.2 L'approvisionnement en eau potable des populations	13
III.3.3 Energie hydroélectrique	13
III.3.4 Assainissement, Épuration et REUE	13
III.4 Contraintes et défis majeurs	13
IV. En Région Oasienne	14
IV.1 Climat oasien	14
IV.2 Ressources en eau des oasis	14
IV.2.1 Eaux de surface	14
IV.2.2 Eaux souterraines	14
IV.2.3 Origine des eaux	14
IV.3 Les aménagements hydrauliques	15

Chapitre 2 : Système d'Assainissement.....	16
I. Objectif.....	16
II. Types.....	17
II.1 L'Assainissement Non Collectif (ANC).....	17
II.2 L'Assainissement Collectif.....	17
III. Aperçu sur les Ouvrages Constitutifs d'un réseau d'assainissement.....	19
III.1 Les Ouvrages Principaux.....	19
III.2 Les Ouvrages Annexes.....	20
IV. Assainissement Liquide : Vue d'ensemble, Contraintes et impacts.....	20
Chapitre 3 : Généralité sur les Régions Oasiennes.....	23
I. Introduction.....	23
II. Situation Géographique et Cadre Administratif de Draa Tafilalet.....	23
II.1 Situation Géographique :.....	23
II.2 Cadre Administratif :.....	23
III. Données Physiques.....	24
III.1 Climat.....	24
IV. Démographie.....	24
V. Activités Socio-économiques.....	25
V.1 Agriculture.....	25
V.2 Mine.....	26
V.3 Tourisme.....	26
VI. Infrastructure de base.....	26
VI.1 Assainissement liquide.....	26
VI.2 Accès à l'eau potable.....	27
VI.3 Santé.....	27
VI.4 Electricité.....	28
VI.5 Réseau Routier.....	28
VI.6 Enseignement.....	28
Chapitre 4 : Initiative de protection et Mise en Valeur de la région oasienne.....	30
I. Introduction.....	30
II. Intervention Marocaine.....	32
II.1 Programme National d'Assainissement Liquide en milieu Rural (PNAR).....	33
II.1.1 Objectif du programme.....	33
II.1.2 Consistance du PNAR.....	33
II.1.3 Investissement du PNAR.....	34

II.1.4	Financement du PNDAR.....	34
II.2	Programme national de l'assainissement liquide mutualisé (PNAM).....	35
II.2.1	Objectifs du programme.....	36
II.2.2	Financement du programme.....	36
III.	Intervention Marocaine en Partenariat avec les bailleurs de fond internationaux	36
III.1	Programme Oasis Tafilalet (POT)	36
III.2	Programme d'Adaptation aux Changements Climatiques de la Zone Oasienne (PACC-ZO).....	38
III.2.1	Contexte et enjeux du projet.....	38
III.2.2	Composantes du projet et leur budget	39
III.2.3	Aspects du projet.....	40
IV.	Conclusion.....	40
V.	Exemple d'initiatives Innovantes	41
Chapitre 5 : Traitement des Eaux Usées		42
I.	Généralité	42
II.	Sources d'Energie	42
III.	Type de Traitement	42
III.1	Traitement Intensif.....	43
III.2	Traitement Extensif.....	43
III.2.1	Les procédés à culture fixe :	43
III.2.2	Les procédés à culture libre :	44
III.3	Systèmes mixtes (association des filières extensives - cultures libres ou fixées)..	45
III.4	Les Critères de Choix de Procédés	45
III.4.1	Les Critères Economiques.....	45
III.4.2	Les Critères Environnementaux	46
III.4.3	Les Critères Techniques	47
IV.	Etapas de Traitement.....	48
V.	Traitement et valorisation des Boues	49
V.1	Introduction	49
V.2	Définition et origine des boues	51
V.3	Caractéristiques physico-chimiques et biologiques.....	51
V.4	Composition des boues	51
V.5	Les procédés de traitement des boues.....	52
V.5.1	Epaississement	52
V.5.2	Déshydratation mécanique	52

V.5.3	Séchage thermique	52
V.5.4	Séchage solaire	52
V.5.5	Stabilisation chimique par chaulage.....	52
V.5.6	Digestion en aérobie.....	52
V.5.7	Digestion anaérobie.....	52
V.6	Etude comparative entre les procédés de traitement	53
V.7	Valorisation des boues.....	53
V.7.1	Valorisation verte ou organique ou filière verte.....	53
V.8	Choix du procédé de traitement et de valorisation de boues	55
V.9	Cadre règlementaire de la boue au Maroc	56
Chapitre 6	Réutilisation des Eaux Usées Traitées (REUT)	57
I.	Introduction	57
II.	Sécurisation du volume et de la qualité d'eau traitée.....	57
II.1	Evaluation du volume d'eau usée traitée.....	57
II.2	Affectation du volume sécurisé	59
II.3	Identification des sources de pollution	59
II.4	Traitement (ou traitement complémentaire) complémentaire selon la qualité exigée 60	
II.4.1	Elimination de l'azote (cas de rejet dans l'environnement).....	60
II.4.2	Elimination du phosphore	61
II.4.3	La désinfection	61
II.5	Stockage de l'eau usée traitée.....	62
III.	Etudes d'opportunité et de faisabilité technicoéconomique.....	63
III.1	Potentiel de surface irrigable	63
III.2	Enquête d'accueil et analyse coûts/bénéfices	63
III.3	Choix de la culture	63
III.4	Choix du système d'irrigation.....	64
III.5	Les scenarii d'aménagement.....	64
III.6	Coûts récurrents	64
IV.	Impacts du projet sur l'environnement et sur la santé humaine.....	64
IV.1	Impacts sur la santé humaine	64
IV.2	Risques microbiologiques	65
IV.3	Risques chimiques	65
IV.4	Impacts sur l'environnement.....	65
IV.4.1	Avantages environnementaux	65

IV.4.2	Inconvénients sur l'environnement	66
IV.5	Impacts sociétaux	68
IV.5.1	Impacts positifs	68
IV.5.2	Perception de la société	68
IV.6	Impacts économiques	68
V.	Signature d'une Convention multipartite	68
Chapitre 7 : Cadre Règlementaire		69
I.	Assainissement	69
I.1	Les textes relatifs à l'assainissement	69
I.2	Les textes relatifs à la protection de l'environnement	69
II.	Réutilisation des eaux usées épurées	70
II.1	Loi 36-15	70
II.2	Exigence de conformité aux normes	70
II.3	Interdictions d'usage des eaux usées épurées	71
II.4	Exigence d'autorisation pour la REUSE	71
II.5	Suivi de la qualité des eaux usées épurées	71
II.6	Aides financières	71
II.7	Le décret n°2-97-875 du 4 février 1998 relatif à l'utilisation des eaux usées	71
PARTIE II : METHOLOGIE DE TRAVAIL		72
Chapitre 1 : Présentation de la zone d'étude		73
I.	Bassin de Maider	73
I.1	Climat	74
I.2	Ressources en Eau	74
I.3	Les Systèmes de Cultures pratiqué dans le Bassin de Maider	75
II.	Province de Tinghir	76
III.	Province d'Errachidia	76
Chapitre 2 : Démarche de Diagnostic de la région		78
I.	Approche Méthodologique	78
I.1	Vision à l'Echelle de :	78
I.1.1	La Région de Draa Tafilalet	79
I.1.2	Bassin de Maider	79
II.	Méthodes et Outils d'Analyse	79
II.1	Les méthodes d'Analyse	79
II.1.1	La Méthode ABC	79
II.1.2	La Méthode d'analyse SWOT	80

II.1.3	La Méthode AMDE.....	80
II.1.4	La Méthode DMAIC	81
II.1.5	Le Diagramme D’Ishikawa ou méthode des 5M	81
II.2	Les Outils.....	82
PARTIE III : RÉSULTATS ET DISCUSSIONS	83
Chapitre 1 : Analyse et Interprétation des résultats de diagnostic	84
I. L'Assainissement.....		84
I.1	Diagnostic global.....	84
I.2	Assainissement collectif	86
I.2.1	Résultats de diagnostic	86
I.3	Assainissement Individuel.....	86
I.3.1	Fosses septiques	86
I.3.2	Puits perdus	87
I.3.3	La défécation à l’air libre	87
I.3.4	La situation de l’assainissement autonome dans la zone d’étude	87
I.4	Diagnostic du cadre règlementaire de l’assainissement dans cette région	89
I.4.1	Cadre institutionnel	89
I.4.2	Cadre législatif	89
I.5	Faiblesses techniques et financières	89
I.5.1	Faiblesse technique	89
I.5.2	Faiblesse financière	89
I.6	Solutions proposées	89
I.6.1	Critère de l’économie circulaire.....	90
I.6.2	Critères physiques	90
I.6.3	Critères densité.....	90
II. La Réutilisation de Eaux Usées.....		90
II.1	Inventaire des STEP de la Région	90
II.2	Diagnostic d’une STEP d’Er-Rachidia.....	92
II.3	Niveau de réutilisation des eaux usées dans la province d’Er-Rachidia	93
II.4	Perspective d’utilisation des eaux usées épurée dans la région.....	94
II.4.1	Le plan vert de la ville d’Er-Rachidia	94
II.4.2	Disponibilité des eaux usées épurées à la sortie de la STEP d’Er-Rachidia	95
III. Conclusion.....		96
Chapitre 2 : Elaboration d'un système d'information géographique et d'outil d'aide à la prise de décision en matière d'assainissement et de réutilisation des eaux usées	97

I.	Introduction	97
II.	Processus d'élaboration de la base de données SIG.....	97
II.1	Assainissement	98
II.2	Réutilisation des eaux usées épurées	99
II.2.1	Inventaire des Zone agricole	99
II.2.2	Potentiel d'Eau Usée	99
II.2.3	Potentiel de Réutilisation de la zone d'étude	100
II.3	Procédé de traitement des eaux usées.....	102
	Chapitre 3 : Elaboration d'un projet d'assainissement et de réutilisation des eaux usées en milieu oasisien	104
I.	Introduction	104
II.	Choix du douar.....	104
II.1	Critères de choix.....	104
II.2	Présentation du douar choisi.....	104
III.	Assainissement du douar Agoudim.....	106
III.1	Choix du système d'assainissement.....	106
III.2	Choix du réseau d'assainissement	106
III.3	Calcul du réseau d'assainissement.....	107
III.3.1	Réseau d'eau usée	107
III.3.2	Réseau d'eau pluviale.....	113
III.4	Estimation de coût d'assainissement	118
III.5	Conclusion	119
IV.	Traitement des eaux collectées.....	120
IV.1	Introduction.....	120
IV.2	Critères de dimensionnement.....	120
IV.2.1	Débit et les charges polluantes	120
IV.2.2	Objectif recherché en termes de qualité	120
IV.3	Caractéristiques du site d'implantation de la STEP.....	121
IV.4	Analyse multicritère pour le choix d'un procédé d'épuration	121
IV.4.1	Critères techniques	121
IV.4.2	Critères environnementaux	121
IV.4.3	Critères économiques	122
IV.5	Statistiques sur les procédés utilisés dans la région.....	122
IV.6	Choix du procédé de traitement	123
IV.6.1	Conception de STEP	123

V.	Bilan du projet.....	147
VI.	Délimitation du périmètre de réutilisation	147
VII.	Enjeux du projet	148
	VII.1 Enjeux environnementaux	148
	VII.2 Enjeux sociaux	148
	VII.3 Enjeux économiques	148
VIII.	Etude d'impact du projet	148
	VIII.1 Phases susceptibles de produire des impacts sur le milieu	148
	VIII.2 Impacts positifs	149
	VIII.3 Impacts négatifs	150
	VIII.4 Les mesures d'atténuation des impacts négatifs du projet.....	151
IX.	Financement du projet.....	151
	CONCLUSION GENERALE ET RECOMMANDATION	152
	REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES	154
	ANNEXES	157

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1 Répartition des eaux du globe terrestre	5
Tableau 2: Répartition des eaux de surface par bassin hydraulique	10
Tableau 3: Répartition des eaux souterraines par bassin hydraulique	12
Tableau 4: Comparaison entre les réseaux d'assainissement.....	19
Tableau 5: Population des provinces en 2014 de la région Draa-Tafilalet	25
Tableau 6: Effectif du cheptel par province	25
Tableau 7:Activité de l'Office National de l'Eau Potable selon la province de la Région de Drâa-Tafilalet en 2011	27
Tableau 8:Capacité litière théorique des hôpitaux publics-2013	28
Tableau 9: Coûts unitaires des systèmes d'assainissement.....	34
Tableau 10: détail d'investissement du PNAR	34
Tableau 11: Répartition du financement en fonction de la nature de l'équipement.....	35
Tableau 12: Détails des thématiques du POT	37
Tableau 13: Coût d'investissement et d'exploitation en fonction de la population des boues activées.....	45
Tableau 14: Coût d'investissement et d'exploitation en fonction de la population du lagunage naturel.....	46
Tableau 15: Coût d'investissement et d'exploitation en fonction de la population du lagunage aéré	46
Tableau 16: Répartition des STEPs fonctionnelles au Maroc.....	49
Tableau 17: l'hypothèse d'évolution des dotations en effluents en fonction de la taille des centres.....	58
Tableau 18: l'hypothèse d'évolution des taux de raccordement au réseau d'assainissement en fonction de la taille des centres	58
Tableau 19: Quelques résultats d'analyses des eaux usées	59
Tableau 20 : Facteurs affectant le choix de la méthode d'irrigation et les mesures spéciales nécessaires quand l'eau usée est utilisée, en particulier quand elle ne satisfait pas les directives de l'OMS (Mara et Cairncross, 1989).....	64
Tableau 21: Occupation du sol dans le bassin de Maïder, 2011	75
Tableau 22:Communes rurales ciblées par le projet dans la province Tinghir	76
Tableau 23:Communes rurales ciblées par le projet dans la province d'Errachidia	77
Tableau 24: Capacité de traitement des STEP opérationnelles de la région de Drâa-Tafilalet (Source ABHBC)	91
Tableau 25: Périmètres Irriguant à partir des eaux usées épurées de la STEP.....	94
Tableau 26: Volume des eaux usées produit en m ³ /j au niveau de la ville d'Er-Rachidia.....	95
Tableau 27: Volume d'eau produit en m ³ /j à la sortie des différentes filières de la STEP	95
Tableau 28: Volume des eaux usées produit en m ³ /j au niveau de la zone d'étude	99
Tableau 29: Besoin en eau des cultures	100
Tableau 30: Fosse septique compacte	102
Tableau 31: Coût des différentes fosses septiques	102
Tableau 32: Population de la zone du projet	106
Tableau 33: Résultats de calcul de la solution 1	107
Tableau 34: : Résultats de calcul de la solution2	108
Tableau 35: Résultats de calcul de débit de pointe pour la solution 1	111
Tableau 36 : Résultats de calcul de débit de pointe pour la solution 2	112

Tableau 37: Coefficient de ruissellement.....	114
Tableau 38: Caractéristiques des bassins versants pluviaux	116
Tableau 39: Formules d'assemblage des bassins versants.....	117
Tableau 40: Coût des collecteurs d'eau usée	118
Tableau 41: Coût des collecteurs d'eau pluviale.....	119
Tableau 42: Débit journalier de pointe projeté du découpage d'Agoudim.....	120
Tableau 43: composition des eaux usées brutes.....	120
Tableau 44: Critères environnementaux	122
Tableau 45: Critères économiques	122
Tableau 46: Critères de conception d'un dégrilleur.....	123
Tableau 47: caractéristiques du dégrilleur	124
Tableau 48: Dimensionnement du dégrilleur	125
Tableau 49: Critères de conception du dessableur	126
Tableau 50: Résultats de dimensionnement du dessableur	127
Tableau 51: Critères de conception du déshuileur	127
Tableau 52: Résultats de dimensionnement du déshuileur	127
Tableau 53: Résultats de dimensionnement du dessableur-déshuileur	128
Tableau 54: Données de dimensionnement des bassins du lagunage naturel.....	129
Tableau 55: Résultats de dimensionnement du bassin anaérobie	131
Tableau 56: Rendement du bassin anaérobie	132
Tableau 57: Concentration de l'eau sortant du bassin anaérobie.....	132
Tableau 58: Critères de conception du bassin facultatif	133
Tableau 59: Dimensionnement du bassin facultatif	133
Tableau 60: Rendement du bassin facultatif	134
Tableau 61: Concentration de l'eau sortant du bassin facultatif.....	134
Tableau 62: Critères de conception du bassin de maturation.....	135
Tableau 63: Dimensionnement du bassin de maturation	136
Tableau 64: Rendement du bassin de maturation.....	137
Tableau 65: Concentration de l'eau sortant du bassin de maturation	137
Tableau 66: Coût de traitement des eaux usées.....	138
Tableau 67: Etude comparative entre les méthodes de désinfection.....	139
Tableau 68: Critères et données de base de la lagune de finition	140
Tableau 69: Dimensionnement de la lagune de finition.....	141
Tableau 70: Rendement de la lagune de finition.....	142
Tableau 71: Concentration de l'eau sortant de la lagune de finition	142
Tableau 72: Dimensionnement du lit de séchage.....	143
Tableau 73: Résultats de dimensionnement du bassin de rétention	146
Tableau 74: Estimation de coût du bassin de rétention.....	147
Tableau 75: Bilan du mini-projet	147
Tableau 76: Evaluation du revenu brut des agriculteurs du projet de réutilisation.....	149
Tableau 77: Evaluation des charges de production du projet de réutilisation.....	150
Tableau 78: Estimation de revenu des agriculteurs du projet de réutilisation	150
Tableau 79 : Valeurs limites des paramètres bactériologiques pour la réutilisation.....	157
Tableau 80 : Normes parasitologiques de réutilisation	157
Tableau 81 : Valeurs limites des paramètres toxiques pour la réutilisation.....	157
Tableau 82 : Valeurs limites des paramètres Physico-Chimiques pour la réutilisation.....	158
Tableau 83 : Valeurs limites des ions toxiques pour la réutilisation.....	158

Tableau 84 : Normes de réutilisation relatives à divers paramètres.....	158
Tableau 85: Comparaison entre les types d'assainissement.....	158
Tableau 86: Récapitulatif des étapes de traitement des eaux usées	159
Tableau 87:Etude comparative entre les procédés de traitement des boues.....	160
Tableau 88 : Les communes rurales concernées par le projet.....	161
Tableau 89: système d'assainissement adapté à chaque douar	164
Tableau 90 : Volume des eaux usées produit en m ³ /j au niveau de la zone d'étude.....	166
Tableau 91 : Inventaire des Zones Agricoles reliées à un PMH	168
Tableau 92 : Assolement des PMH de la Zone d'Etude	170
Tableau 93 : Aperçu sur le Potentiel de Réutilisation de la zone d'Etude.....	171
Tableau 94: critères techniques du choix de la STEP	173
Tableau 95: Assemblage des bassins versants EU	175
Tableau 96: Dimensionnement du réseau de la solution 1	176
Tableau 97: : Dimensionnement du réseau de la solution2.....	177
Tableau 98: Assemblage des bassins versants pluviaux	178
Tableau 99:Dimensionnement du réseau d'eau pluviale	179

LISTE DES FIGURES

Figure 1: répartition des eaux.....	6
Figure 2 : Carte mondiale du stress hydrique.....	7
Figure 3: usages des ressources en eau et leur évolution dans le temps (Rapport ONU-Eau)...	8
Figure 4: Normales des cumuls annuels des précipitations.....	9
Figure 5: variabilité interannuelle des eaux de surface	10
Figure 6: Répartition des eaux de surface par bassin hydraulique.....	11
Figure 7: carte des nappes du Maroc.....	11
Figure 8: Evolution du nombre et de la capacité de stockage des barrages	12
Figure 9: Stations de dessalement au Maroc	13
Figure 10: Carte des nappes de la région Draa-Tafilalet.....	15
Figure 11 : Schéma de dépendance des objectifs de l'assainissement liquide	16
Figure 12: schéma d'un réseau unitaire.....	17
Figure 13: schéma d'un réseau séparatif.....	18
Figure 14: Schéma d'un réseau pseudo-séparatif.....	18
Figure 15: Latrine à siphon hydraulique à simple fosse.....	22
Figure 16 : Les Régions Oasiennes du Maroc.....	23
Figure 17 : Situation Géographique et Cadre Administratif de Draa Tafilalet	24
Figure 18: Evolution du taux d'accès à l'assainissement dans le milieu urbain (ONEE).....	26
Figure 19: variation de la température et de la pluviométrie dans les décennies à venir	31
Figure 20: Financement prévisionnel du PNDAR	35
Figure 21: Zone du projet (PACC-ZO)	39
Figure 22 : Salle des Machines	41
Figure 23: Types de STEPs au Maroc (ONEE)	49
Figure 24: Production de boues par STEPs réalisées	50
Figure 25: Digesteur anaérobique dans la STEP de Skhirat	53
Figure 26: Décharge de boue au niveau de la STEP de Skhirat	55
Figure 27: schéma de nitrification-dénitrification.....	60
Figure 28: Schéma d'un sol salé	66
Figure 29: Localisation de la zone d'étude	73
Figure 30: Vue d'ensemble du Bassin Maider avec ces 5 provinces	74
Figure 31: Schéma de diagnostic	78
Figure 32: Taux de connexion en fonction des modes d'assainissement dans le milieu urbain de Draa-Tafilalet (HCP)	84
Figure 33: : Taux de connexion en fonction des modes d'assainissement dans le milieu rural de Draa-Tafilalet (HCP)	85
Figure 34: Schéma de l'assainissement par une fosse sceptique	87
Figure 35: Capacité des Station d'Épuration opérationnelles de la Région de Draa Tafilalet en fonction du type de procédé	91
Figure 36: Ouvrages constitutifs de la STEP d'Er-Rachidia.....	93
Figure 37 : système d'assainissement adapté à chaque douar de la zone d'étude	98
Figure 38: Représentation des SAU irrigables par localité	101
Figure 40: Aperçu sur le procédé de traitement proposé au niveau de chaque localité	103
Figure 41: Présentation de la zone de mini-projet.....	105
Figure 42: Plan et la vue sur Agoudim.....	106
Figure 43: Schéma de dimensionnement de réseau d'eau usée	109

Figure 44: Tracé de réseau et délimitation des bassins versant de la solution 1	110
Figure 45: Tracé de réseau de la solution 2.....	110
Figure 46: Réseau d'eau pluviale	116
Figure 47: Statistiques sur les procédés d'épuration de la région Draa-Tafilalet.....	122
Figure 48: Localisation de la STEP et son exutoire	148

LISTE DES ABRÉVIATIONS

- ONU** : Organisation des Nations unies
- PNA** : Programme National Assainissement
- PNAR** : Programme National Assainissement Rural
- PNAM** : Programme National d'Assainissement Mutualisé
- OMD** : Objectifs du Millénaire pour le Développement durable
- OMS** : Organisation Mondiale de la Santé
- RGPH** : Recensement Général de la Population et de l'Habitat
- PNEEI** : Programme National d'Economie d'Eau en Irrigation
- ONEE** : Office National de l'Électricité et de l'Eau
- PERG** : Programme d'Electrification Rurale Global
- POT** : Programme Oasis Tafilalet
- PACC-ZO** : Programme d'Adaptation aux Changements Climatiques de la Zone Oasienne
- PAGER** : Programme d'approvisionnement groupé en eau potable rural
- CLC** : Chefs Lieu des Communes
- PNUD** : Programme des Nations Unies pour le Développement.
- INDH** : Initiative Nationale pour le Développement Humain
- GES** : Gaz à Effet de Serre
- REUE** : Réutilisation des Eaux Usées Epurée
- COP 22** : Conference of Parties Marrakech
- PDAIRE** : Plan Directeur d'Aménagement Intégré des Ressources en Eau
- ABHGZR** : Agence du Bassin Hydraulique Guir Ziz Rheris
- ANZOA** : Agence Nationale pour le Développement des Zones Oasiennes et de l'Arganier
- HCP** : Haut-Commissariat au Plan
- ONG** : Organisation Non Gouvernemental
- SIG** : Système d'Information Géographique
- SAU** : Surface Agricole Utile
- PMH** : Petit et Moyen Hydraulique
- SDNAL** : Schéma Directeur National d'Assainissement Liquide

INTRODUCTION

Le Maroc fait face depuis maintenant trois décennies aux aléas du changement climatique qui l'affecte tant au plan socio-économique qu'environnemental. Les méfaits de ces changements naturels n'ont pas laissé le territoire présaharien Marocain indemne de conséquence,

En effet, les régions oasiennes Marocaine de par leur exposition aux irrégularités pluviométriques et les sécheresses récurrentes présentent une certaine vulnérabilité. A cela, s'ajoute l'influence climatique se manifestant par l'érosion éolienne, les vents de sable, la sécheresse et la désertification, la diversité de la faune et de la flore avec une dominance d'espèces endémiques, l'importance de l'évaporation et de l'évapotranspiration, l'insuffisance des ressources hydriques etc... Les périodes de crues très aléatoires et plus ou moins violentes, peuvent provoquer des dégâts considérables et résultent d'épisodes pluvieux, orageux et localisés. Et pour palier à cela l'édification des barrages réservoir tel que Mansour Addahbi sur l'Oued Drâa et Hassan Addakhil sur l'Oued Ziz a fait son entrée de jeu mais ceci n'a pas été sans conséquence sur la recharge des nappes souterraines qui s'est vu limité.

Cependant, l'impact climatique n'est pas le seul hic au développement dans cette zone Sud-Est du territoire, le facteur Homme également est très pesant, notamment sur les ressources en eau, et pour une région qui a vu sa population augmenter de moitié en vingt ans sur une base économique à tendance dégradante (60% des revenu monétaire viennent des revenus de transfert issu de l'émigration), une forte consommation en eau n'est pas sans conséquence sur la ressource. L'augmentation rapide de la population au cours de ces dernières années avec un taux d'accroissement naturel de 0.9% (recensement de 2014) ainsi le changement radical qui s'est produit dans son mode de vie, en plus de la situation économique précaire, ont engendré une forte pression sur les ressources naturelles.

L'impact humain sur les ressources en eau de la zone se fait sentir autant en termes de quantité que de qualité. D'une part, une pression notable est exercée sur les ressources en eaux souterraines depuis un certain nombre d'années, s'illustrant par la multiplication du pompage sous un manque de contrôle ahurissant, ceci, sans compter le fait que le Maroc est exposé à une hétérogénéité des apports dans les différents bassins versant des régions du territoire. Et d'autre part, une dégradation de la qualité des eaux qui trouve sa source sur des pratiques telle que les laveries avec l'usage des lessives et détergents modernes, certaines pratiques agricoles contribuant à une contamination des eaux souterraines en fertilisant et sel. Dans la région Tafilalet-Draa, la qualité d'eau souterraine est généralement très mauvaise (41%) à moyenne (38%). Cette qualité continue à se détériorer à cause des activités humaines (rejet non contrôlé d'eaux usées, un taux d'assainissement faible, ...).

La vulnérabilité des régions oasiennes se fait également sentir en termes d'assainissement liquide. En effet, pour une population 1.635.008 habitants, la région génère un rejet d'eau usées estimé à 160 000 m³/jour, ceci avec de rares systèmes d'assainissement liquide et s'ils existent ils sont rudimentaire et se limitent en général à des latrines avec fosses de stockage, des fosses septiques, des réseaux simplifiés ou des puits perdus réalisés par les populations locales en l'absence d'encadrement technique adéquat permettant de disposer de système de traitement d'efficacité minimale, plus quelques expériences pilotes d'assainissement écologique rural. Les rejets d'eau résultants sont évacués directement dans la nature, et acheminés gravitairement dans des chaâba. Ils aboutissent, par infiltration, dans le sous-sol ou utilisés pour l'irrigation de petites parcelles si elles existent. Les boues générées par la

vidange des latrines et des fosses septiques, sont soit rejetées dans des décharges ou rejetées dans le milieu naturel. Les excréments des ménages ne disposant pas de sanitaires sont rejetés dans la nature ou mélangés avec le fumier.

De tous ces problèmes cités plus haut, il en ressort deux enjeux majeurs pour le Maroc en général et les régions oasiennes en particulier, il s'agit d'assurer l'eau d'irrigation pour un secteur agricole stable (pilier de l'économie Marocaine) mais aussi l'accès à l'eau potable pour tous. Pour ce faire une approche participative se révèle être nécessaire pour ainsi permettre une bonne gouvernance des ressources à la fois prudente et interactive.

C'est donc dans cet optique que le Conseil Economique, Social et Environnemental du Maroc (CESE) a admis l'intérêt de mettre en place une gestion tenant compte des principes de la démocratie participative dans son rapport sorti en 2014 et intitulé « La gouvernance par la gestion intégrée des ressources en eau au Maroc ».

Ainsi, la GIRE institutionnalisée entre 1995 et 2000, levier fondamental de développement durable, a instauré un plan national de l'eau. Ce plan a été actualisé en 2019 et il se focalise sur quatre axes : **la gestion de l'offre** (qui prévoit des projets de dessalement des eaux de mer, de REUT, construction des barrages et interconnexion entre les systèmes hydrauliques et de collecte des eaux pluviales), **la gestion de la demande en eau et valorisation de l'eau** (qui prévoit des projets de modernisation des systèmes d'irrigation, la résorption du retard des équipements hydro-agricoles dans les zones dominées par les barrages, conservation de l'eau potable, industrielle et touristique), **la Protection des ressources en eau et du milieu aquatique** (qui regroupe des projets de protection des RE souterraines : Recharge artificielle des nappes, gestion durable et participative dans un cadre contractuel (contrats de nappe), de préservation de la qualité des RE et lutte contre la pollution, de sauvegarde des bassins versants, oasis, et zones humides) **et la gestion des risques liés à l'eau** (qui prévoit aussi des projets de protection contre les inondations, de gestion des pénuries). Cette GIRE pourrait aider les régions oasiennes Sud Est Marocaine à faire face à ces nombreux problèmes liés aux ressources en eau, à travers des lois, programmes et projets visant à rationaliser l'utilisation de l'eau afin de mieux répondre à la demande qui augmente annuellement, mais aussi de préserver sa qualité et diversifier ces sources en encourageant l'utilisation des ressources non conventionnelle tel que les eaux usées traitées. Dans cette optique, il devient pertinent de se demander où en est les régions oasiennes particulièrement celle de Draa Tafilalet par rapport à cette approche GIRE pour l'amélioration de l'assainissement, l'épuration et même la réutilisation ? Quelles techniques sont employées pour ces derniers et avec quel niveau de performance ? Quel seront leur impact sur le milieu naturel, les eaux et les sols ? Existe-t-il de bonnes pratiques adaptées à cette zone présaharienne du territoire Marocain et quelles sont-elles ? Et Enfin, Quelles sont les conditions pour générer des modèles de projets d'épuration et de réutilisation adopté à cette zone oasienne ? C'est donc toutes ces questions qui feront l'objet de notre étude dans la zone de Draa Tafilalet.

Pour appréhender cette problématique, on s'est fixé les objectifs suivants :

- L'étude de diagnostic de la région en termes d'assainissement et de réutilisation des eaux usées épurées ;
- Elaboration d'un système d'information géographique et d'outil d'aide à la prise de décision en matière d'assainissement et de réutilisation des eaux usées ;

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

Pour réaliser donc ce travail, on a opté pour la démarche suivante :

- Diagnostic le niveau d'assainissement et de réutilisation des eaux usées ;
- Proposer un système d'assainissement au niveau de chaque localité dans la zone d'étude ;
- Evaluer le potentiel de réutilisation au niveau de chaque localité ;
- Mettre un place un exemple projet d'assainissement et de réutilisation des eaux usées traitées dans une localité choisie sur la base d'un certain nombre de critères.

Le plan de rédaction de ce document est subdivisé en quatre parties :

- Première partie : Revue bibliographique
- Deuxième partie : Méthodologie du travail
- Troisième partie : Résultats et Discussion
- Quatrième partie : Conclusion et Recommandations

Chapitre 1 : Ressources en Eau (Etat des lieux et contraintes)

I. Introduction

La “planète bleue” ce nom que tient la terre vient du fait que sa surface est couverte d’eau à raison de 70%. Cependant, lorsque l’on zoome à la répartition de l’eau sur Terre, on se rend compte que les ressources en eau douce ne représentent qu’une faible part du volume total, tandis que les pays sont dans des situations très différentes face à celles-ci.

De nos jours, les ressources en eau douce sont peu accessibles, la maîtrise et la gestion de nos réserves s’avèrent donc les deux grands défis du XXIème siècle. En effet, même si notre planète connaît des ressources importantes en eau (70% de la surface de la Terre), l’accès à ces ressources est peu accessible et surtout très inégalement réparti. Avec des réseaux hydrauliques peu denses et des nappes phréatiques très profondes, les deux grands parents pauvres de cet accès à l’eau sont l’Asie et l’Afrique. Alors qu’un européen dispose en moyenne de 6 000m³ par personne et par an, un habitant du Sahara n’aurait accès qu’à moins de 1 000m³. Et même si l’ONU considère que ces 1 000m³ suffisent à un homme pour vivre, nous remarquons bien là une flagrante inégalité des ressources. Plus marquant encore, avec 6% de la population mondiale, l’Amérique Latine détient plus de 26% des ressources mondiales en eau douce.

La population mondiale est en pleine croissance et par conséquent une croissante forte de demande en eau potable. A cela s’ajoute la demande en agriculture. En effet, nous sommes de plus en plus nombreux alors pour nous nourrir, nous sommes obligés de s’orienter vers une agriculture intensive mais cette pratique nécessite une quantité importante d’eau douce. A titre d’exemple, 70 % de l’eau consommée dans le monde est absorbée par l’agriculture mondiale et il faut 80 litres d’eau pour faire 1 Kg d’acier ou encore 30 000 litres pour fabriquer une puce électronique.

La demande de l’eau est en pleine explosion alors que l’offre est entrain de baisser. Le scénario le plus pessimiste prévoit que d’ici 2050 il aura une pénurie concernant plus de 4 milliards de personnes. L’eau est donc une denrée qu’il faut, dès à présent, ménager et surtout aménager. Cela passe tout d’abord par une meilleure mobilisation de la ressource (irrigation, barrages, pompes), mais aussi de ses équipements.

Dans cet angle, que certains pays ont déjà adopté une technique bien maîtrisée et en plein essor : le dessalage de l’eau. Mais ces techniques sont très coûteuses et donc inaccessibles pour les pays pauvres, seuls les pays les plus riches font appel à ce type de traitement comme l’Arabie Saoudite ou les États-Unis. Nous remarquons par là même que le problème de l’eau ainsi que son traitement révèlent insidieusement les clivages de richesses dans le monde.

Cette problématique de l’eau concerne tout le monde sans exception donc nous devons la prendre très au sérieux en adoptant des moyens plus économiques en eau comme : l’installation de WC basse consommation, la plantation d’arbres xérophiles, l’installation de récupérateur d’eau de pluie ou la vigilance de l’eau consommée au quotidien (toilette, vaisselle etc...) dans nos habitudes.

C’est ainsi en 1992, un début de réflexion a été entamée au sein de la Conférence Internationale de Rio. 170 chefs d’états se sont réunis pour commencer à élaborer un vaste programme d’action pour le XXIème siècle. S’en est suivi la création du Conseil Mondial de

l'eau en 1994, puis en 1997 le 1er Forum de l'eau à Marrakech qui a réuni près de 6 000 personnes.

Aujourd'hui, la gestion des ressources en eau est un enjeu présent et futur qui représente une somme de défis considérables. Qu'elle soit à une échelle mondiale ou internationale, la question est prioritaire puisque la perspective de pénurie dans certaines zones est imminente. C'est également une menace majeure au sens géopolitique car elle est de plus en plus facteur de tensions sociales et de guerres à venir évidentes. Les états rivaux se disputent la souveraineté ou l'influence sur des étendues d'eau de taille variable et les conflits pour la gestion de « l'Or bleu » tend à s'intensifier. Prenons comme exemple le cas de la Turquie au sein de laquelle le Tigre et l'Euphrate prennent leur source, c'est donc tout le Moyen Orient qui en dépend ! Ou encore le problème du fleuve délimitant la frontière entre Chine et URSS, qui en est le gérant, qui est en l'exploitant ?

L'homme a suit son retard dans la gestion de cette problématique, c'est la raison pour laquelle les organismes internationaux ont su multiplier les conférences sur le climat, l'eau et aussi les accords et les partenariats.

II. A l'échelle Mondiale

II.1 Répartition des eaux

Sur notre planète, le volume d'eau est reparti entre les eaux salées et les eaux douces. L'eau douce représente en réalité que 2,53% du volume total. À savoir que ce petit pourcentage est partagé entre les glaciers de l'Antarctique et du Groenland, le pergélisol, les glaciers souterrains, ainsi que les nappes phréatiques, les lacs d'eau douce de surface et les rivières

Tableau 1 Répartition des eaux du globe terrestre
(voir tableau ci-dessous). Et le reste est occupé par les eaux salées.

	Volume (10 ³ km ³)	Pourcentage de l'eau totale (%)	Pourcentage de l'eau douce (%)
Eau Totale	1,386 millions	100	-
Eau douce totale	35 000	2,53	100
Océan mondiaux	1,340 millions	96,5	-
Eau salée souterraine	13 000	1	-
Eau douce souterraine	10 500	0,76	30
Glaciers antarctiques	21 600	1,56	61,7
Glaciers du Groenland	2 340	0,17	6,7
Iles arctiques	84	0,006	0,24
Glaciers montagneux	40,6	0,003	0,12
Pergélisol et glace souterraine	300	0,022	0,86
Lacs salins	85,4	0,006	-
Lacs d'eau douce	91	0,007	0,26
Humidité du sol	16,5	0,0012	0,047
Tourbières	11,5	0,0008	0,03
Rivières (flux moyen)	2,12	0,0002	0,006
Dans la matière biologique	1,12	0,0001	0,0003
Dans l'atmosphères (en moyenne)	12,9	0,0001	0,04

Source: Proceedings of the National Academy of Science / PNAS

La plus grande partie des eaux douces est concentrée au niveau de l'antarctique soit 61.7% par conséquent les autres continents restent déficitaires cela réduit encore plus la disponibilité de cette ressource pourtant si vitale aux êtres vivants. En plus de la réserve de l'antarctique, certains pays sont dotés d'un château d'eau exceptionnel comme la France, la Guinée contrairement à un bon nombre de pays impactés par le stress hydrique, voire en situation de pénurie.

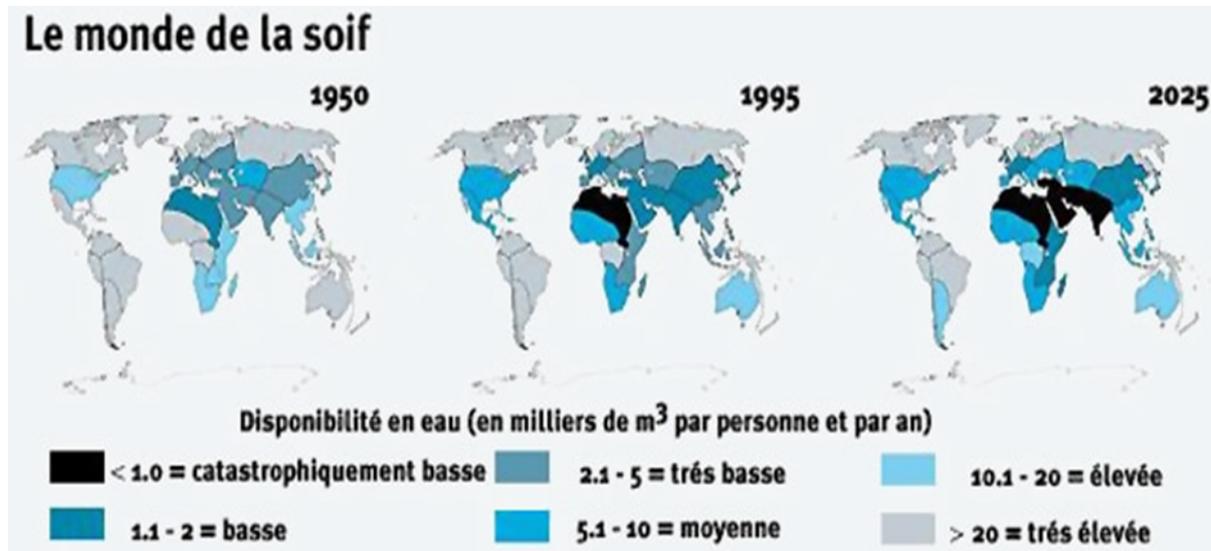


Figure 1: répartition des eaux

Source : laterredufutur.com

II.2 Les principales sources de dégradation des ressources en eau

L'explosion démographique : 7 milliards d'êtres humains en 2011, et en un siècle la population mondiale a presque quadruplé. En 1900, nous étions 2 milliards, nous serons 9 milliards en 2050.

Les changements climatiques : Le réchauffement terrestre provoque une aggravation du stress hydrique : plus forte évaporation, baisse du niveau des nappes phréatiques, assèchement des sols...

L'intensification de l'agriculture : une explosion démographique nécessite une production importante de nourriture. Aujourd'hui plus de 70% des eaux consommées est destiné à l'agriculture.

A cela s'ajoute l'urbanisation incontrôlée, industrialisation.

II.3 Quelques indicateurs de pénurie d'eau

L'OMS considère qu'il y a :

- Stress hydrique, si un être humain dispose de moins de 1 700 m³ d'eau par an
- Pénurie, avec moins de 1000 m³ par an. Il y a environ 1,4 milliards de personnes qui vivent dans cette condition.

La situation d'un pays vis-à-vis des ressources en eau peut être examinée à partir de ces éléments suivants :

- L'indice d'exploitation : il s'agit de la part de l'eau prélevée, pour l'ensemble des besoins d'un pays, par rapport au volume annuel moyen des apports naturels. Il peut

aller de 1% au Venezuela à plus de 100% en Arabie Saoudite et en Libye. La France, avec 20 %, se situe dans la moyenne des pays industrialisés.

- Le volume des ressources naturelles : cela va de moins de 500 m³/habitant/an (Malte, Israël...) à plus de 80 000 m³/habitant/an (Norvège, Gabon, Canada...) La France est considérée comme bien pourvue puisqu'elle se situe dans la fourchette de 2 000 à 5 000 m³/habitant/an.
- Le degré d'indépendance : l'Égypte, les Pays-Bas ou l'Irak, par exemple, dépendent fortement de la réserve d'eau d'origine externe, respectivement 99%, 89% et 65%. On distingue trois niveaux de dépendance en matière de ressource en eau :
 - **1er niveau : pénurie hydrique** : les ressources disponibles par habitant sont moins de 1000 m³/an. Les pays arabes font face à une pénurie. L'Égypte et la Libye se trouvent dans une situation extrême avec moins de 500 m³ par personne et par an. Le Moyen Orient et l'Afrique du Nord totalisent 4,3% de la population mondiale et sont à disposition moins de 1% des ressources en eau douce renouvelable de la planète.
 - **2ème niveau : stress hydrique** : Les ressources sont comprises entre 1000 et 1500 m³ par habitant par an.
 - **3ème niveau : vulnérabilité hydrique** : Les ressources sont comprises entre 1500 et 2500 m³ par habitant et par an.

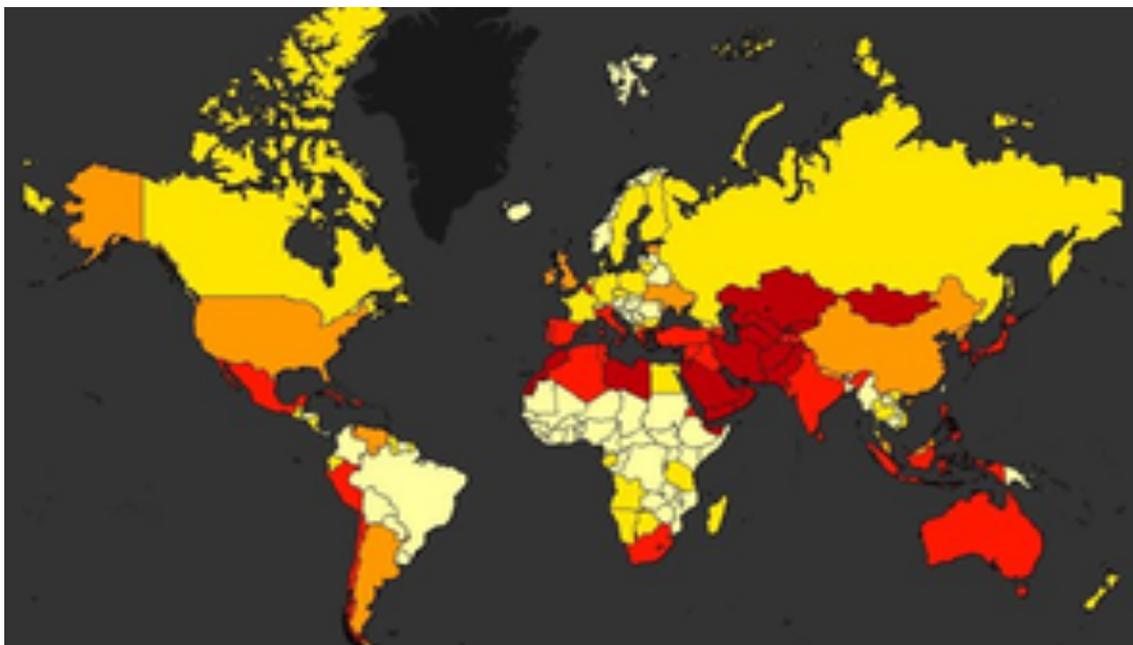


Figure 2 : Carte mondiale du stress hydrique

Sources : FAO, Nations Unis et World Resources Institute (WRI)

II.4 Bilan et perspective

Il y a quelques années les organisations onusiennes ont commencé la réalisation d'une vision mondiale à long terme sur l'eau, ce projet avait pour rôle d'entraîner la prise de conscience de l'importance d'une gestion durable de l'eau. En effet, en 2025, 63% de la population mondiale devrait subir stress hydrique ou pénurie d'eau (source BRGM – 2011). En 1950 la

ressource en eau était estimée à 17 000 m³/habitant/an mais plusieurs facteurs comme : forte croissance démographique, l'industrialisation, l'urbanisation, l'intensification agricole ont affecté fortement cette ressource. C'est ainsi qu'en 1995 elle était estimée à 7 500 m³/habitant/an et elle devrait chuter à moins de 5 100 m³/habitant/an en 2025.

Les destinations principales des ressources en eau sont : irrigation, consommation domestique, élevage, industrie et électricité.

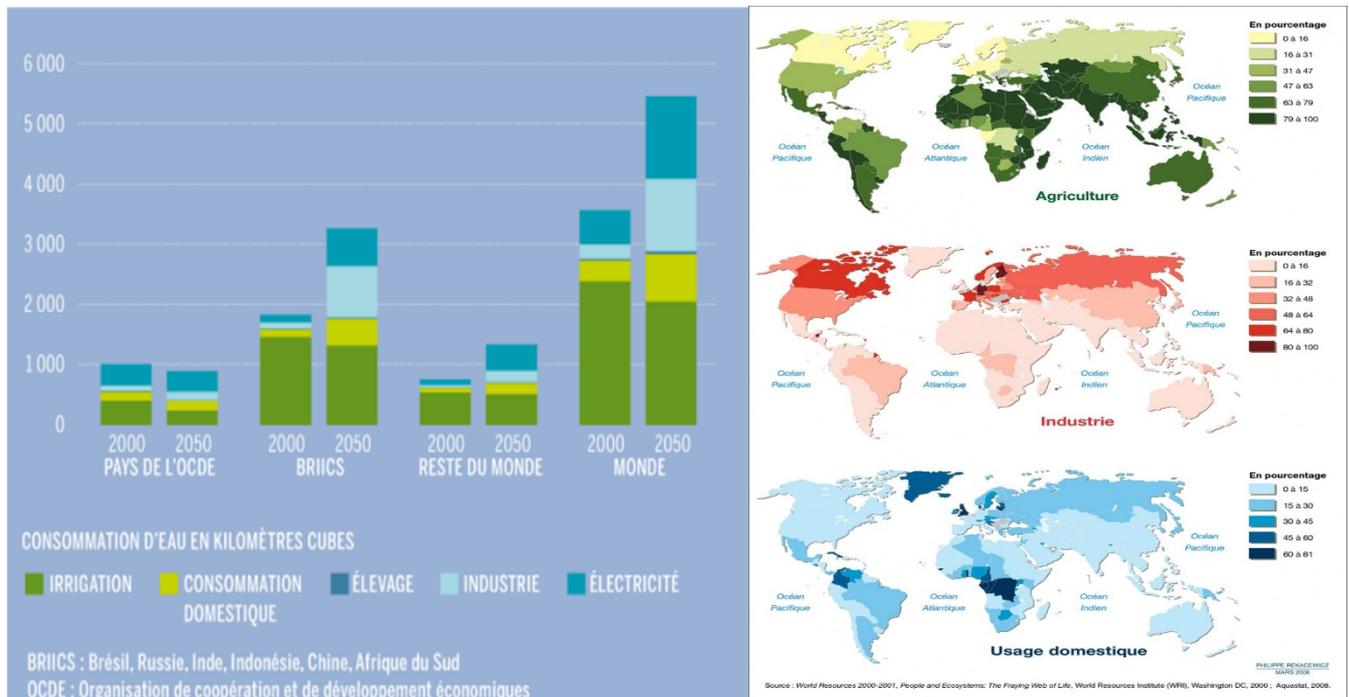


Figure 3: usages des ressources en eau et leur évolution dans le temps (Rapport ONU-Eau)

Face à une augmentation des besoins en eau et le changement climatique qui affecte les ressources en eau, une bonne gestion de ces dernières s'impose mais cela doit impliquer tous les acteurs et à tous les niveaux.

III. A l'échelle Marocaine

Le Maroc est classé parmi les zones de pénurie hydrique, face à cette situation le pays a mené avec succès plusieurs politiques ambitieuses de mobilisation de l'eau depuis des décennies. Mais avec d'autres facteurs (les changements climatiques, explosion démographique, intensification de l'agriculture, ...) qui viennent s'ajouter, le Maroc n'a pas d'autre choix aujourd'hui que d'adapter et renouveler sa stratégie afin d'éviter, à l'avenir, des défaillances dans la satisfaction des besoins en eau du pays.

Plusieurs solutions existent. Leur mise en œuvre dans le cadre d'une stratégie innovante et intégrée de tout le secteur de l'eau devrait permettre au Royaume de régler les problèmes les plus urgents et de faire de l'eau un facteur décisif de notre développement durable. C'est ainsi qu'une nouvelle impulsion visant le renforcement de la politique de l'eau a été amorcée dans le cadre d'une nouvelle stratégie de l'eau présentée devant **SA MAJESTE LE ROI MOHAMMED VI** le 14 avril 2009 à Fès.

Cette nouvelle stratégie dont le financement additionnel est à hauteur de 82 Milliards de Dirhams actualisés (soit 133 Milliards de Dirhams non actualisés) sur la période 2010–2030, essentiellement pris en charge par le Secrétariat d'Etat chargé de l'Eau et de l'Environnement

doit permettre au Royaume de soutenir les besoins croissants en eau et de faire face au réchauffement climatique.

III.1 Contexte Hydro-Climatique

III.1.1 Contexte climatique

De par sa position géographique, le Royaume du Maroc est caractérisé par un climat à la fois méditerranéen au nord et aride au sud et au sud-est de l'Atlas, avec une saison sèche et chaude et une saison froide et humide.

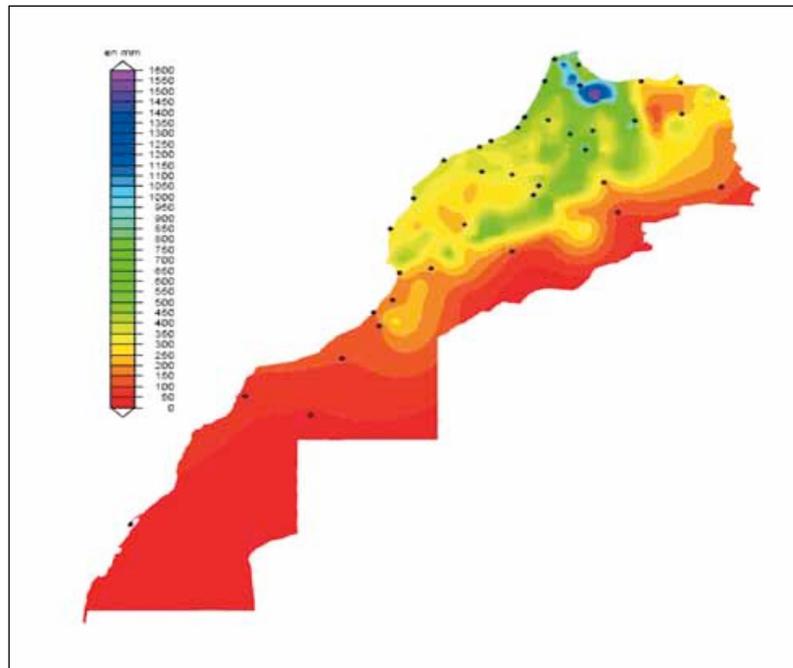


Figure 4: Normales des cumuls annuels des précipitations

Source : Ministère de l'Énergie, des Mines et de l'Environnement

Le régime pluviométrique du Maroc est caractérisé par une forte variabilité spatio-temporelle. Les précipitations annuelles sont réparties de façon suivante :

- Supérieures à 800 mm dans la région la plus arrosée du nord.
- Entre 400 à 600 mm dans la région du Centre ;
- Entre 200 et 400 mm dans la région de l'Oriental et du Souss ;
- Entre 50 et 200 mm dans les zones sud-atlasiques ;
- Et moins de 50 mm dans les bassins de Sakia El Hamra et Oued Eddahab.

III.2 Potentiel des ressources en eau

Le Maroc se classe parmi les pays à faible ressources en eau, son potentiel des ressources en eau naturelles, est évalué à 22 Milliards de m³ par an, soit l'équivalent de 730 m³ /habitant/an.

III.2.1 Eaux de surface

Les ressources en eau superficielle sur l'ensemble du territoire sont évaluées en année moyenne à 18 Milliards de m³, variant selon les années de 5 Milliards de m³ à 50 Milliards de m³.

Tableau 2: Répartition des eaux de surface par bassin hydraulique

Bassin Hydraulique	Superficie (km ²)	Ecoulement moyen d'eau de surface (Million de m ³)
Bassin de Loukkos, Tangerois et Cotiers Méditerranéens	12 805	3 600
Moulouya, figuig-kert-isly-kiss	74 145	1610
Sebou	40 000	5 560
Bouregreg et Chaouia	20 470	850
Oum Er Rbia et El Jadida Safi	48 070	3 315
Tensift et Ksob-Igouzoulen	24 800	800
Souss-Massa-Draa	126 480	1 444
Guir-Ziz-Rhérès	58 841	626
Sakia El Hamra et Oued Eddahab	305 239	390
TOTAL	710 850	18 195

Source : Ministère de l'Équipement du Transport, de la Logistique et de l'Eau

Ce régime est très variable d'une année à une autre dans chaque bassin hydraulique comme nous remarquons sur le graphique ci-dessous.

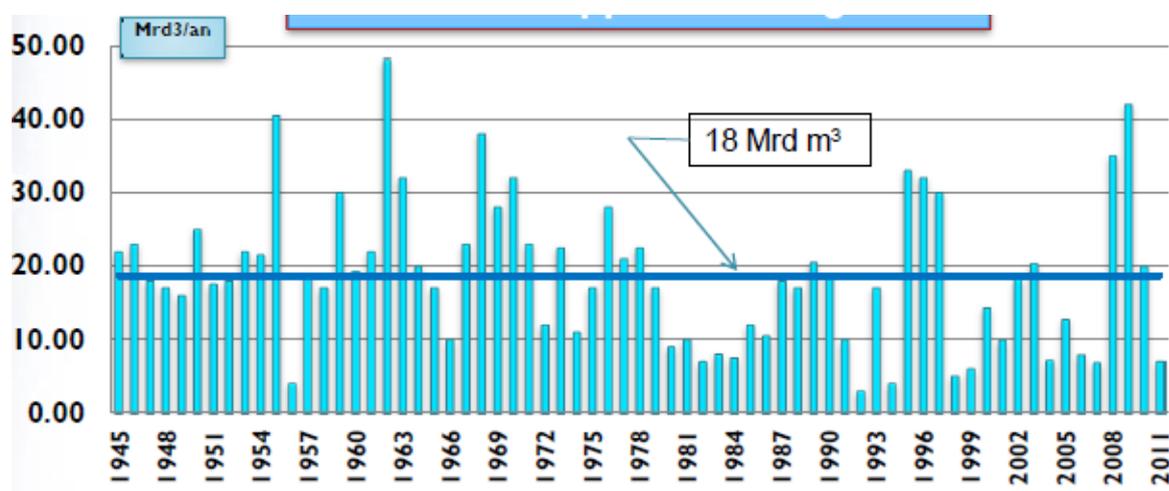


Figure 5: variabilité interannuelle des eaux de surface

Source : Ministère de l'Énergie, des Mines et de l'Environnement

Les eaux de surface sont aussi caractérisées par une variation spatiale. En effet, une grande partie de ces eaux est concentrée sur une minorité de bassin hydraulique (Loukkos et Sebou qui concentre à leur sein 51%).

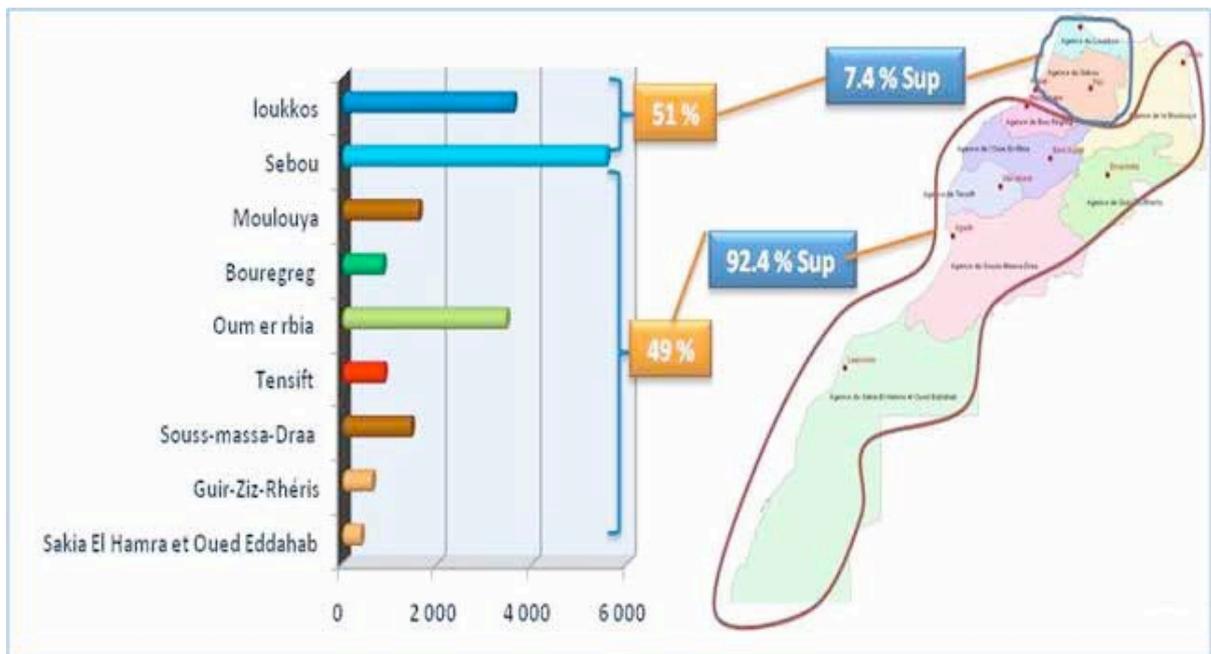


Figure 6: Répartition des eaux de surface par bassin hydraulique

Source : Ministère de l'Équipement du Transport, de la Logistique et de l'Eau

III.2.2 Eaux souterraines

La part occupée par les eaux souterraines représente que les 20% des ressources en eau du pays. 96 nappes ont été répertoriées dans le pays, dont 21 sont des nappes profondes et 75 superficielles. Les plus importants systèmes aquifères couvrent une superficie totale de près de 80 000 km², soit environ 10 % du territoire.

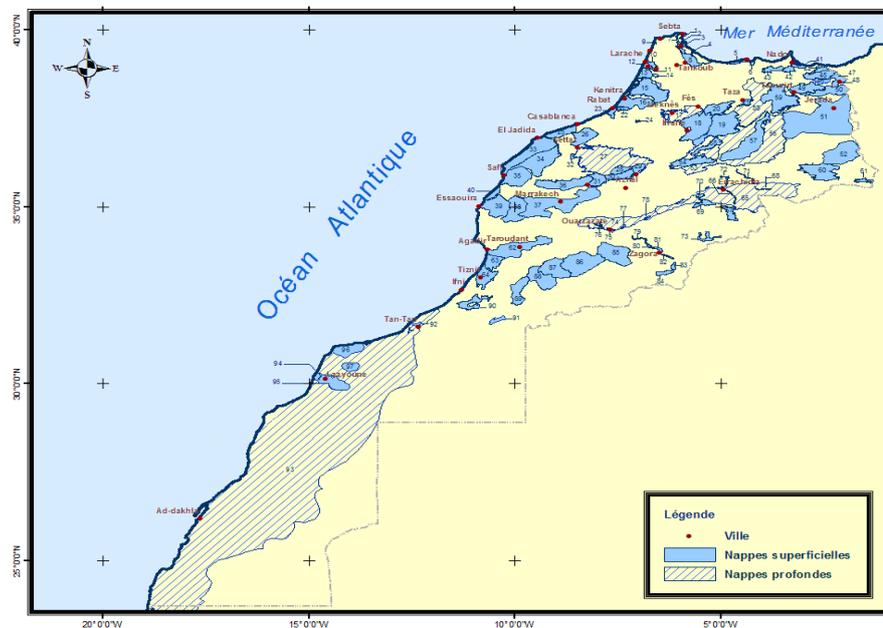


Figure 7: carte des nappes du Maroc

En 2000, les eaux souterraines ont été évaluée 4 Milliards de m³ par an. Sa répartition selon les bassins hydrogéologiques est donnée dans le tableau ci- après :

Tableau 3: Répartition des eaux souterraines par bassin hydraulique

Bassin Hydraulique	Superficie (km ²)	Potentiel Exploitable (Mm ³ /an)
Bassin de Loukkos, Tangerois et Cotiers Méditerranéens	12 800	190
Moulouya, figuig-kert-isly-kiss	76 664	512
Sebou	40 000	1 300
Bouregreg et Chaouia	20 470	120
Oum Er Rbia et El Jadida Safi	48 070	405
Tensift et Ksob-Igouzoulen	24 800	520
Souss-Massa-Draa	126 480	691
Guir-Ziz-Rhéris	58 841	313
Sakia El Hamra et Oued Eddahab	302 725	16
TOTAL	710 850	4 067

Source : Ministère de l'Équipement du Transport, de la Logistique et de l'Eau

III.3 Les grandes réalisations en matière de ressource en eau

Le secteur eau a toujours été au centre des politiques menées par le pouvoir public en raison de son rôle capital dans la sécurité hydrique du pays et l'accompagnement de son développement notamment l'agriculture irriguée. De ces politiques, le Maroc s'est doté d'une importante infrastructure hydraulique, améliorer l'accès à l'eau potable, satisfaire les besoins des industries et du tourisme et le développement de l'irrigation à grande échelle. Au fur des années, le Maroc a bâti beaucoup de barrages dont le nombre est de **145 grands barrages existants avec une capacité totale de 18.6 Mrds de m³** et **14 grands barrages en cours de capacité totale de 2,7 Mrds de m³**. Le Royaume s'est doté également de plus d'une dizaine de systèmes de transfert d'eau. La figure ci-dessous illustre l'évolution du nombre de barrages et de leur capacité.

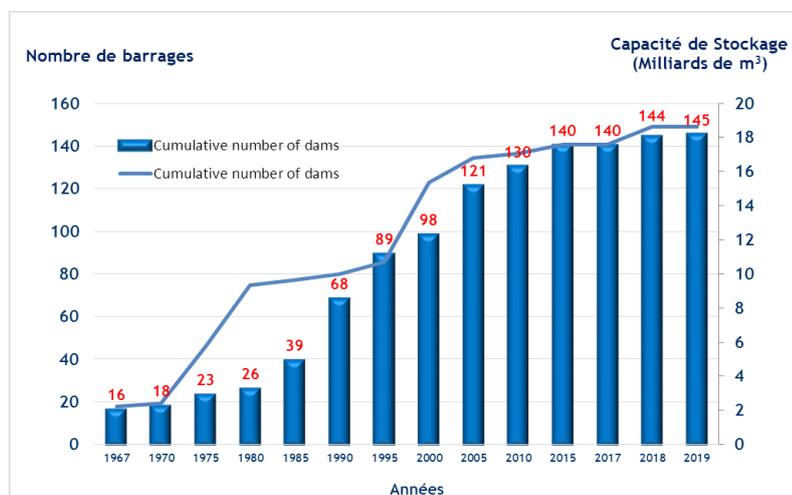


Figure 8: Evolution du nombre et de la capacité de stockage des barrages

Source : Ministère de l'Équipement du Transport, de la Logistique et de l'Eau

Le Royaume s'est lancé dans la mobilisation des eaux de mer et des eaux usées en raison de la raréfaction des eaux conventionnelles. En effet, le Maroc malgré sa pauvreté en énergie fossile contrairement aux autres pays du Moyen Orient s'est quand même penché dans le dessalement des eaux de mer en lançant plusieurs stations de dessalement à dans les zones de forte demande d'eau.

Ville	Capacité (m ³ /jour)
Stations existantes	
Laayoune	26 000
Boujdour	10 800
Tan Tan	8 600
Akhfénir	860
Projets en cours	
Al Hoceima	17 300
Agadir	275 000
Stations programmées	
Casablanca	300 000
Dakhla	17 300

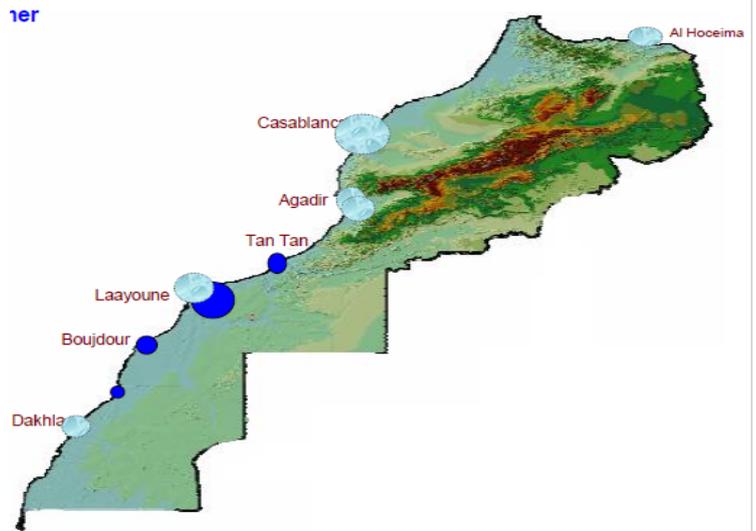


Figure 9: Stations de dessalement au Maroc

III.3.1 Le développement de l'irrigation à grande échelle

Les mobilisations des eaux ont accéléré l'irrigation à travers tout le territoire. Des grands périmètres agricoles ont été aménagés et convertis en irrigation sous pression. La superficie actuellement irriguée avoisine les 2 Million d'hectares dont plus de deux tiers sont équipés par les pouvoirs publics.

III.3.2 L'approvisionnement en eau potable des populations

La construction des barrages a permis au Maroc de produire conséquemment de l'eau potable avec un volume qui a atteint 1,3 Milliard de m³ avec une déserte totale dans le milieu urbain et un taux de déserte de 97% en milieu rural en 2018.

III.3.3 Energie hydroélectrique

La production hydroélectrique est de **2500 GWH/an (10%)** avec une puissance installée de **1730 MW sot 25% du global (en 2013)**.

III.3.4 Assainissement, Épuration et REUE

En parallèle avec les projets d'eau potable, le Maroc a également lancé des programmes d'assainissement, de traitement et de réutilisation des eaux usées. Ces programmes sont :

- Programme National Assainissement (PNA) ;
- Programme National Assainissement Rural (PNAR) ;
- Le Programme National d'Assainissement Mutualisé.

Volume des eaux usées épurées : 256 Mm³/an sans émissaire et 538 Mm³/an avec émissaire.

En REUE : en 2019, 31 projets de réutilisation ont été recensés dans tout le pays ce qui équivaut à 64 Mm³ mobilisée et 44 Mm³ réellement réutilisée.

III.4 Contraintes et défis majeurs

Le secteur de l'eau au Maroc est menacé par plusieurs problèmes et défis. Ils portent principalement sur la raréfaction des ressources en eau impactée par les changements climatiques, la détérioration de la qualité de ces ressources en eau, la forte pression induite par la croissance économique et les besoins d'accompagnement du développement du pays,

l'exploitation non durable des ressources en eau souterraine et le gaspillage manifeste des ressources en eau à l'utilisation.

IV. En Région Oasienne

IV.1 Climat oasien

Cette région est caractérisée par un climat semi-désertique vue sa position géographique. Ce climat est caractérisé par des précipitations faibles et réparties de façon irrégulières dans le temps et dans l'espace. La majorité du territoire reçoit moins de 132 mm de pluie par an le nombre de jours de pluies est d'à peine vingt.

Cette région est protégée par les montagnes atlasiques mais néanmoins il y a l'intrusion des vents chauds du désert dans certaines parties de la région ce qui engendre une variation climatique dans la région.

Les périodes pluvieuses s'étalent entre Septembre et Mai et le nombre de jours de pluie varie entre 30 et 40 jours par an. L'évaporation est forte, elle est de l'ordre de 2000 à 3000 mm/an.

IV.2 Ressources en eau des oasis

Les ressources en eau dans la région sont généralement des eaux de ruissellement qui circulent dans les oueds qui prennent leur source dans le Haut Atlas, et des eaux souterraines qui sont réparties dans plusieurs bassins hydrogéologiques.

IV.2.1 Eaux de surface

La région oasienne est drainée par des oueds qui offrent autour d'eux des microclimats permettant le développement agricole et un paysage époustouflant. La région totalise cinq grands oueds : il s'agit d'Ouest en Est, du Drâa, du Rheriss et Maïder, du Ziz et du Guir. D'une superficie de 115 563 km² et un débit moyen de 25 m³ /s, cette région ne représente qu'environ 4% des ressources en eau superficielles du Maroc et seulement 5,7% des ressources globales. Ces ressources en eau sont mobilisables à 93%.

L'Etat a mené des projets de mobilisation d'eau sur les différents bassins ce qui a permis de construire des barrages comme le Barrage Hassan Addakhil. Au niveau du Barrage Hassan Addakhil dans le bassin du ZiZ, les apports moyens sont de 104 Mm³/an, soit un module de 3,3 m³/s. Pour le bassin de Ghéris, les apports moyens enregistrés à Tadighouste sont de 38 Mm³/an, soit un module de 1,20 m³/s ; et pour le bassin de Guir, les apports moyens enregistrés à Tazouguerte sont de 45 Mm³, soit un module de 1,4 m³/s. l'Etat a réussi à mobiliser 1102 Millions de m³ dans l'espace oasien, 98% sont destinées à l'agriculture (les besoins sont couverts à raison de 75%) et le reste est réservé à l'eau potable.

IV.2.2 Eaux souterraines

La région renferme des nappes formées à partir du quaternaire, ces nappes sont : Errachidia, Tinjdad, Goulmima, Boudnib-Bouanan et Tafilalet (Erfoud, Rissani, Fezna-Jorf), de la nappe du Bassin Crétacé (Infra-Cénomanién, Turonien et Sénonien) de la nappe de l'Anti Atlas, de la nappe du Haut Atlas.

IV.2.3 Origine des eaux

Les eaux reçues par la zone sont de deux groupes selon l'origine hydrogéologique :

- Les sources émanant des formations calcaires du Turonien qui totalisent un volume annuel d'environ 14 Mm³/an ;

- Les sources d'origine jurassique qui fournissent un écoulement annuel de l'ordre de 38 Mm³/an.

Ces eaux ont connu énormément de baisse à cause de la pression exercée par la population locale et le réchauffement climatique.

IV.3 Les aménagements hydrauliques

Les Khetaras : est une galerie drainante amenant par gravité l'eau de la nappe phréatique à la surface du sol à des fins d'irrigation et d'eau potable. C'est un patrimoine historique hydraulique de mobilisation des eaux souterraines vers les oasis. Ces ouvrages ont été introduites par les agriculteurs de Tafilalet au cours du XII^{ème} siècle. Leur longueur varie de quelques centaines de mètres à 20 km et la profondeur en tête de 6 à 18 mètres. L'eau circule de façon gravitaire. Cette technique est très écologique et en harmonie avec la nature, c'est une méthode de mobilisation durable qui permet d'utiliser l'eau des nappes avec prudence et efficacité.

Les barrages : la région compte des grands barrages (barrages Hassan Addakhil et Mansour Eddahbi) et de petits barrages (Akkrouz, Achbarou, Akka N'oussikis, Itzar, Boutaaricht, Douiss, Talhouët ...). Ces ouvrages ont permis de mobiliser 50% des ressources en eau dans la région.

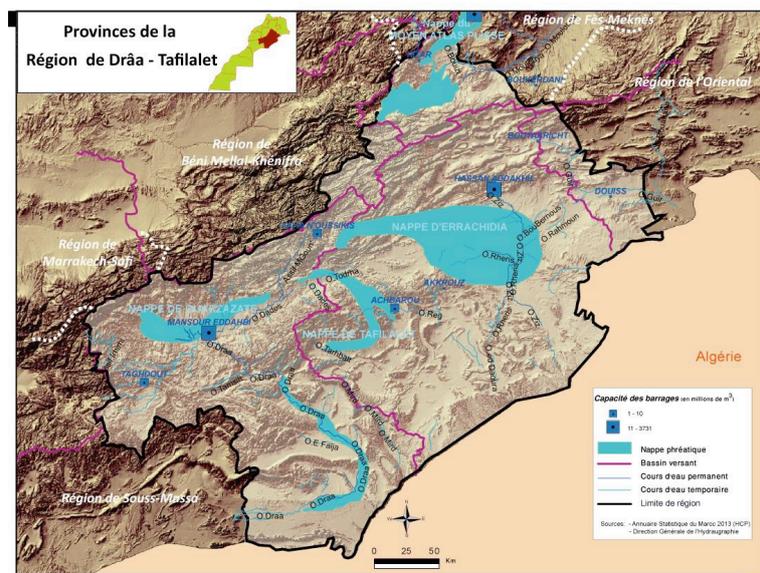


Figure 10: Carte des nappes de la région Draa-Tafilalet

Chapitre 2 : Système d'Assainissement

L'Homme a toujours eu tendance à développer ses activités autour des ressources en eau. Ceci, générant forcément la production de rejets polluants face auquel il est nécessairement d'établir un système d'assainissement afin de protéger l'environnement d'une part mais aussi l'Homme en question qui est le premier maillon du petit cycle de l'eau. L'assainissement liquide désigne donc le système regroupant l'ensemble des moyens de collecte, transport et traitement d'eau usée pouvant garantir un rejet ou réutilisation dans les normes prédéfinie.

I. Objectif

Dans son itinéraire technique et normatif, l'assainissement liquide vise à réduire voire éliminer tous ce qui est risque sanitaire aussi bien lié à l'environnement qu'à l'homme. Son objectif majeur s'articule donc autour de deux points :

- ◆ Protéger la santé Humaine au mieux en le préservant des maladies hydriques qui sont plus fatales aux couches vulnérables tel que les enfants ;
- ◆ Protéger l'environnement avec toutes les espèces qui y vivent en veillant au respect des normes de rejets.

L'assainissement est essentiel dans la prévention de nombreuses maladies, notamment la diarrhée, les vers intestinaux, la schistosomiase et le trachome, des problèmes qui touchent des millions de personnes. Selon l'Organisation mondiale de la santé un accès universel à l'assainissement pour les ménages et les institutions (par exemple établissements de soins et écoles) pourrait aider à réduire les maladies, améliorer les résultats en matière de nutrition et accroître la sécurité, le bien-être et les perspectives éducatives, en particulier pour les femmes et les filles. Les problèmes d'eau, d'assainissement et d'hygiène peuvent diminuer de multiples manières les facultés d'apprentissage des enfants et accentuent les inégalités entre filles et garçons. L'installation d'équipements adéquats d'approvisionnement en eau, d'assainissement et d'hygiène dans les établissements scolaires est essentielle à la réalisation des objectifs du Millénaire pour le développement (OMD).

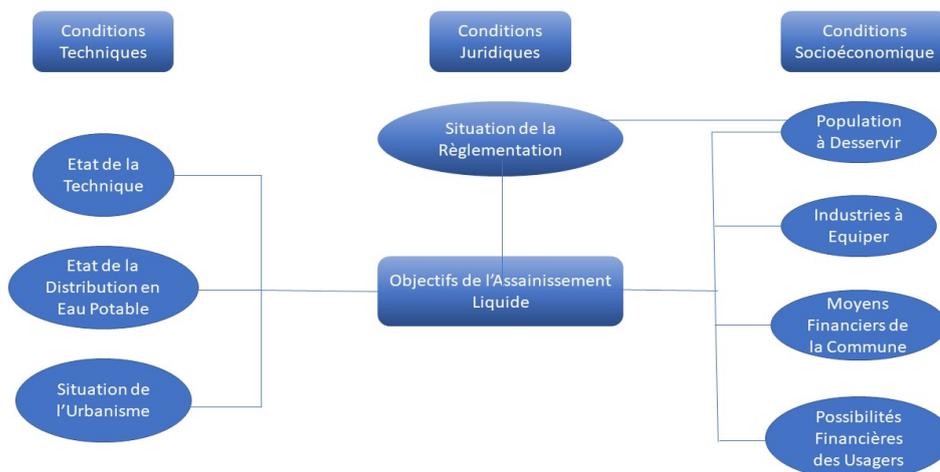


Figure 11 : Schéma de dépendance des objectifs de l'assainissement liquide

Source : Manuel technique d'assainissement destiné aux élus et techniciens communaux du Maroc,

II. Types

Il existe deux modes d'assainissement reconnu par la réglementation au Maroc : l'assainissement collectif et l'assainissement non collectif.

II.1 L'Assainissement Non Collectif (ANC)

Aussi appelé assainissement autonome, ce mode se fait sans la présence de réseaux public et désigne les techniques de collecte et de traitement sur place d'eau usée domestique. Il nécessite une connaissance de la nature du sol, de la taille des logements mais aussi un respect rigoureux des normes environnementales et sanitaires. L'assainissement autonome est souvent appliqué dans le milieu rural où justement les habitats sont dispersés et il n'a pas de réseau communal. Pour une seule habitation, l'assainissement est dit **Individuel**.

NB : Dans certains terrains communaux, avec quelque habitation ou groupe de maison, on peut trouver un petit réseau de collecte avec un dispositif de traitement, on parle là d'un groupement à **assainissement Semi-Collectif**. Une étude comparative a été faite entre les types d'assainissement (**voir annexe 1**)

II.2 L'Assainissement Collectif

Il est constitué d'un réseau public ou communale qui collecte l'ensemble des eaux usées des égouts provenant des habitations (milieu urbain ou habitation groupée) afin de les acheminer vers une station d'épuration avant leur rejet. Dans ce mode d'assainissement les usagers sont sujets au paiement d'une redevance d'investissement, ainsi que la charge de l'ensemble des ouvrages de raccordement au réseau public et leur entretien. Ces ouvrages se localise à trois niveaux : les voies publiques, les voies privées ou les voies de servitudes de passage. Dans l'assainissement collectif, on distingue deux types de réseau :

Réseau Unitaire : Ce système de collecte se matérialise par un transit dans une même canalisation des eaux usées et eaux pluviales avec la présence régulière et en tête de canal d'ouvrage d'orage destiné à évacuer une partie de l'effluent dans le milieu naturel en période de forte pluie. Le réseau unitaire est généralement présent dans les centres urbains qui ont tendance à recevoir des eaux usées fortement dilués par les eaux de pluie. Ce réseau nécessite de grande canalisation à la hauteur du débit transité.

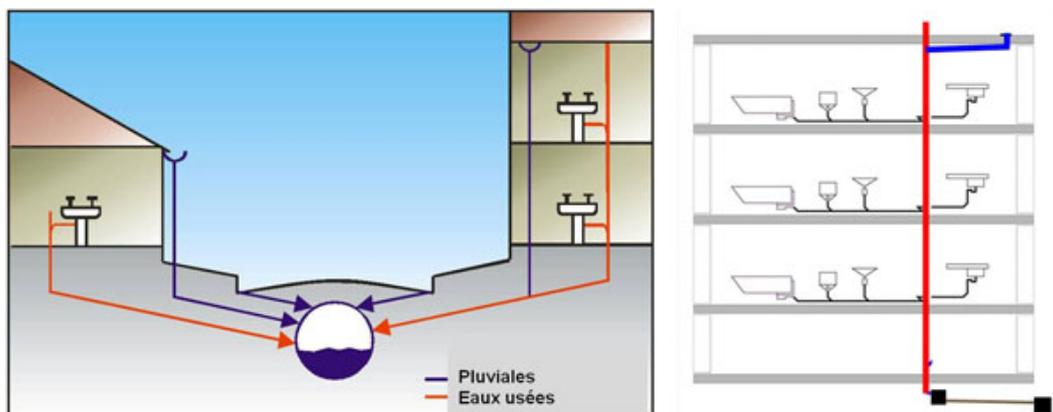


Figure 12: schéma d'un réseau unitaire

Source : soudureplastique.ma

Réseau Séparatif : Il se caractérise par la présence de deux réseaux spécialisés selon qu'il s'agisse d'effluent domestique ($D_{min}=200mm$) ou pluvial ($D_{min}300mm$) d'où son nom de réseau séparatif. La séparation des deux collecteurs a lieu depuis l'habitation ; les eaux usées domestique sont acheminées vers les stations de traitement alors que les eaux pluviales sont rapportées au milieu récepteur. Ce type réseau peut ne comporter qu'un seul collecteur, celui de l'effluent domestique, c'est le cas dans les communes rurales où les eaux pluviales sont directement évacuées par infiltration ou ruissellement.

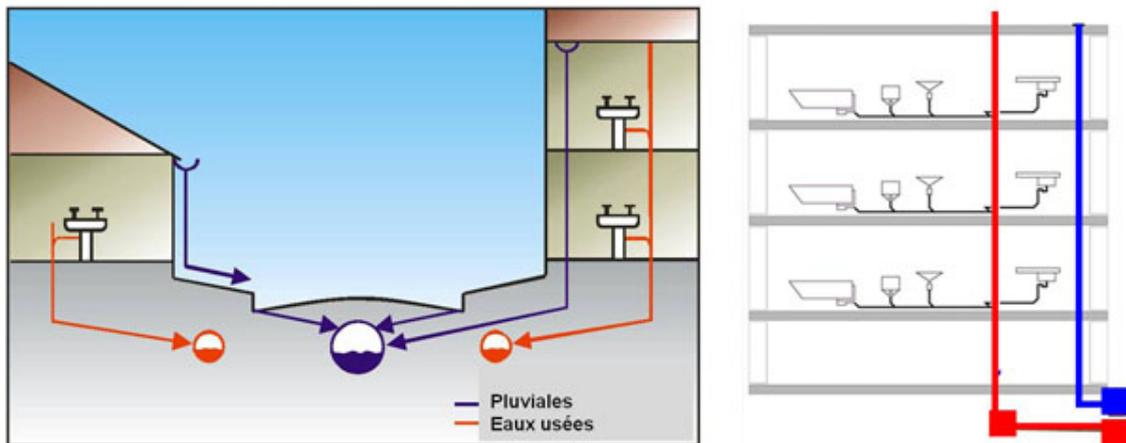


Figure 13: schéma d'un réseau séparatif

Source : soudureplastique.ma

Réseau Pseudo-Séparatif : C'est un réseau qui admet une séparation des eaux pluviales en deux, une partie de ces eaux pluviales provenant des toitures et cours intérieures est raccordée au réseau d'assainissement grâce aux mêmes branchements que ceux des eaux usées domestiques. L'autre partie de ces eaux pluviale provient des surfaces de voirie, elle s'écoulement directement à travers des ouvrages particuliers conçu pour cet objet par les services de voirie municipale (caniveaux, aqueduc, fossé...) ;

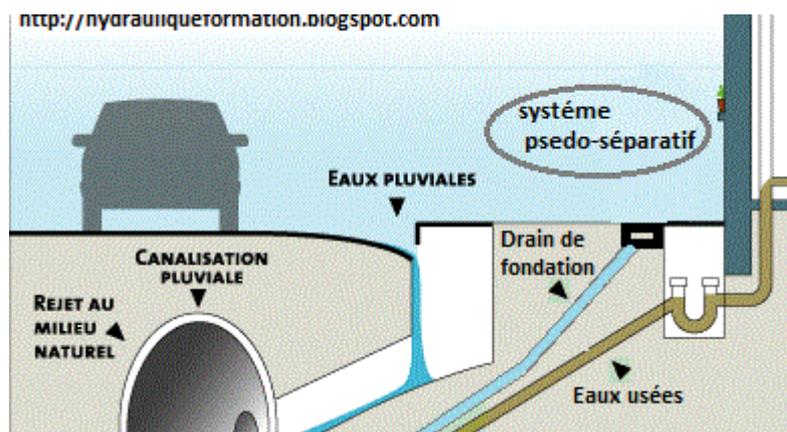


Figure 14: Schéma d'un réseau pseudo-séparatif

Source : Hydraulique Urbaine

Tableau 4: Comparaison entre les réseaux d'assainissement

Réseau	Avantages	Inconvénients
Unitaire	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Système simple et moins coûteux ▪ Vérification de l'auto curage en période d'orage ; ▪ Il n'y pas d'erreur de branchement ; ▪ Facilité de branchement et de mise en œuvre ; 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Risque de dépôt par temps sec ; ▪ Fonctionnement de la station d'épuration perturbé vu la variation de débit ; ▪ Lors des orages, une partie de l'effluent pollué peut être rejetée dans le milieu naturel à l'aide des déversoirs d'orage ; ▪ Pollution relative du milieu récepteur.
Séparatif	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Les eaux usées traitées par la station d'épuration ; ▪ Rejet possible des eaux pluviales dans divers exutoires (utilisation pour l'irrigation) ; ▪ Il permet une meilleure protection de l'environnement. 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Coût plus élevé que l'unitaire ▪ Risque de commettre des erreurs de branchement ▪ En milieu rural, les eaux de ruissellements sont fortement polluées d'où le risque de contamination des cours d'eau ▪ Problèmes de raccordement
Pseudo-Séparatif	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Même avantage que le système séparatif 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Risque de commettre des erreurs de raccordement ▪ Cout un peu élevé

III. Aperçu sur les Ouvrages Constitutifs d'un réseau d'assainissement

Pour pouvoir atteindre ses objectifs mentionnés quelques lignes plus haut, un réseau d'assainissement liquide se compose d'un assez bon nombre d'ouvrages permettant un écoulement rapide des eaux usées, avec une bonne étanchéité même en cas de mouvement de terrain mais aussi une bonne durabilité. Ces ouvrages se scindent en deux catégories, nous avons d'une part les ouvrages principaux et d'autre part les ouvrages annexes.

III.1 Les Ouvrages Principaux

Ils regroupent l'ensemble des ouvrages au développement du réseau jusqu'à l'entrée des effluents dans la station d'épuration. Les ouvrages principaux se présentent sous forme :

- De tuyaux cylindriques préfabriqués en usine, le plus souvent normalisés ou construits sur place, visitables ou non ;
- De tuyaux ovoïdes visitables préfabriqués en usine et normalisé également ;
- D'ouvrages visitable de profit particulier réservé aux émissaires importants d'évaluation et qui sont en usage dans les grandes villes.

Ces tuyaux précédemment cités sont aussi appelé collecteur, primaire secondaire ou tertiaire selon le diamètre de leur section qui est croissant d'amont en aval.

III.2 Les Ouvrages Annexes

Ils désignent l'ensemble des construction et installation ayant pour but de permettre l'exploitation rationnelle et correcte du réseau. Les ouvrages annexes participent au réseau au même titre que les canalisations et leur exploitation dépend des positions adoptées. On peut les subdiviser deux groupes :

- Les ouvrages normaux ou courant ;
- Les ouvrages spéciaux.

NB : Les dispositions installées chez les particulières sont considérée comme des ouvrages annexes.

- **Les Ouvrages Normaux ou Courants**

Ce sont les ouvrages courants indispensables en amont ou sur les cours des réseaux assurant la fonction d'accès au réseau. Ils se subdivisent en trois types d'ouvrage :

- a) Les branchements particuliers ;
- b) Les ouvrages de surface et recueillis ;
- c) Les ouvrages d'accès au réseau, regards de visite ;

- **Les ouvrages spéciaux**

Ce sont des ouvrages dont on fait recours généralement pour résoudre certains problèmes qui apparaissent au stade de l'étude comme l'incapacité d'auto curage, ou pour optimiser le projet sous aspect technique et/ou financier avec la création de **déversoir d'orage**, de **bassin de stockage**...On peut également faire recours aux ouvrages spéciaux en cas de difficultés de points obligés, la nécessité d'un relèvement hydraulique des effluents. Ces ouvrages ne sont donc pas obligatoires dans la conception générale du réseau mais sont présent pour une fonction spécifique.

On distingue deux types de dispositifs :

- Dispositifs liés au bon fonctionnement tels que les dispositifs de ventilations, réservoirs de chasse, bassin de dessablement, dégrilleurs.
- Dispositifs liés aux circonstances, tels que les déversoirs d'orage, bassin de stockage, siphon, ou des postes de relèvement ou de refoulement.

IV. Assainissement Liquide : Vue d'ensemble, Contraintes et impacts

La gestion sécurisée de la filière d'assainissement (collecte, transport, traitement, élimination et utilisation des déchets) constitue un pilier important de toute politique de développement car la sécurité sanitaire et la qualité de l'eau sont indispensables au bien être humain. Pourtant, à ce jour, malgré certains efforts tant bien que mal consenti par beaucoup d'état, certaines parts de la population peine à avoir accès à un service d'assainissement adaptés.

A l'échelle mondiale, selon des études réalisées en 2017 par l'OMS, 45% de la population mondiale aurait accès à des installations d'assainissement améliorées, permettant aux excréta d'être éliminés sur place ou traités hors site en toute sécurité et 31% de la population mondiale soit 2,4 milliards de personnes avait accès à des installations d'assainissement privées raccordées au tout-à-l'égout dont les eaux usées sont traitées. Aussi 74% de la population mondiale (5,5 milliards de personnes) avait accès au moins à une installation

d'assainissement de base et environ 1 milliard de personnes) utilisait des toilettes ou des latrines permettant l'élimination sur place des excréta. Ce qui pourrait laisser croire que les objectifs du millénaire du développement durable (OMD) sont en bonne voie, mais loin de là car si l'un de ces objectifs était de diminuer de moitié d'ici 2020 le nombre des personnes n'ayant pas accès adéquat à l'eau potable et à l'assainissement il est important de rappeler qu'à ce jour, quelque 2,0 milliards de personnes ne disposent toujours pas de toilettes ou de latrines, parmi elles, 673 millions défèquent à l'air libre, par exemple dans les caniveaux, derrière des buissons ou dans des plans d'eau. A cela s'ajoute les spéculations de l'OMS selon quoi au moins 10% de la population mondiale consomme des aliments provenant de cultures irriguées par des eaux usées. D'après les estimations, il y aurait dans les zones périurbaines environ 36 millions d'hectares de terres cultivées irriguées par des eaux usées urbaines, généralement non traitées. Cela équivaut à la superficie de l'Allemagne.

L'assainissement de mauvaise qualité est lié à la transmission de maladies telles que le choléra, la diarrhée, la dysenterie, l'hépatite A, la typhoïde et la poliomyélite et aggrave le retard de croissance. Il peut également avoir comme impact la réduction du bien-être humain et entrave le développement social et économique en raison de conséquences telles que l'anxiété, le risque d'agression sexuelle et la réduction des possibilités éducatives. Selon les estimations, le manque d'assainissement est à l'origine de près 432 000 décès par maladies diarrhéiques. C'est un facteur majeur dans la propagation de plusieurs maladies tropicales négligées, parmi lesquelles les parasitoses intestinales, la schistosomiase et le trachome. Il contribue également à la malnutrition.

A l'échelle Marocaine, dans les débuts des années 2000, les insuffisances liées à l'assainissement liquide était surtout de type : sous équipement en ouvrages d'assainissement, insuffisance d'entretien systématique des ouvrages, problèmes d'évacuation des eaux pluviales, insuffisance et souvent absence totale de système d'épuration. A partir de l'an 2005, avec le lancement du Programme national d'assainissement liquide et d'épuration des eaux usées, des améliorations notables ont été constatées dans la filière notamment en termes de taux d'épuration des eaux usées et de raccordement au réseau d'assainissement liquide. De ce fait, vers la fin de l'année 2018 les taux de raccordement au réseau d'assainissement et des eaux usées traitées étaient passés respectivement de 70% et 8% en 2005 à 76% et 51%. A ce jour, d'après l'ancienne secrétaire d'État au Développement durable, Mme Nezha El Ouafi, le Maroc compte 147 stations d'épuration y compris 8 émissaires en mer alors qu'avant le lancement du Plan national d'assainissement on n'en disposait que de 21. Toujours selon Mme El Ouafi, le taux de raccordement au réseau d'assainissement liquide atteindra les 50% d'ici 2030, 80% d'ici 2040 et contribuera également à réduire la pollution de 40% d'ici 2030 et de 60% d'ici 2040. En ce qui concerne la réutilisation et l'exploitation des eaux usées dans l'irrigation, la secrétaire d'État a fait savoir que le volume de telles eaux sera de 8 millions de mètres cubes en 2025 et passera à 16 millions en 2030 pour atteindre 43 millions de m³ à l'horizon 2040.

Cependant, de tout ce tableau plutôt optimiste il est important de noter que si l'histoire récente de l'assainissement au Maroc est marquée par une approche abordant en priorité les problèmes posés par l'assainissement urbain du fait de la quantité des eaux usées produites et leur impact, cette approche a marginalisé la question de l'assainissement en milieu rural, en particulier dans les douars. En effet la situation de l'assainissement rural dans bon nombre de provinces n'est pas des meilleurs. Si on l'en croit aux études réalisées par Derko KOPITPOULOS

dans la version finale de son GUIDE POUR L'ASSAINISSEMENT LIQUIDE DES DOUARS MAROCAINS, à l'exception de quelques maisons à deux étages ou de rares bâtiments publics, la gestion des eaux usées dans les douars se fait de façon séparée :

- Latrines sèches ou à siphon hydraulique pour les excréta. Ces installations sont irrégulièrement utilisées, et la défécation à l'air libre est largement pratiquée. Le modèle le plus courant est constitué d'une latrine à siphon hydraulique, placé contre un mur extérieur, dans la cour de la parcelle.

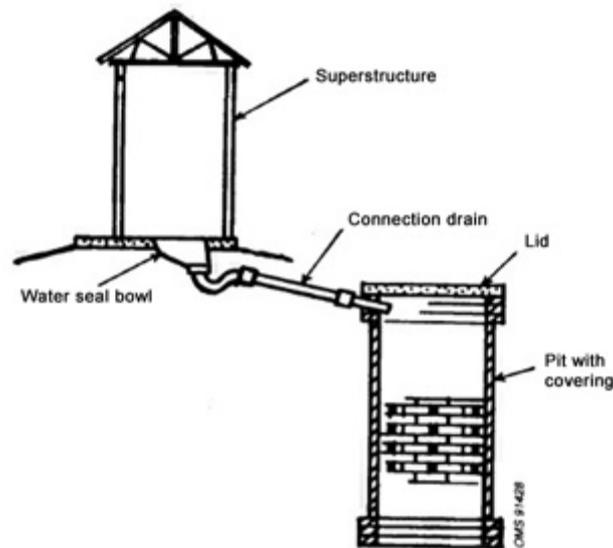


Figure 15: Latrine à siphon hydraulique à simple fosse

Source : Guide pour l'assainissement liquide des douars marocains

- Rejet direct dans la nature ou la voie publique pour les eaux grises.

Cette situation engendre deux conséquences : d'une part un impact sanitaire important, dû principalement à la proximité des lieux de défécation et au manque d'hygiène des latrines, d'autres part des écoulements d'eaux grises sur la voie publique, en particulier dans les douars présentant une structure concentrée ou des conditions d'infiltration défavorables. Ceci s'illustre parfaitement avec les données de recensement de 2014, où l'on peut noter dans le milieu rural que 49,2% des eaux usées est évacué moyennant les fosses septiques, 25,7% par la nature et enfin 21,3% par les puits perdus.

L'amélioration de la qualité de l'assainissement dans cette partie du territoire s'avère donc être une priorité, ceci non seulement pour la protection de ses habitants mais également pour une meilleure valorisation des ressources en eau à travers la réutilisation car à nos jours, force est de reconnaître que la pénurie des ressources en eau est en partie aggravée par la détérioration de leur qualité sous l'effet des rejets polluants liquides tandis que les écosystèmes naturels sont menacés par les inondations et l'érosion des sols. Toutefois, ceci devra se faire en tenant compte des réalités du monde rural notamment en termes de densité (peu peuplé avec des habitats dispersés) avec un nombre de système d'assainissement et des techniques d'épuration qui s'y accommodent facilement.

Chapitre 3 : Généralité sur les Régions Oasiennes

I. Introduction

La région Oasienne Marocaine couvre 48000 ha et est peuplée de plus de 1,7 millions d'habitants sur une superficie totale de 115 563 km², soit une densité de 15 habitants au km² (Sbaï, 2011). Elles couvrent tout le territoire sud atlasique soit la lisière du Sahara du pays et s'étalent sur l'Anti Atlas, les vallées de Draa, du Ziz, Gheris, du Guir, de Toudgha et de Figuig (Kabiri, 2014). Elle peut être subdivisée en quatre grands ensembles :

- Les oasis au sud du Souss-Massa-Drâa, au Sud de l'Anti-Atlas et celles de Tata ;
- Les oasis de la Vallée du Draa (Ouarzazate, Zagora, Fom Zguid, Agdz, Dadès) ;
- Les oasis de la Vallée du Ziz (Er-Rachidia, My Ali Cherif, Tinjdad, Goulmima) ;
- L'oasis de Figuig



Figure 16 : Les Régions Oasiennes du Maroc

Source: IOSR Journal of Agriculture and Veterinary Science (IOSR-JAVS)

II. Situation Géographique et Cadre Administratif de Draa Tafilalet

II.1 Situation Géographique :

La région de Drâa-Tafilalet s'étend sur une superficie de 88.836 Km², soit 12,5% du territoire national et 46% de la superficie des zones oasiennes marocaines (les communes oasiennes de la région occupent 78.290 km²). Elle est limitée au Nord par la région de Fès-Meknès et la région de Béni Mellal-Khénifra, à l'Est par la région de l'Oriental et l'Algérie, à l'Ouest par la région de Marrakech-Safi et la région de Souss-Massa et au Sud par l'Algérie. Cette région à prédominance oasienne à 88% regroupe le **bassin versant du Draa** qui correspond au haut bassin de l'Oued Drâa situé en amont du barrage Mansour Eddahbi, à la moyenne vallée du Draa et celui du **Ziz- Rhéris** correspondant aux bassins versants des deux oueds Ziz et Rhéris.

II.2 Cadre Administratif :

Selon le Recensement Général de la Population et de l'Habitat (RGPH) de 2014, la région de Draa Tafilalet compte 1.635.008 habitants dont 34,30% sont urbains, taux nettement inférieur au taux national (60,36%) ; la densité est de 18,4 habitants au km², très inférieure par rapport à la moyenne nationale (47,6 hab./km²). La région regroupe sur le plan administratif **cinq provinces : Errachidia, Midelt, Tinghir, Ouarzazate et Zagora, 125 communes** dont 16

en milieu urbain et 109 en milieu rural. Elle comprend les provinces du Drâa de l'ancienne région Souss-Massa-Drâa ainsi que les provinces du Tafilalet de l'ancienne région de Meknès-Tafilalet. Le chef-lieu de la région est la province d'Errachidia.

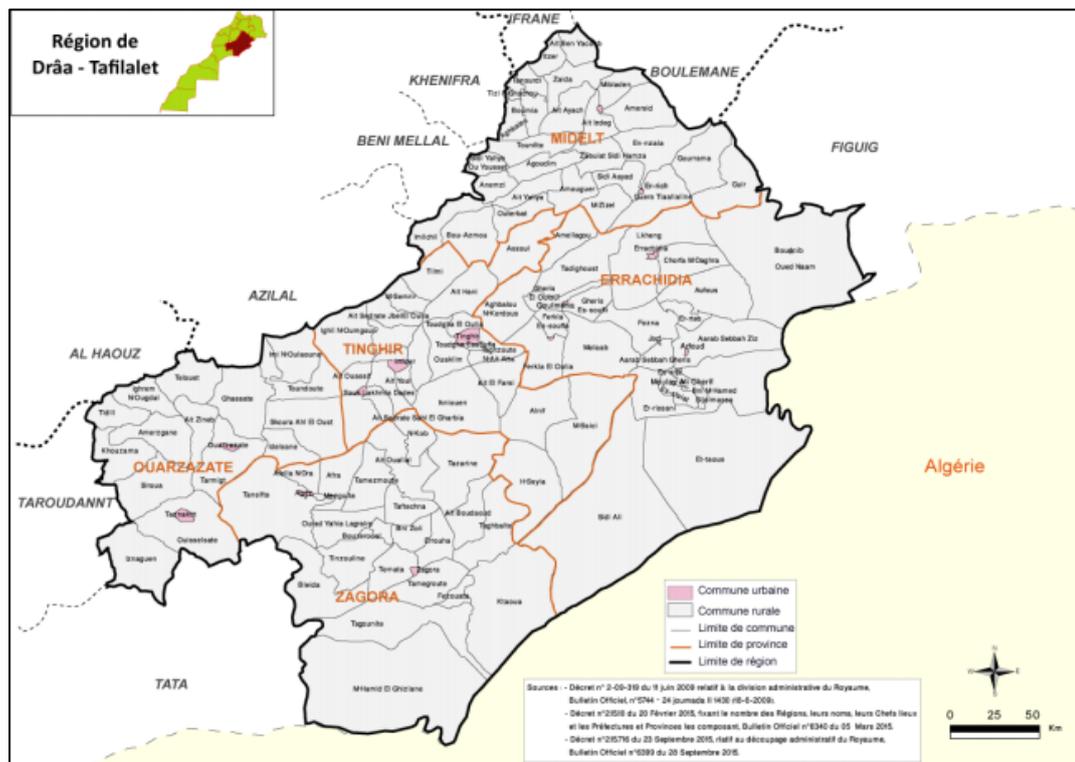


Figure 17 : Situation Géographique et Cadre Administratif de Draa Tafilalet

Source : Monographie de la Région de Draa Tafilalet

III. Données Physiques

III.1 Climat

La situation géographique de la région de Drâa Tafilalet confère à cette dernière un climat semi-désertique caractérisé par :

- Un écart thermique important entre les températures très élevées de l'été (42°C comme moyenne et celles très basses de l'hiver (-0,5°C comme moyenne).
- Des précipitations faibles et réparties de façon irrégulières dans le temps et dans l'espace. La majorité du territoire rassoit moins de 100 mm de pluie par an.
- Des vents enregistrant des vitesses supérieures à 57.6 km/h au mois de Mai, Juin Juillet et Aout.

IV. Démographie

Selon le Recensement Général de la Population et de l'Habitat (RGPH) de 2014, la région de Drâa-Tafilalet compte 1.635.008 habitants soit 4,83% de la population nationale, contre 1.491.580 en 2004 ;34% sont urbains.

Tableau 5: Population des provinces en 2014 de la région Draa-Tafilalet

		Ménages	Population	Etrangers	Marocains
Région	Drâa Tafilalet	277 998	1 635 008	796	1 634 212
Provinces	Er-Rachidia	75 264	418 451	212	418 239
	Midelt	59 718	289 337	70	289 267
	Ouarzazate	54 959	297 502	281	297 221
	Tinghir	49 990	322 412	111	322 301
	Zagora	38 067	307 306	122	307 184

Source : Haut-Commissariat au Plan, Recensement Général de la Population et de l'Habitat, 2014

V. Activités Socio-économiques

L'économie de la région de Drâa Tafilalet repose essentiellement sur le secteur tertiaire avec 61% de la richesse tandis que le secteur primaire ne participe qu'en raison de 20% et le secondaire, avec 19%. Dans le secteur tertiaire, compte tenu des particularités climatiques et territoriale de la région, l'agriculture (et les activités y afférentes) et l'élevage jouent un rôle essentiel dans cette économie de même que l'extraction des minerais qui contribuent également d'une manière remarquable dans le développement socioéconomique de la région.

V.1 Agriculture

La superficie agricole utile dans la région de Draa Tafilalet totalise 241000 ha, dont 154000 ha irrigués, le tout réparti sur 151270 exploitations agricoles sur l'ensemble des cinq provinces de la région (Errachidia, Tinghir, Midelt, Zagora et Ouarzazate) (*secteur de l'eau au Maroc, Mai 2019, Sabrina Belhouari*).

En termes de production agricole, les principales productions de la région se composent de céréales, de cultures maraichères, de légumineuse, de Henné, de Luzerne, de Palmier dattier, d'Olivier, de Pommiers et bien d'autres espèces arboricoles. La zone du Tafilalet est le berceau de la variété noble de dattes « Majhoul », fruit d'un savoirfaire local, et dont la recherche moderne, n'a pas pu jusqu'à présent créer de génotype pareil.

- **Elevage**

L'étendue des parcours ainsi que les conditions naturelles ont conféré à la région une vocation pastorale plus qu'agricole. En effet, l'élevage constituait l'activité principale de la population locale et continue d'être la principale source de revenus des éleveurs. La région est à caractère pastoral (ovins et caprins surtout) avec un troupeau de 1971.4 milliers de têtes. Le patrimoine animal de la région composé des espèces suivantes :

Tableau 6: Effectif du cheptel par province

Année 2012, en Milliers de têtes	Caprins	Ovins	Bovins
Ouarzazate et Zagora	414,3	689,3	55,9
Er-Rachidia et Tinghir	320,0	453,6	38,2
Région de Drâa -Tafilalet(Midelt exclu)	734,3	1 143,0	94,1

Source : Ministère de l'Agriculture et de la pêche Maritime, 2013

V.2 Mine

Le secteur minier joue un rôle primordial dans le développement économique de la région. En effet, la région contient une gamme variée de produits miniers tels que l'or, le cuivre, la barytine, l'argent, le manganèse, le cobalt, l'oxyde de fer, le marbre, le talc, le mica, le plomb, le zinc, l'antimoine, le fluorine, et le feldspath, et sur une quarantaine d'exploitations(*Source : Ministère de l'Energie, des Mines, de l'Eau et de l'Environnement, annuaire statistique du Maroc 2013*) minières industrielles au Maroc, quatre des plus importantes (Imiter, Bouazzar, Imini et Mestadem) sont situées dans la province de Ouarzazate et une (Jbel Abdellah) au niveau de la province d'Errachidia.

V.3 Tourisme

La région se distingue par sa diversité culturelle et naturelle, ainsi que par ses nombreux atouts susceptibles d'augmenter sa capacité attractive en matière de tourisme. En effet, la position géographique de la région, son passé historique, la diversité des composantes humaines, culturelles et naturelles, sont autant d'atouts lui procurant une vocation touristique de premier choix. La région offre un tourisme culturel exceptionnel qui se manifeste par le patrimoine architectural et historique illustré par les ksours et casbahs, par la richesse des mœurs et coutumes observées au niveau des différentes tribus de la région, ce qui a contribué à l'enrichissement de la civilisation qu'a connu le grand Tafilalet, berceau de la dynastie alaouite et carrefour du commerce caravanier transitant autrefois par la ville de Sijilmasa vers l'Afrique.

VI. Infrastructure de base

VI.1 Assainissement liquide

Les régions oasiennes, Drâa Tafilalet y compris, comme dans la majorité des régions constituant le milieu rural Marocain n'ont pas encore totalement accès à l'assainissement liquide. La proportion des ménages urbains ayant accès à un réseau d'évacuation des eaux usées est passée de 74,2% en 1994 à 88,5% en 2014, selon les résultats du dernier recensement général de la population et de l'habitat de 2014. Si on inclut la population disposant de fosses septiques, la proportion des ménages urbains ayant accès à un système d'assainissement amélioré est passée de 90,0% en 2004 à 97,3% en 2014. Cependant, le milieu rural continue d'enregistrer un énorme retard dans ce domaine, car la part des ménages ayant accès à un réseau d'évacuation des eaux usées est de seulement 2,8% en 2014. La part de la population rurale ayant accès à un système d'assainissement amélioré (avec fosses septiques) est passée de 38,1% en 2004 à 53,3% en 2014. (Source : Recensement général de la population et de l'habitat de 2014-Haut-Commissariat Au Plan)

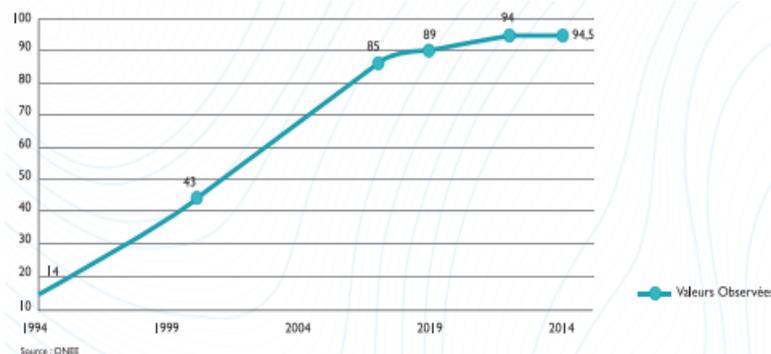


Figure 18: Evolution du taux d'accès à l'assainissement dans le milieu urbain (ONEE)

VI.2 Accès à l'eau potable

En milieu rural, depuis le lancement du Programme d'approvisionnement groupé en eau potable rural (PAGER), le taux d'accès à l'eau potable est passé de 14% en 1994 à 85% en 2007 pour atteindre 94,5% à la fin de l'année 2014. La population bénéficiaire cumulée est passée de 3,4 millions d'habitants en 1995 à 12,6 millions en 2012. L'investissement global cumulé durant la période 1995-2012 a atteint près de 13,5 milliards de dirhams. (*Source : Recensement général de la population et de l'habitat de 2014-Haut-Commissariat Au Plan*). Néanmoins, dans la région de Drâa Tafilalet, cette ressource naturelle demeure très rare et est caractérisée par une irrégularité de répartition dans l'espace. En effet, la région est très déficitaire en matière de ressources en eau, la population a développé des techniques d'exploitations des eaux des sources d'eau qui accusent d'importantes fluctuations saisonnières et inter annuelles et de fortes baisses des réserves renouvelables à cause des périodes de sécheresse successives et prolongées et des nappes phréatiques, notamment les Khetaras en tant que technique de mobilisation des eaux souterraines vers les oasis.

En 2011, la production de l'eau potable par l'Office National de l'Eau et de l'Electricité (ONEE) qui gère le réseau dans la région s'est élevée à 24 millions de m³. Au cours de la même année, ses ventes se sont établies à 16 ,9 millions de m³. Quant aux abonnés consommateurs, leur nombre s'est élevé à 161.407 abonnés en 2011 représentant 10,5% du total des abonnés au Maroc.

Outre les contraintes environnementales liées aux conditions climatiques marquées par la sécheresse, le faible taux des précipitations et le degré élevé d'évaporation, la région de Drâa-Tafilalet développe de plus en plus des activités agricoles consommatrices d'eau, en plus d'autres activités, en l'occurrence le tourisme et les services socio-économiques de l'Etat.

Tableau 7:Activité de l'Office National de l'Eau Potable selon la province de la Région de Drâa-Tafilalet en 2011

En milliers de mètre cube(m ³)	Nombre d'abonnés consommateurs	Ventes		Production
		Aux abonnés consommateurs	Aux régis	
Région de Drâa-Tafilalet	161 407	16 909		24 830
Ouarzazate	25 190	3 545	-	5 352
Tinghir	14 026	1 470	-	2 299
Zagora	18 839	2 031	-	2 919
Er-Rachidia	72 765	7 312	-	11 050
Midelt	30 587	2 551	-	3 210
Total Maroc	1 545 251	171 761	628 918	927 567

Source : Annuaire Statistique du Maroc, Office National de l'Electricité et de l'Eau Potable,2013

VI.3 Santé

La région dispose de 9 hôpitaux généraux et trois hôpitaux spécialisés, 26 centres de santé urbains, 192 centres de santé ruraux. Le nombre total de lits est de 1.165, soit 1 lit pour 1.403 habitants (contre 1 lit pour 991 habitants au niveau national). La région est donc sous dotée en

la matière. Outre ces structures, la région dispose d'un secteur privé composé de 56 cabinets privés de consultation médicale, 179 pharmacies et 26 cabinets dentaires.

Tableau 8: Capacité litière théorique des hôpitaux publics-2013

Provinces	Hôpitaux Généraux		Hôpitaux Spéciaux		Total	
	Nombre d'hôpitaux	Nombre de lits	Nombre d'hôpitaux	Nombre de lits	Nombre d'hôpitaux	Nombre de lits
Ouarzazate	1	319	1	82	2	401
Tinghir	1	47			1	47
Zagora	1	96			1	96
Er-Rachidia	3	476	2	494	5	513
Midelt	1	108			1	108
Total Région	7	1046	3	576	10	1165

Source : Ministère de la Santé, Carte Sanitaire, 2013

VI.4 Electricité

La production d'électricité dans la région a atteint en 2012, 487,6 millions de KWh (soit 1,8% de la production nationale), avec une augmentation de 17% par rapport à 2010.

Comme la majorité des régions du monde rural, le besoin d'extension du réseau aux périphéries causé par la croissance rapide et non maîtrisée de l'urbanisation induit à quelques problèmes au niveau de la distribution. En effet, l'extension du réseau doit faire face aux contraintes liées à la dispersion de l'habitat et au relief accidenté, auxquelles s'ajoute la faible demande d'énergie des noyaux ruraux puisque les activités de ces derniers sont peu consommatrices d'énergie électrique. En ce sens, beaucoup d'efforts ont été déployés par l'Etat et les collectivités locales, ces dernières années à travers un certain nombre de programmes surtout le Programme d'Electrification Rurale Global (PERG) qui a eu des effets positifs sur le taux d'électrification rurale. A fin avril 2014, le nombre des villages mis sous tension dans le cadre de ce programme, a atteint 2.407 villages, ce qui représente 6,6% du total des villages marocains mis sous tension.

VI.5 Réseau Routier

Le réseau routier est peu dense comparé aux autres régions du Royaume. Néanmoins, la région de Drâa-Tafilalet dispose d'un important réseau routier qui s'élève à 4.087 Km, réparti comme suit :

- Routes Nationales : 1512,23 Km
- Routes Régionales : 805,27 Km
- Routes Provinciales : 1581,77 Km

La province de Ouarzazate est la mieux dotée avec un réseau d'une longueur de 1.620 Km dont 26.4 % de routes nationales, 19.3 % de routes régionales, et 54.3% de routes provinciales. Vient ensuite la province d'Errachidia qui dispose d'un important réseau routier qui s'élève à 885.3 Km, dont 83.9 % est revêtu. La densité spatiale est de 4,6 km/100 km², inférieure à la valeur nationale qui est de 8 km/100 km². Pourtant, la densité par rapport à la population (km/1000 habitants) dépasse la moyenne nationale (2,5 contre 1,3).

VI.6 Enseignement

Au niveau de l'enseignement préscolaire, la région dispose de 1.415 établissements d'enseignement préscolaire avec comportant 233 crèches et 1.182 écoles coraniques.

Les **établissements scolaires** quant à eux se composent de 649 écoles primaires, 133 collèges et 75 lycées répartis sur le territoire régional. Elle abrite également un personnel enseignant estimé à 12.730 personnes dont 28,6% de femmes (tous cycles confondus).

En 2013-2014, le nombre d'**établissements de l'enseignement secondaire** collégial public a atteint 116 établissements dont 87 sont localisés en milieu rural couvrant d'une manière presque égale toutes les provinces de la région.

Selon le RGPH 2014, le taux de scolarisation des enfants âgés de 7 à 12 ans est de 96,2%. Ce taux est plus élevé chez les garçons avec 96,7% que chez les filles où il est estimé à 95,6%. Ces chiffres placent la région à la 4ème position des régions marocaines. Le taux d'analphabétisme pour la population de moins de 10 ans est de 34%. Ce chiffre s'élève à 45,1% chez les femmes contre seulement 22% chez les hommes. Ce taux est d'environ 32% au niveau national.

Chapitre 4 : Initiative de protection et Mise en Valeur de la région oasienne

I. Introduction

Les pays désertiques ou semi-désertiques sont très exposés au changement climatique dont le Maroc ne fait pas l'exception. D'ailleurs, au cours de ces dernières décennies, les projections issues des données météorologiques montrent des signes qui annoncent des impacts néfastes du changement climatique qui abattront sur le Maroc dans un avenir proche ou lointain :

- Fréquence et intensité des sécheresses ;
- Inondations dévastatrices inhabituelles ;
- Réduction de la durée d'enneigement des sommets du Rif et de l'Atlas ;
- Modification de la répartition spatiotemporelle des pluies et une décroissance globale ;
- Diminution des quantités de pluies recueillies ;
- Fortes températures estivales.

Certains des signes annoncés n'ont pas tardé à venir ce qui coûte énormément au Maroc sur le plan économique, social et environnemental. A titre d'exemple : en un siècle, le Maroc a perdu 2/3 de ses oasis et cela s'ajoute la raréfaction de l'eau, érosion des sols, diminution de la biodiversité, recul de l'activité agricole.

Malgré que le Maroc continue de subir les effets du changement climatique, sa population continue à augmenter par conséquent une croissance des besoins. Le Maroc a aussi connu plus d'une quarantaine d'années de sécheresse de toute nature accompagnée de variations de températures excessives qui ont marqué le siècle passé. Rien que durant les vingt années c'est-à-dire entre 1980 et 2000, deux sécheresses de 4 années et une de 3 années consécutives ont eu lieu et ont marqué durement sa productivité agricole (chute de plus de 50% des rendements).

Une étude a été menée au Maroc où ils ont eu à analyser les données climatiques de vingt-cinq années, les résultats de cette étude ont montré une grande variabilité du climat du pays, avec des tendances au réchauffement et au déficit pluviométrique. Cette étude a montré une augmentation de la température de l'air de plus de 0,6 à plus de 1,4. Les prévisions de 2020 de cette étude ont donné les résultats suivants :

- Une tendance nette l'augmentation de la température moyenne annuelle comprise entre 0.6°C et 1.1°C.
- Une tendance à la réduction moyenne du volume annuel des précipitations de l'ordre 4% en 2020, par rapport à l'année 2000.
- Une augmentation de la fréquence et de l'intensité des orages frontaux et convectifs dans le nord et à l'ouest de la chaîne de l'Atlas.
- Une augmentation de la fréquence et de l'intensité des sécheresses dans le sud et à l'est du pays
- Un dérèglement des précipitations saisonnières (pluies d'hiver concentrées sur une courte période).
- Une réduction de la durée d'enneigement et un retrait du manteau neigeux (migration en altitude de l'isotherme 0°C et accélération de la fonte des neiges).

Voici quelques résultats des études menées par **MOSAICC MAROC** en partenariat avec **FAO** sur le changement climatique au Maroc :

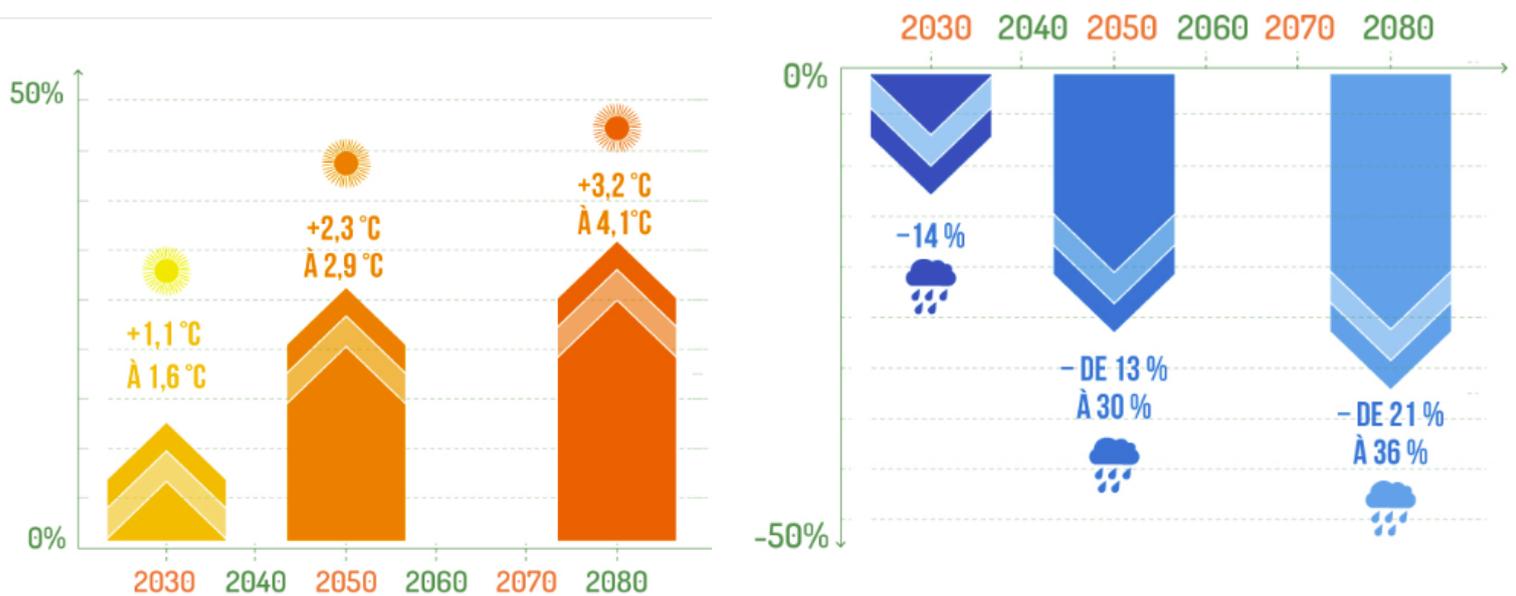


Figure 19: variation de la température et de la pluviométrie dans les décennies à venir

Source : MOSAICC MAROC

Les effets de ces changements sont plus accentués au niveau des zones oasiennes.

Oasis Marocaines

C'est une zone aride à semi-aride avec une précipitation très irrégulière d'une année à une autre. La précipitation moyenne annuelle est à peine 132mm. Cependant, dans certaines vallées, on trouve des microclimats caractérisés par une atténuation de l'aridité due à la présence de la végétation et à la protection de ces vallées par des hauts reliefs et c'est dans ces zones que regroupe la population. Les crues dans cette zone sont très irrégulières et très violentes et peuvent causer d'importantes dégâts matériels et humains. Elles résultent d'épisodes pluvieux, orageux et localisés. Elles sont plus fréquentes au fur et à mesure que l'on se déplace d'Est en Ouest. Contrairement aux précipitations, la température est régulière d'une année à l'autre et sa pointe est remarquée pendant l'Eté. La variabilité interannuelle est très forte. Le caractère inéluctable de la succession des inondations et de la sécheresse marque les esprits. Les agriculteurs vivent à la fois dans l'attente d'une pluie bienveillante et dans la crainte des effets discontinus des crues et des sécheresses.

Les vents, par leur puissance, augmentent le pouvoir évaporant de l'atmosphère et activent le transport des sables qui menacent les sites de grande valeur (Ksour, routes, terrains agricoles, infrastructures d'irrigation, ...). Cette situation confère à la zone les caractéristiques globales suivantes : aridité du climat et pauvreté des sols ; influences sahariennes très dures : érosion éolienne, vents de sable, sécheresse et désertification ; insuffisance de ressources hydriques souterraines, importance de l'évaporation et de l'évapotranspiration ; une remarquable diversité de la faune et de la flore, caractérisée par une dominance d'espèces endémiques.

Les régions oasiennes présentent une diversité biologique, culturelle et architecturale remarquable, offrent des paysages exceptionnellement riches et variés, jouent de nombreuses

fonctions environnementales et fournissent une multitude de biens et services de nature sociale, écologique ou économique. Elles possèdent des opportunités et des potentialités qui sont à la base du développement de plusieurs activités humaines telles que l'agriculture, le parcours, le tourisme, l'artisanat et l'industrie. Cependant, ces potentialités se trouvent dans une situation contraignante et un environnement fragile. Les conditions climatiques sévères, la faible capacité de résilience et la rareté de l'eau ont amené l'homme à y pratiquer un système de production traditionnel et vivrier qui a permis de développer un savoir-faire traditionnel dans la mobilisation de l'eau (khettaras, ...), dans la pratique de l'agriculture (adoption d'un système intensif à 3 étages de végétation associé à l'élevage et à l'artisanat) et dans la gestion des ressources naturelles. En plus des aléas climatiques, l'augmentation rapide de la population a provoqué un changement dans le mode de vie de la zone : il y a de plus de pression sur les ressources naturelles. Cette pression s'est traduite par une intensification de l'agriculture et un pompage excessif d'eau à partir des nappes souterraines. Le gaspillage de cette ressource rare est d'autant plus grave qu'elle est utilisée pour irriguer souvent des spéculations agricoles à très faible productivité économique et en utilisant des méthodes traditionnelles d'irrigation (gravitaire) qui sont caractérisées par un gaspillage important de la ressource. De cet état de fait résultent la dégradation du sol, le dessèchement des palmiers, le tarissement des Khettaras et la surexploitation des ressources hydriques, avec pour conséquence la perte de productivité agricole et d'agro-biodiversité. En plus de la pénurie d'eau, les attaques virales telles que le « Bayoud » constituent des menaces sérieuses pour l'avenir de tout l'écosystème oasien, barrière végétale et microclimatique naturelle contre l'avancée du désert.

Ces potentialités méritent d'être sauvegardées afin d'instaurer une économie durable. Cette sauvegarde doit être soutenue par des projets. Il y a quelques années le Maroc a mené quelques projets dans cette zone afin de réinstaurer zone. Mais cette intervention de l'Etat s'est multipliée après la COP22 de 2016 où plusieurs projets ont été mise en place le Maroc lui-même ou en partenariat avec des bailleurs de fond internationaux.

II. Intervention Marocaine

Après l'indépendance, le Maroc a mis sur pieds des programmes de gestion des ressources en eau comme la construction des barrages, les transferts d'eau entre bassins versants visant rééquilibrer l'accès à l'eau potable. De ces programmes, a résulté PAGER (Programme d'Approvisionnement Groupé en Eau potable en milieu Rural), ce programme a presque atteint ses objectifs : le taux de desserte était en 2000 d'environ 80% (94 % en 2013) sachant que les agglomérations urbaines sont déjà dans une situation satisfaisante en matière de couverture. D'un autre côté, il fallait mener un programme d'assainissement en parallèle avec PAGER. Ce programme a donc donné naissance au PNA (Programme National d'Assainissement Liquide et d'Épuration des Eaux usées) qui a d'ailleurs été une étape importante de gestion intégrée des ressources. Le PNA a été élaboré en 2005 et visait le raccordement de 80 % de la population urbaine aux réseaux d'égouts et de rabattre la pollution d'au moins 60 % à l'horizon 2020. Ce programme a bénéficié prioritairement aux centres urbains et semi-urbains. Les centres ruraux ont également bénéficié de projets d'assainissement liquide dans son cadre mais avec un taux très faible. L'impact dans les centres ruraux est certes réduit, mais a pu au moins introduire la nécessité d'assainir également le milieu rural. La réalisation de réseau classique étant la technologie qui a prévalu dans le PNA.

Après le PNA qui est dédié essentiellement aux milieux urbains et semi-urbains, les autorités marocaines ont mis en place un autre programme pour assainir les centres ruraux et c'est dans ce cadre est né le Programme National d'Assainissement Liquide en milieu Rural (PNAR).

II.1 Programme National d'Assainissement Liquide en milieu Rural (PNAR)

Le Programme National d'Assainissement Liquide en milieu Rural a été mis sur pieds en vue de réaliser des investissements nécessaires au développement du secteur de l'assainissement liquide en milieu rural afin d'apporter un maximum de confort, d'éradiquer la défécation dans la nature, améliorer le taux d'équipement des ménages ruraux et l'amélioration du taux de dépollution à l'horizon en 2040.

II.1.1 Objectif du programme

Pour la réalisation des objectifs du PNAR l'horizon a été fixé à l'année 2040 en partant d'un démarrage effectif en 2015.

Les objectifs fixés pour le PNAR sont axés sur les points suivants :

Éradication de la défécation dans la nature d'ici **2035** : Tous les logements en milieu rural disposent d'un lieu d'aisance assurant confort, intimité et réduction de l'exposition aux matières fécales ;

Taux d'équipement adéquat des ménages ruraux de **100%** : Equipements de tous les centres et douars par un système conforme à une des solutions acceptées dans le catalogue du PNAR pour le contexte concerné ;

Taux de dépollution de 50 % : Un traitement de toutes les eaux usées en milieu rural serait de plus très coûteux pour un impact très limité. Ce taux est variable selon les systèmes installés mais ne peut être globalement en deçà de 50 % en respectant les normes de rejet en vigueur. En effet, une part non négligeable des eaux usées non traitées en milieu rural n'a pratiquement aucun impact sur la santé et c'est le cas de contextes spécifiques où la diffusion ou dilution de la charge organique est forte, où l'habitat est dispersé (faible exposition aux matières fécales), où il n'y a pas de ressource vulnérable, etc. Dans ces contextes, il est bien plus productif d'améliorer le confinement des eaux usées que de vouloir les traiter.

II.1.2 Consistance du PNAR

Choix techniques

Le choix d'un système d'assainissement n'est pas uniquement lié à la taille de la localité (densité, pentes et terrain font aussi partie des critères), mais elle reste déterminante.

Plus les centres ruraux sont de grande taille et plus denses, l'assainissement collectif devient une solution pertinente et sa mise en œuvre est très similaire à ce qui se fait actuellement dans le cadre du PNA. C'est le cas des centres chefs lieu des communes (CLC) et des douars de plus de 1 500 habitants. Contrairement aux centres dispersés, l'assainissement collectif est loin d'être une solution envisageable. Dans ce cas, l'assainissement individuel s'impose pour les douars de moins de 500 habitants sauf au cas où les habitations sont regroupées l'assainissement collectif permettrait d'économiser sur l'investissement.

Coûts unitaires des systèmes d'assainissement

Pour évaluer les besoins en investissement du PNAR, plusieurs facteurs ont été pris en compte vue leur effet sur l'évolution des couts. Ces facteurs sont : le contenu exact des travaux, les

particularités de certains villages, coût de logistique et ainsi que le coût relatif aux mesures d'appui-conseil.

Tableau 9: Coûts unitaires des systèmes d'assainissement

Nature des équipements	Coût unitaire (en Dhs/habitant)
Équipements collectifs	3 900
Équipements semi-collectifs	2 400
Équipements individuels	2 100

II.1.3 Investissement du PNAR

L'évaluation du besoin en investissement nécessaire à la réalisation du PNAR concerne les points suivants :

- Coût d'investissement en équipements individuels ou semi-collectifs ou collectifs ;
- Le coût des études, des mesures d'appui-conseil pour le développement des capacités nécessaires, les campagnes de sensibilisation et l'accompagnement de la mise en œuvre du programme. Le coût relatif à ses prestations représente 5% du coût d'investissement du projet.

En tenant compte de l'ensemble de ces facteurs, le besoin en investissement (à l'horizon 2040) du PNAR a été estimé à l'ordre de 43 milliards de Dirhams hors taxes.

Tableau 10: détail d'investissement du PNAR

II.1.4 Financement du PNAR

Centres et douars	Système	Nombre de douars et centres	Population concernée	Ménage	Coût d'investissement (MDH) HT
CLC	Collectif	1 207	2 236 470	447 294	8 722
	Collectif	1 063	2.583 211	447 251	10 075
Douars	Semi-collectif	7 337	5 856 807	961 770	14 056
	Individuel	23 750	4 871 744	810 533	10 231
Total	-	33 357	15 548 232	2 666 848	43 084

Le financement du projet est assuré par plusieurs acteurs : Etat, Agence de Développement, ABH, opérateurs, Collectivités Territoriales et bénéficiaires. Les Coûts d'exploitation sont généralement assurés par les usagers mais les coûts d'investissement par contre sont assurés par le pouvoir public.

Répartition du financement en fonction de la nature de l'équipement

Voici la proportion de chaque acteur du projet dans le financement :

Tableau 11: Répartition du financement en fonction de la nature de l'équipement

Équipement individuel	Equipement collectif et semi-collectif	
	Option 1 : gestion à travers un opérateur	Option 2 : Gestion directe
L'Etat et les Collectivités territoriales prennent en charge : <ul style="list-style-type: none"> • L'Assistance technique ; • L'établissement des plans guides ; • La vidange des fosses septiques. • 30% de l'investissement Bénéficiaire : 70% de l'investissement	Etat et Collectivités territoriales : 65 % ; Opérateurs : 30 % ; Usagers : 5 %.	Etat : 80 % ; Collectivités territoriales : 15 % ; Usagers : 5 %.

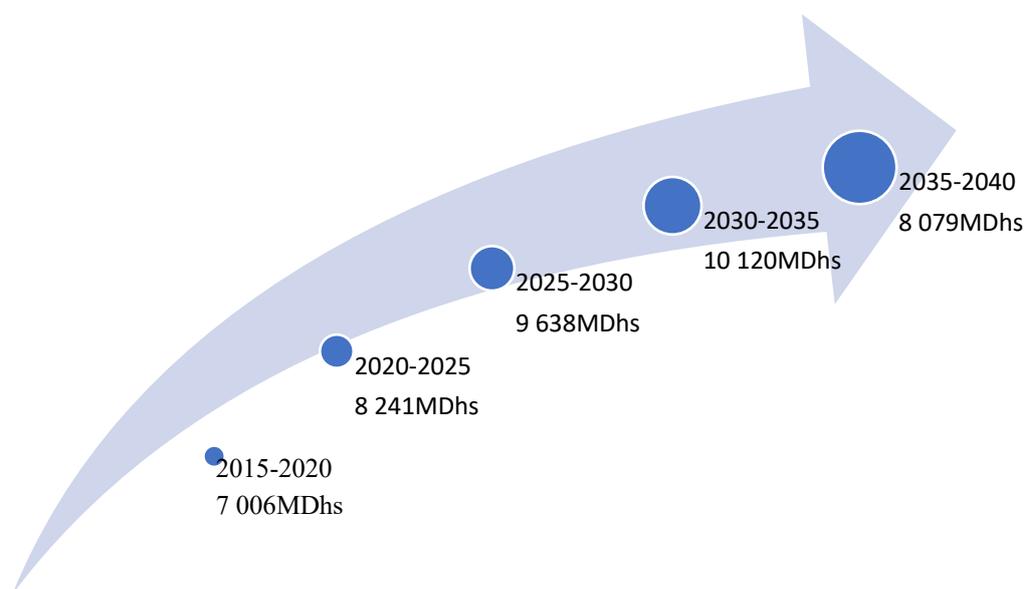


Figure 20: Financement prévisionnel du PNAR

II.2 Programme national de l'assainissement liquide mutualisé (PNAM)

Au moment de l'élaboration de chaque programme (PNA, PNAR ...), il y avait une exclusivité c'est-à-dire chaque programme traitait un domaine spécifique. Mais pour une gestion intégrée, les autorités marocaines ont jugé nécessaire de fusionner les programmes tel est le cas du PNA et du programme de traitement des eaux usées. En 2018, le PNA et le programme de traitement des eaux usées ont fusionné pour donner naissance au PNAM (programme national de l'assainissement liquide mutualisé). Le PNAM couvre à la fois le milieu rural et le milieu urbain. Il est la nouvelle version du PNA et d'après Mme Nezha El

Ouafi, secrétaire d'Etat chargée du Développement Durable, le PNAM sera entamé en 2019 et concernera 154 villes et 1207 centres émergents dans le monde rural.

II.2.1 Objectifs du programme

Les objectifs du programme sont axés sur les points suivants :

- Atteindre en milieu urbain, un taux de raccordement aux réseaux d'assainissement liquide de 80% avec une réduction de la pollution de 60% à l'horizon 2020 ;
- Atteindre au niveau des centres chef lieux des Communes rurales un taux de raccordement de 50% et un taux d'épuration de 40% en 2030 ;
- Atteindre un volume d'eau usée réutilisable de 474 Millions de m³/an à partir de 2030 ;
- Atteindre 1 milliard de mètres cubes d'eau traitée à l'horizon 2040. Les eaux usées traitées seront destinées à l'irrigation des espaces verts ainsi qu'à l'agriculture.

II.2.2 Financement du programme

Le budget alloué à ce programme a été estimé à une valeur de 42,76 MDH repartit dans le temps de la façon suivantes :

- 19,29 MDH sur la période 2018-2025
- 9,4 MDH sur la période 2026-2030
- 14,05 MDH sur la période 2031-2040

III. Intervention Marocaine en Partenariat avec les bailleurs de fond internationaux

Les programmes d'assainissement liquide et de traitement des eaux usées ne peuvent pas à eux seuls atténuer les effets du changement climatique et offrir une économie prospère surtout dans les zones les plus touchées. C'est ainsi que le Maroc en partenariat avec les bailleurs de fond internationaux s'est engagé dans d'autres programmes comme le Programme Oasis Tafilalet (POT) et Projet d'adaptation aux changements climatiques dans les zones oasiennes (PACC-ZO)

III.1 Programme Oasis Tafilalet (POT)

C'est un programme qui a été en 2006 et qui a pris fin en 2016. Il s'est articulé sur les points suivants : Environnement et développement durable, consolidation de la gouvernance démocratique, approche genre, lutte contre la pauvreté et les vulnérabilités dans la province d'Errachidia.

Le budget qui était alloué à ce programme est de **113 131 766** MAD et les bailleurs de fond sont : DAT, PNUD, ONU Femmes, AFD/FFEM, FDR, ADS, DGCL, Coopération Suisse, Gouvernement Japonais, Principauté de Monaco, UNESCO...

Le programme était repartit en neuf thématiques et chaque thématique était couvert par des projets.

Tableau 12: Détails des thématiques du POT

Thématique	Nombre de projets	Coût d'investissement (Dhs)	Quelques retombés des projets
Patrimoine	6	27 183 695	8860 journées de travail créées à fin novembre 2013 ; Des milliers d'emplois créés
Eau	13	12 277 914	Protection de 6500 habitants / 216 hectares contre les inondations et l'érosion ; Amélioration des conditions d'irrigation d'une superficie de 321 hectares.
Énergie solaire	7	1 502 515	Taux de réduction du coût du m ³ d'eau pompée d'environ 400% (0.42 DH /m ³ à 0.1 DH/m ³).
Renforcement des capacités	7	5 225 786	Accès plus facile des 8 communes aux données socio-économiques et environnementales
Écotourisme oasien	15	8 671 171	7 nouveaux investissements en matière d'écotourisme dans le territoire de la Route du Majhoul entre 2006 et 2014.
Terroir	16	6 697 205	618 personnes encadrées et formées en matière de PAM (Production et valorisation) dont 40% de femmes.
Agroécologie	6	3 580 730	Renforcement des capacités de 15 ONG travaillant dans le domaine des PAM : 30% féminines, 10% d'hommes et 60% mixtes.
Education	3	324 969	400 élèves sensibilisés sur l'éducation à l'environnement et 80 élèves formés sur les techniques de compostage.
Communication et gouvernance	16	11 821 986	La qualité des supports de communication produits et leur diversité ont permis de communiquer sur de nombreux aspects du programme et de valoriser les projets réussis en vue d'inspirer un grand nombre d'acteurs locaux

Ce programme a redonné vie à une économie qui était presque à l'agonie et a ouvert beaucoup de portes d'opportunités. Voici quelques chiffres clés qui montrent les bienfaits de ce programme : indice de taux de fécondité = 2,9 pour mille ; taux de natalité = 29 pour mille ; taux de mortalité infantile = 50,3 pour mille et **22 855** personnes ayant enregistré une

amélioration de leurs conditions de vie, l'équivalent de **1077** emplois à plein temps (628 pour les femmes et 449 pour les hommes).

III.2 Programme d'Adaptation aux Changements Climatiques de la Zone Oasienne (PACC-ZO)

III.2.1 Contexte et enjeux du projet

C'est un projet qui se focalise sur les effets du changement climatique dans les zones les plus touchées. Il a été mené dans la zone oasienne principalement dans les régions Tafilalet et du Sous Massa Draa. Ce projet se situe dans trois contextes :

Economie : dans la zone oasienne la combinaison agriculture-élevage constitue la principale activité économique et générant l'essentiel des revenus des populations résidentes et occupant l'essentiel de la population active.

Avec une économie aussi fragile et menacée par le changement climatique, la population n'a pas le choix d'émigrer dans les autres régions ou à l'étranger pour aller travailler afin de soutenir cette économie.

Démographie : la population dans la zone de projet est répartie le long des principaux cours d'eau traversant le bassin formé par les oueds Taghbalte, Hssia, Fezzou et Mcissi ainsi que sur les principaux affluents. Plus de la moitié de la population se concentre dans les sous-bassins situés en amont. Ainsi, Alnif, Tazarine et Hssia, représentent respectivement 25%, 17% et 14% de la population totale de la zone de projet. Le taux de croissance dans les milieux ruraux diminue et augmente dans centres urbains ceci s'explique par la migration au niveau de la zone.

Ressources : dans les années 70, le bilan offre/demande a connu une transformation majeure suite à la sécheresse. Au niveau des ressources, la réduction des apports de surface et souterrains a mis les palmeraies alimentées par les moyens traditionnels (séguias, khetaras) en situation de déficit chronique qui ne peut pas être compensée par les apports de quelques années exceptionnelles, enregistrés depuis (2008). Cette situation a fait que l'exploitation agricole des eaux s'est réorientée vers les cultures hors palmeraies traditionnelles à l'aide des motopompes individuelles (henné, cumin, puis maraîchage), avec des conséquences sur :

- La ressource (réduction du stock d'eau souterraine) ;
- Les coûts d'exploitation (surcreusement, énergie) ;
- Les comportements (érosion des disciplines collectives et développement des attitudes d'exploitation minière impliquant des mouvements fréquents à la recherche de la ressource) ;
- Et sur l'occupation de l'espace (sédentarisation, migrations vers les zones du Nord du bassin).

Dans les zones oasiennes, le changement climatique constitue un véritable problème et particulièrement ressentis à travers les phénomènes suivants :

- Accroissement de l'intensité de l'ensoleillement en période estivale et dérèglement de l'avènement des pluies en automne ;
- Modifications du cycle végétatif des variétés culturales et de leur productivité ;
- Dégradation de la qualité des dattes par des périodes de forte chaleur ou d'averses pluvieuses précoces ; et inondations.

Ce projet a donc été mise en place dans le but d'intervenir aux problèmes que rencontrent les zones oasiennes.

Objectifs du projet

L'objectif globale qui point le projet est d'améliorer la capacité d'adaptation des populations des zones oasiennes face aux impacts du changement climatique.

Les objectifs spécifiques liés à ce projet sont :

- Améliorer les capacités d'adaptation du secteur de l'eau ;
- Diversifier les sources de revenus et améliorer les conditions de vie des populations vulnérables au changement climatique dans les zones cibles ;
- Améliorer la résilience des écosystèmes en réponse au changement climatique et à la variabilité ;
- Améliorer la prise de conscience de tous les acteurs par la gestion et le partage des connaissances ;
- Renforcer les capacités des participants à la conception et la mise en œuvre des mesures d'adaptation.

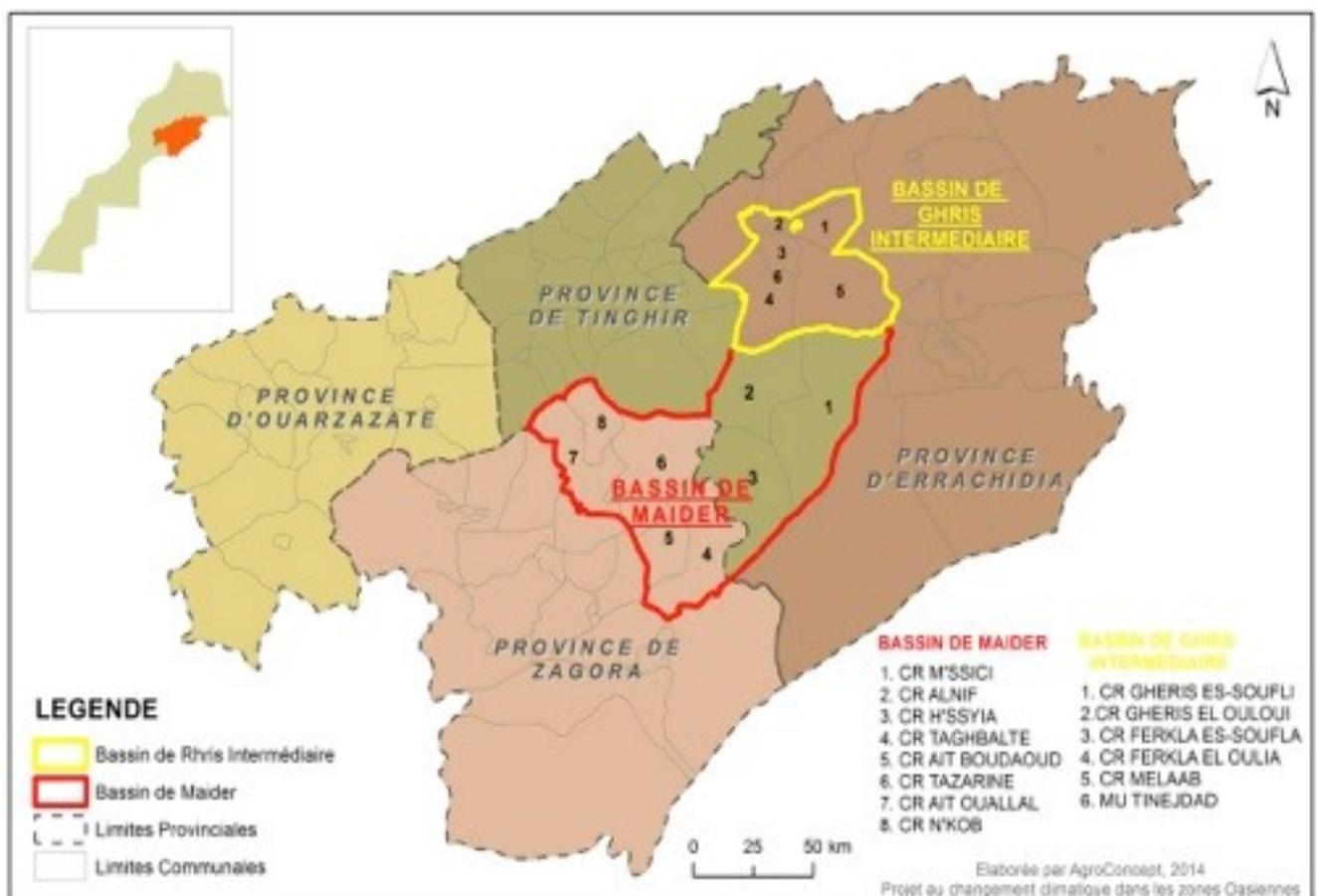


Figure 21: Zone du projet (PACC-ZO)

III.2.2 Composantes du projet et leur budget

Le projet comprend cinq composantes :

Amélioration des capacités d'adaptation du secteur de l'eau :

- ❖ Dans cette première composantes plusieurs travaux sont effectués par exemple : les ouvrages de recharge des nappes sont construits, des ouvrages de protection des périmètres sont construits, des khetaras et seguias sont réhabilitées ... son budget est estimé à **4 000 000** dollars américains ;
- ❖ Diversification des sources de revenus et amélioration des conditions de vie des populations vulnérables au changement climatique dans les zones cibles : dans cette composante, les produits agricoles oasiens sont développés et valorisés, un tourisme durable et responsable face à l'impact du changement climatique est développé... son budget est estimé à **1 775 400** dollars américains ;
- ❖ Amélioration de la résilience des écosystèmes en réponse au changement climatique et à la variabilité : les travaux menés sont : la lutte contre l'ensablement, des techniques de dépollution sont développées...Son budget est évalué à **1 600 000** dollars américains ;
- ❖ Amélioration de la prise de conscience de tous les acteurs par la gestion et le partage des connaissances : les taches à faire sont : Un mécanisme de financement est mis en place, un Conseil local de dialogue sur l'eau est opérationnel... Son budget est de **320 000** dollars américains ;
- ❖ Renforcement des capacités des participants à la conception et mise en œuvre des mesures d'adaptation : concerne les travaux suivants : les bénéficiaires oasiens sont formés aux mesures d'adaptation innovantes, les participants (opérateurs et bénéficiaires) sont formés à la mise en œuvre et à la gestion concertée de projets... Son budget est de **480 000** dollars américains.

Coût global du projet : **95 millions de dirhams sous forme de don du FA**

Durée du projet : 5 ans (2015-2021)

III.2.3 Aspects du projet

Deux grands aspects ont été évoqués lors de mise en place du projet. Ils sont :

1. Aspects relatifs aux mesures d'atténuation des Changements Climatiques CC :
 - La lutte mécanique et biologique pour la protection des oasis contre l'ensablement ;
 - Epuración des eaux usées ;
 - Protection des ressources naturelles via les services communautaires.
2. Aspects relatifs aux mesures d'adaptation des Changements Climatiques CC :
 - Amélioration des capacités d'adaptation du secteur de l'eau : aménagements hydrauliques, système de suivi des ressources hydrauliques... ;
 - Diversification des sources de revenus et amélioration des conditions de vie des populations vulnérables ;
 - Renforcement des capacités des participants à la conception et mise en œuvre des mesures d'adaptation au changement climatique ;
 - Amélioration de la prise de conscience de tous les acteurs par la gestion et le partage des connaissances.

IV. Conclusion

Les programmes menés dans la zone oasienne marocaine ont porté du fruit et continuent toujours à renformer l'économie de la zone. Mais il ne faut pas se réjouir aussi tôt car cette continue toujours à être frappée par les effets du changement climatique dont il doit falloir

renforcer ces programmes. Le renforcement de ces programmes peut se faire par des investissements importants de la part de l'Etat. Ces investissements peuvent se focaliser sur les secteurs comme l'agriculture : instauration des cultures économisant l'eau et du développement d'un système d'irrigation efficient (irrigation localisée).

V. Exemple d'initiatives Innovantes

Pour faire face aux contraintes climatiques ainsi qu'à la pression importante sur la ressource en eau dans les zones oasiennes, certaines initiatives ont été engagées par les associations de la zones épaulées par l'état et en collaboration avec d'autres associations et organismes dans certains cas. Parmi ces initiatives certains ont connus de francs succès tant au plan socio-économique qu'environnemental, et nous pouvons citer le cas :

Des Laveries Collectives (Région de Tafilalet)

Depuis l'utilisation de lessive chimique et l'eau de javel, certains changements en matière de qualité ont été notés dans les eaux qui arrivent au niveau des champs avec des odeurs désagréables à l'aval de la séguia. Évidemment il y a de cela quelques décennies lorsque les femmes utilisaient pour le lavage des produits naturels tels que les plantes savonneuses, argile et cendre, il n'était pas question de ce genre de problème. Ceci a donc poussé les associations locales des 5 oasis en collaboration avec l'association française l'Eau Du Désert et d'autres partenaires tels que le PNUD, l'INDH, l'ORMVA, le Programme des Oasis du Tafilalet, les communes territoriales... à mettre en place un projet de laverie collective moderne. Une telle initiative a été une réussite dans de nombreux Douars de la région de Draa Tafilalet, c'est le cas par exemple au niveau du village de Tabesbaste situé à une quinzaine de km de la ville de Tinghir où à présent toutes les femmes du village ramènent leurs lavages, couverture y compris à la laverie, moyennant un prix de 10 DH pour 10 Kg, ce qui correspond à un seul lavage. Ces femmes se voient donc soulager de ce travail pénible et ont désormais l'opportunité, le lieu et le temps pour développer d'autres activités. Au plan socio-économique un tel projet a permis la création d'emploi (la gestion des laveries) mais aussi un réinvestissement dans un fonds « vert » des revenus financiers générés. Au plan environnemental la laverie collective a permis une dépollution progressive des eaux d'irrigation et des sols de l'oasis en seulement une année, avec une diminution de moitié du volume d'eau potable consommée dans le village qui était utilisé pour des lavages de vêtements à la maison.



Figure 22 : Salle des Machines

Source : Secteur de l'eau au Maroc : Pourquoi faut-il miser sur une gouvernance juste et durable

Chapitre 5 : Traitement des Eaux Usées

I. Généralité

Le terme eaux usées désigne l'ensemble des eaux polluées ou ayant été altérée par l'activité humaine, une définition renchériée par la loi 10-95 selon laquelle elle serait « une eau qui a déjà subi une modification de sa composition et de son état du fait de son utilisation » Cette modification peut être d'ordre physique, chimique ou même biologique en fonction de son origine et pouvant ainsi jouer sur le traitement et l'issu de cette eau. En fonction de leur origine, on distingue 4 grandes familles d'eau usée :

Les eaux usées domestiques : elles se composent des eaux provenant des WC, appelées « eaux vannes » et les eaux ménagères (cuisine, salle de bains, machines à laver), appelées « eaux grises ».

Les eaux usées agricoles : il s'agit des eaux provenant des fermes, exploitations agricoles, cultures qui sont généralement composées de sels minéraux, (azote, phosphore, potassium) qui trouvent leur origine dans des produits utilisés en agriculture tel que les engrais, pesticides, herbicides, purins, lisiers...

Les eaux usées industrielles : leurs caractéristiques sont directement liées aux types d'industries implantées sur la commune.

Les eaux usées pluviales : ce sont les eaux de précipitation collectée par les toits et les trottoirs mais aussi les eaux de ruissellement sur surface imperméable, parcs de stationnement, routes...De par cette surface où l'eau passe elle peut être chargée en matière en suspension, métaux lourds, matière toxique, hydrocarbures, etc...Le niveau de pollution peut être élevé selon qu'il s'agisse de première pluie ou non aussi de l'importance de la pluie en termes de quantité. Par exemple pour une première pluie généralement.

II. Sources d'Energie

Le traitement des eaux usées nécessite de l'énergie pour alimenter la STEP, les stations de révélation ou de mise en pression. Plusieurs sources sont disponibles afin de panier à ce besoin. Le choix d'une source d'énergie dépendant d'un certain nombre de facteurs comme la taille de la STEP, la disponibilité des lignes électriques et l'existence d'une source potentielle d'énergie renouvelable.

Différentes sources

Les énergies solaire, éolienne, hydraulique et l'énergie issue de la valorisation des boues ainsi que d'autres sources peuvent permettre de répondre aux besoins énergétiques du projet.

III. Type de Traitement

Pour la préservation de l'environnement (en cas de rejet) ou une éventuelle réutilisation ces eaux dit usées ou effluents liquides sont sujet à différents procédés de traitement. Ainsi, selon que l'effluent provienne du milieu rural ou urbain il y'a des différences notables telles que la charge, le niveau de dilution, l'espace de traitement. Ce qui induit à l'existence de deux types de procédés de traitement : traitements intensifs et les traitements extensifs.

III.1 Traitement Intensif

Ce sont là des procédés dont le principe consiste à localiser sur des surfaces réduites des micro-organismes et à intensifier les phénomènes de transformation et de destruction des matières organiques que l'on peut observer dans le milieu naturel. Ils sont généralement appliqués au niveau des stations d'épuration urbaine, plus ou moins mécanisé avec des injections de réactifs et d'adjuvant chimique pour accélérer les réactions.

Il en existe quatre types :

- **Les Boues Activées** : Il s'agit là d'effectuer un mélange intime et une agitation des eaux usées avec des boues activée liquide, bactériologiquement très actives, ceci provoquera une dégradation aérobie de la pollution analogue à celle observée dans les milieux naturels lors de l'autoépuration. A la fin de ce processus, on observe la phase « eaux épurées » et celle « boue épuratrice » distinctement séparée (*Agences de l'Eau - 1999*).
- **Les Lits Bactériens** : Son principe consiste à décanter sur masse de matériaux poreux voire cavernaux les eaux usées avant de les laisser ruisseler. Cette technique fait intervenir des microorganismes aérobie (à la surface) comme anaérobie (prêt du fond) lesquels forment un film biologique. Ces microorganismes bénéficient une aération par tirage ou ventilation destiné à leur apporter l'oxygène nécessaire à leur bon fonctionnement et le matériau poreux leur sert de support (*Satin M., Belmi S - 1999*).
- **Disque Biologique** : Comme son nom l'indique, cette technique fait intervenir des disque semi-immergés dont la rotation procure l'oxygène nécessaire aux micro-organismes fixé qui forment un film biologique épurateur à la surface des disques. Leur bon fonctionnement nécessite une fiabilité mécanique de l'armature (entraînement à démarrage progressif, bonne fixation du support sur l'axe), et un bon dimensionnement de la surface des disques (celui-ci doit être réalisé avec des marges de sécurité importantes).

III.2 Traitement Extensif

Les procédés dit extensifs sont les techniques d'épuration pouvant être réaliser sur des cultures fixées sur support fin ou des cultures libres avec usage de l'Energie solaire pour la production d'oxygène par photosynthèse. Le principe repose sur la dégradation de la matière organique en présence d'oxygène par les bactéries. Cette filière de traitement est généralement adoptée pour les collectivités de taille inférieure à 500 Equivalents Habitants, elle utilise plus de surface avec une utilisation possible même sans électricité.

Parmi les procédés de type extensifs, on distingue :

III.2.1 Les procédés à culture fixe :

III.2.1.1 Infiltration-percolation

Il s'agit là d'un procédé où l'eau usée est uniformément distribuée à la surface d'un filtre avec une plage de distribution visible et à l'air libre. On parle d'une filtration biologique aérobie sur un milieu granulaire fin. Pour 1m² de massif filtrant la charge hydraulique s'élève à plusieurs centaines de litres par jour. La distribution de l'effluent liquide se fait successivement sur plusieurs unités d'infiltration.

III.2.1.2 Filtre planté à écoulement vertical

C'est un procédé qui met en avant un traitement physique (filtration), chimique (adsorption, complexation,) et biologique (biomasse fixée sur support fin). Pour se faire, les filtres sont étanchés du sol, remplies de couches successives de gravier ou sable de granulométrie variable selon la qualité des eaux usées à traiter. L'eau usée arrive par banchées avec des périodes d'alimentation et de repos sur plusieurs unités formant la surface de filtration d'un étage. L'aspect biologique est conduit par le développement d'une biomasse aérobie fixée sur un sol reconstitué et dont l'apport d'oxygène est fait par convection et diffusion. L'apport d'oxygène par les racines des plantes est, ici, négligeable par rapport aux besoins (Armstrong; 1979). L'eau traitée est ensuite drainée.

La filière se compose : d'un dégrillage ; d'un premier étage de filtres verticaux ; d'un second étage de filtres verticaux

III.2.1.3 Filtre planté à écoulement horizontal

Avec un massif-filtrant quasi totalement saturé en eau, un système répartiteur situé à l'extrémité du bassin se charge de l'écoulement horizontal de l'effluent brute sur toute la largeur et la hauteur du lit avant d'être principalement horizontale au travers du substrat. L'effluent brute circule en dessous de la surface du matériau, à 5cm au-dessus plus précisément (réglé par un tuyau relié au siphon) avec une charge organique faible, pour éviter un court-circuit de la chaîne de traitement et les risques de prolifération d'insectes. Un système de drainage, enterré par une tranchée de pierre drainante s'occupe de l'évacuation.

III.2.2 Les procédés à culture libre :

III.2.2.1 Lagunage naturel

La réaction pilote de ce type de procédé est la photosynthèse. En effet lors du lagunage naturel, l'effluent brute séjourne longtemps dans un bassin (3, 4 ou 6 bassins selon le degré de désinfection souhaité) avec une tranche supérieure exposée à la lumière. Une telle configuration favorise l'existence d'algues planctoniques (microphytes) pouvant produire l'oxygène nécessaire au bon fonctionnement des bactéries aérobie grâce à ladite réaction. Ces dernières à savoir les bactéries aérobies vont assurer la dégradation de la matière organique mais également la formation de gaz carbonique qui avec les sels minéraux apportés par les eaux usées contribue à la prolifération des algues. Ce ci constitue donc un cycle fonctionnel tant que l'énergie solaire et la matière organique opèrent dans le système. La tranche de fond de bassin où l'énergie solaire n'a pas accès contribue également au procédé avec des bactéries anaérobies qui produisent du gaz carbonique et de la méthane grâce à la dégradation des sédiments provenant de la décantation de la matière organique.

III.2.2.2 Lagunage à macrophyte :

Les lagunes à macrophytes reproduisent des zones humides naturelles comportant une tranche d'eau libre, tout en essayant de mettre en valeur les intérêts des écosystèmes naturels. Cette filière est généralement utilisée en vue d'améliorer le traitement (sur les paramètres DBO5 ou MES) ou de l'affiner (nutriments, métaux.). Cependant l'utilisation d'une lagune de finition à microphytes permettra d'obtenir de meilleurs rendements et sera plus commode d'entretien.

III.2.2.3 Lagunage aéré :

Ici, l'effluent brute à traiter est mis en contact avec des microorganismes de types bactérie et champignons destinés à consommer et assimiler les nutriments constitués par la pollution à éliminer dans l'étage d'aération. L'aération est effectuée par un aérateur de surface ou une insufflation d'air. Ces microorganismes vont former un amas qui avec d'autres particules piégées sera décanté avec au niveau de l'étage de décantation qui se constitue d'une simple lagune de décantation ou de deux bassins qu'il est possible de bypasser séparément lors du curage. Ce produit de décantation forme la boue qui est pompée régulièrement ou extrait du bassin lorsque son volume devient important, cette extraction de boue n'est pas continue et le système de recyclage de boue n'y est pas associé non plus.

La consommation en énergie des deux filières est, à capacité équivalente, comparable (1,8 à 2 kW/kg DBO5 éliminée).

III.3 Systèmes mixtes (association des filières extensives - cultures libres ou fixées)

L'association de plusieurs systèmes naturels, en cultures libres ou fixées, en série ou en parallèle, est parfois mise en œuvre pour permettre d'adapter le traitement à un but spécifique (qualité du rejet, intégration des eaux de pluie, influent particulier...). En traitement principal, les expériences sont encore très peu nombreuses et leurs performances réelles difficiles à évaluer. Certaines études (Radoux M. et al - 2000) sur des MHEA® (Mosaïques Hiérarchisées d'Ecosystèmes Artificiels) montrent des potentialités intéressantes sans définir des bases écrites de dimensionnement.

III.4 Les Critères de Choix de Procédés

III.4.1 Les Critères Economiques

Ils se composent des coûts d'investissement et d'exploitation, les premiers englobent le coût de génie civil et des équipements électromécanique, alors que les seconds se constituent essentiellement de l'ensemble des frais d'énergie et d'entretien ainsi que les frais de personnel qui dépendent du niveau de qualification et de technicité que requiert l'utilisation des ouvrages. Les tableaux qui suivent donnent une estimation de ces différents critères économiques pour les procédés les plus utilisés en fonction du nombre d'habitant, ils sont exprimés en DH HT/éq hab).

Boues Activées : Pour cette technique le coût ne varie pas uniquement selon la population, il varie aussi selon que l'effluent soit de faible ou moyenne charge.

Tableau 13: Coût d'investissement et d'exploitation en fonction de la population des boues activées

Population	Coût d'investissement		Coût d'exploitation	
	Faible charge	Moyenne charge	Faible charge	Moyenne charge
<= 100 000	1500	1300	120	104
100 000<=Pop<=1 000 000	1000	850	80	68
Environ 1 000 000	750	650	60	52

Lits bactériens : Tout comme les autres procédés, le coût d'investissement des lits bactériens dépend du nombre d'habitant et du degré d'épuration souhaité, Il est estimé au ratio de

750Dhs/Hab. pour une population d'environ 100 000Hab. Ce cout est estimé à partir d'études détaillées préétablies. Pour ce qui est des coûts d'exploitation, ils sont déterminés en estimant un ratio d'exploitation de 6%, ce qui donne 45 DHs par habitant pour une population d'environ 100 000 hab.

➤ **Lagunage naturel** : Pour des terrains dépassant pas 40% de rocher, le tableau suivant illustre les coûts pour ce type de procédés.

Tableau 14: Coût d'investissement et d'exploitation en fonction de la population du lagunage naturel

Population	Coût d'investissement	Coût d'exploitation
<= 5000	1500	30
5000<Pop<=10 000	900	18
10 000<Pop<=25 000	700	14
25 000<Pop<=50 000	450	9
50 000<Pop<=100 000	400	8
Pop>100 000	300	6

➤ **Le lagunage aéré**

Tableau 15: Coût d'investissement et d'exploitation en fonction de la population du lagunage aéré

Population	Coût d'investissement	Coût d'exploitation
<= 10 000	1500	150
10 000<Pop<=50 000	1000	100
50 000<Pop<=100 000	700	70
Pop>100 000	600	60

Le rapport cout d'exploitation sur cout d'investissement varie selon le procédé utilisé, il s'élève à :

- 8% pour les Boues activées ;
- 6% pour les Lits Bactériens ;
- 2% pour le Lagunage naturel ;
- 10% pour le Lagunage aéré.

III.4.2 Les Critères Environnementaux

Emissions Sonores : plus accentuée au niveau des stations de boues activées et de lagunage aéré, elles trouvent leur origine au niveau des matériels électromécaniques tel que les aérateurs

Emissions d'Odeur : elles sont plus présentes au niveau des station de lagunages naturel et aéré, ceci dû au fait de la présence de grands bassins mais également des réactions anaérobies.

Emissions d'Aérosol : Du au présence des aérateurs dans certaines stations telle que celle de lagunage aéré, les aérosols sont des particules polluantes suspendu dans l'air.

Production de boue : elle diffère selon qu'il s'agisse de traitement intensif ou extensif. Pour les premiers, la quantité de boue produite est assez importante, ils peuvent s'agir des boues d'aération prolongée, moins susceptibles de produire des nuisances (substances putrescibles) du fait de leur matière polluante fortement aérée, ces boues proviennent de la décantation primaire. Le procédé de lit bactérien génère des boues mixtes et instable constitué de mélange de boue primaire et biologique, pour leur stabilisation une étape supplémentaire est nécessaire, le conditionnement par digestion.

Les procédés extensifs quant à eux génère moins de boue, environ 40l/eH/an de boues primaire fermentescible nécessitant d'importantes infrastructure pour leur évacuation et séchage.

Elimination de Germes pathogènes : C'est l'un processus les plus cruciaux dans tout type de traitement d'eau usée compte tenu du risque pour la santé publique qu'il présente. Le lagunage naturel est la technique la plus performante vis-à-vis de l'élimination des germes. Sa réalisation nécessite un traitement tertiaire de maturation puis une désinfection.

III.4.3 Les Critères Techniques

L'Entretien

Les boues activées requièrent un entretien régulier des ouvrages mécaniques avec un personnel qualifié pouvant aussi bien assurer leur dépannage s'il a lieu, mais également veiller à ce qu'il n'y ait aucune anomalie gênante pour l'activité de la biomasse active ou la prolifération d'organisme nuisibles au bon fonctionnement du système (bactéries filamenteuses par exemple).

Le lit bactérien nécessite pour son bon fonctionnement une vérification régulière de son bon fonctionnement (alimentation, circulation...). Des engins de manutention sont utilisé lorsque des anomalies comme le colmatage du massif filtrant se produisent.

Les stations de lagunage naturel et aérien quant à elles, coûtent moins en termes d'entretien car si pour le premier la présence d'aucune mains d'œuvre n'est nécessaire, pour le second un seul agent de manutention est suffisant pour conditionner le fonctionnement du matériels électromécanique, la régulation, programmation de l'aération qui est l'opération la plus complexe nécessitant, plusieurs semaines après chaque programmation, une vérification du nouvel équilibre biologique dans le bassin.

Les performances épuratoires

Les boues activées peuvent atteindre des performances élevées avec jusqu'à 95% de la DCO et une nitrification-dénitrification quasi-totale. Cet objectif de traitement est atteint lorsque la nitrification est accompagnée de la dénitrification qui a lieu dans le clarificateur et qui mène à l'évacuation de MES avec l'effluent épuré (adsorption de particules sur les microtubules d'azote).

Les techniques de boues activées éliminent jusqu'à 98% de la DBO.

Le lit bactérien : à sa sortie l'effluent traitée présente une teneur en DBO₅ DCO et MES respectivement inférieur à 35mg/L, 125mg/L et 30mg/L

Le lagunage naturel : il offre un rendement épuratoire des plus élevés dans sa filière de traitement complète muni de ses trois types de bassin (anaérobie, facultatif et maturation) de l'ordre de 80% à 90% pour le DBO et la DCO ; 70% pour l'abattement de l'azote et un abattement de 30 à 50% de phosphore ;

Le lagunage aéré : il présente des performances épuratoires beaucoup plus élevé que le lagunage naturel précédemment cité avec un abattement de DBO et DCO allant jusqu'à 90%, une l'élimination de MES de l'ordre de 85% et un abattement du phosphore ainsi que l'azote allant jusqu'à 30%.

L'Energie Electrique Consommée : Les procédés tel que les boues activées ou le lagunage aéré sont les plus consommateurs en Energie du fait de l'intervention d'aérateur qui font intervenir les aérateurs en plus des pompes.

Les Besoins en Surface : Contrairement aux techniques extensifs (lagunage naturel, lagunage aéré...) qui occupe beaucoup d'espace, les besoins en surface des technique intensifs sont moins important mais ils sont exigeants en termes de portance du sol car leur équipement génie civil sont plus ou moins lourds.

IV. Etapes de Traitement

Quelques prérequis utiles :

- **Pollution de l'eau** : La pollution de l'eau ou dégradation de sa qualité peut réellement affecter le milieu naturel ou l'eau est rejeter après usage, elle peut donner lieu à des risques sanitaires telle que les maladies ou même compromettre la réutilisation de cette eau quand elle a lieu. Cette pollution peut être de différents type selon l'origine de l'eau usée et elle met en jeux une panoplie de paramètres de pollution.
- **La biodégradabilité** : La capacité d'une molécule à être dégradé biologiquement c'est-à-dire par l'action d'organismes biologique
- **Les différents types de pollution et leurs paramètres :**
 - **Pollution Physique** : température, odeur, turbidité, matière en suspension (MES), matière en suspension volatiles (MSV), matières minérales, matières decantables.
 - **Pollution Chimique** : potentiel d'hydrogénation (PH), conductivité, oxygène dissous, demande biochimique d'oxygène (DBO₅), demande Chimique en oxygène (DCO), éléments nutritifs ou substances eutrophisantes.

- **Pollution Biologique ou Bactériologique**

Le processus d'épuration consiste en une récupération des éléments indésirables contenu dans les eaux sujette à un usage par les ménages. La récupération concerne les éléments qui ne peuvent pas être éliminé par le milieu récepteur des eaux usées rejetées. L'épuration des eaux usées se déroule en quatre étapes :

- ✚ **Le prétraitement** consistant à l'enlèvement des éléments de tailles importantes en faisant passer l'effluent brut à travers un dégrilleur et par décantation pour un dessablage ;

- ✚ **Le traitement primaire** qui consiste à éliminer les matières en suspension de densité différente de celle de l'eau en faisant décanter l'effluent dans un bassin pendant un certain temps ;
- ✚ **Le traitement secondaire** qui a pour but l'élimination de la DBO et la DCO par apport d'oxygène en quantités suffisantes pour nourrir les micro-organismes responsables de l'épuration ;
- ✚ **Le traitement tertiaire** pour l'affinage de la teneur en MES et l'élimination de la pollution minérale ;
- ✚ **Le traitement quaternaire** pour l'élimination de la pollution due aux germes de contamination fécale.

Tableau Récapitulatif (voir annexe 1)

V. Traitement et valorisation des Boues

V.1 Introduction

Dans le but de protéger l'environnement, générer une ressource supplémentaire et améliorer notre système de santé, l'homme a mis sur place des systèmes d'assainissement et de traitement des eaux usées qu'il produit. Mais le traitement des eaux usées engendre d'autres problèmes comme la production des boues.

En 2020, le Maroc compte 102 stations de traitement des eaux usées non fonctionnelles avec 72 STEP s en cours et 45 STEP s qui sont programmées. Ces dernières sont à l'origine de la production de boues qui doivent elles aussi être traitées avant d'être éliminées. Les stations sont réparties comme suite :

Tableau 16: Répartition des STEP s fonctionnelles au Maroc

Organisme	ONEE Branche-Eau	Régies	Concessionnaires privés	Communes
Nombre de STEP s	76	18	4	4

Source : ONEE-Branche Eau

Le type de STEP dominant au Maroc est le lagunage naturel suivi des boues activées.

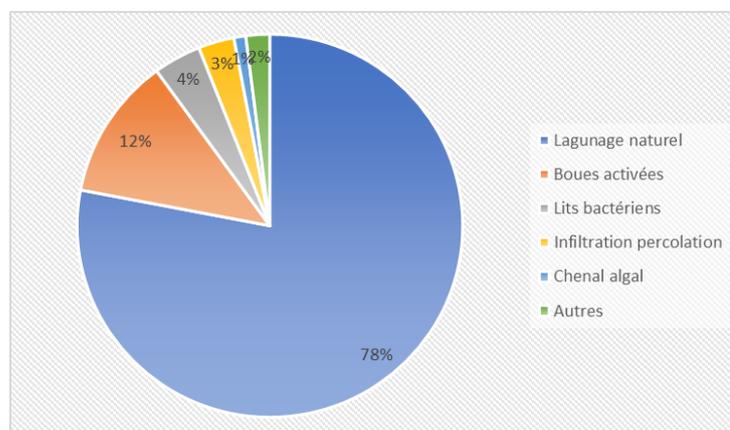


Figure 23: Types de STEP s au Maroc (ONEE)

Il existe plusieurs voies de traitement combinant des procédés de concentration, de stabilisation et d'hygiénisation en fonction de la taille des Stations de Traitement des Eaux Usées (STEU) et des contraintes locales. Cependant, ces procédés de traitement et d'élimination des boues sont consommateurs d'énergie et sont responsables de la production de gaz à effet de serre (GES). Une étude a prouvé que le traitement et la valorisation des boues étaient responsables de plus de 40% des émissions de GES générés par une station de traitement des eaux usées (Shaw et al., 2010). Au Maroc, le traitement constitue un frein pour la bonne gestion des stations d'épuration. Les contraintes liées au traitement et la valorisation des boues sont :

- ✓ L'énergie
- ✓ Cadre réglementaire
- ✓ La perception de la population

Vue ces contraintes, certaines stations d'épuration sont obligées d'envoyer les boues dans une décharge cas de la STEP de Marrakech (actuellement rejetée par la décharge) ou stocker à coté en espérant que les agriculteurs viennent prendre cas de la STEP de Skhirat.



Figure 24: Production de boues par STEPs réalisées

La réalisation

d'une STEP doit être accompagnée par un système de traitement et valorisation des boues afin de s'en passer de l'accumulation des boues dans les stations. Il existe deux voies de valorisation qui sont très connues :

- Valorisation énergétique qui regroupe plusieurs techniques qui converti les boues en énergie tel que l'incinération, la méthanisation et la pyrolyse.
- Valorisation biologique ou agronomique grâce à la présence de matière organique et d'éléments fertilisants (azote, phosphore, potassium et calcium) dans ces boues.

Dans ce passage nous allons faire un aperçu sur les méthodes de traitement et valorisation des boues et par la fin, faire une étude comparative des méthodes afin de choisir la méthode la plus adaptée dans la région oasisienne.

V.2 Définition et origine des boues

Définition

Les boues sont des résidus de traitement provenant de la séparation de l'eau liquide aux polluants (minéraux, organiques et biologiques) dans une station d'épuration des eaux ménagères ou des eaux d'égout communaux ou résidu de curage de fosse septique. Plus généralement, tous résidu de traitement d'eau.

Origine des boues

Le traitement des eaux usées est une succession d'étapes et chaque étape nécessite une séparation du liquide aux polluants par conséquent une génération des boues. Les boues proviennent :

- Les prétraitements ;
- La décantation primaire ;
- Le traitement biologique ;
- La clarification.

V.3 Caractéristiques physico-chimiques et biologiques

Caractéristiques physiques

Les caractéristiques physiques des boues d'épuration dépendent de leur teneur en eau, un certain nombre de notions sont utilisables à priori pour décrire l'état physique des boues lorsqu'on veut en assurer la manutention. Il s'agit de :

- ❖ La liquidité ;
- ❖ La plasticité (aptitude à la compaction) ;
- ❖ La friabilité ;
- ❖ L'adhérence ;
- ❖ Le comportement à l'agitation, etc.

Caractéristiques chimiques

Les caractéristiques chimiques d'une boue sont fortement liées à sa composition en éléments chimiques : par exemple, selon le PH de la boue, on peut citer les boues acides, basiques et neutre.

Caractéristiques biologiques

Elles sont fonction de la teneur en microorganismes pathogènes.

V.4 Composition des boues

Les boues issues du traitement des eaux usées sont essentiellement des particules solides mélangées avec l'eau décantées lors du pré-traitement et des procédés de traitement. Ces boues se composent d'éléments fertilisants, notamment en phosphore, en azote et en potassium, de matières organiques non dégradées, de matières minérales, de microorganismes et d'eau (environ 99%). En plus des éléments cités ci-haut, il existe aussi d'autres particules telles que :

- Des ETM (éléments traces métalliques) : Les 7 métaux les plus souvent retrouvés sont : Cadmium (Cd), Chrome (Cr), Cuivre (Cu), Mercure (Hg),

Nickel (Ni), Plomb (Pb) et Zinc (Zn), qui peuvent s'avérer très toxiques s'ils dépassent certaines valeurs ;

- Des micropolluants organiques : les substances les plus fréquemment considérées sont les Hydrocarbures Aromatiques Polycycliques (HAP) et les Composés Traces Organiques (CTO) ;
- Des micro-organismes pathogènes : virus, bactéries, protozoaires, vers parasites et champignons ;
- Des substances à visée thérapeutique, y compris les hormones et en particulier les substances contraceptives, les résidus de traitement cancéreux...

Les substances pharmaceutiques, avec une faible concentration dans les boues, mais elles restent bioaccumulables et entrent dans la chaîne alimentaire. Elles peuvent donc présenter un risque pour les hommes.

V.5 Les procédés de traitement des boues

Il existe plusieurs procédés de traitement des boues, mais ces dernières sont fonction du coût énergétique, de la composition physico-chimique de la boue et des contraintes environnementales et humaines (le nombre d'équivalent habitant).

V.5.1 Epaissement

L'objectif de cette étape est de réduire la quantité d'eau pour diminuer le volume des boues.

Très souvent l'épaissement est réalisé par des moyens physiques telle la flottaison, la centrifugation ou la mise dans des bassins pour une simple sédimentation.

V.5.2 Déshydratation mécanique

Ce procédé est applicable aux boues liquides organiques/minérales avec trace organique. L'état physique de la boue doit être : boues liquides épaissies de minimum 15 g/l avec de l'optimum : 40 à 50 g/l.

V.5.3 Séchage thermique

Il est applicable aux boues organiques pâteuses.

V.5.4 Séchage solaire

Il est applicable aux boues organiques pâteuses (minimum de 15% à 25%).

Il est une bonne piste à explorer car les oasis sont des régions très ensoleillées.

V.5.5 Stabilisation chimique par chaulage

Ce procédé intervient après la déshydratation et consiste à déverser de la chaux vive (CaO) sur les boues, ce qui permet une augmentation du pH des boues (supérieur à 12), l'abattement des bactéries sporulées et les œufs d'helminthes. Ce procédé est applicable aux boues pâteuses organiques avec une consommation en électricité de 1 kWh/m³ de boues déshydratées.

V.5.6 Digestion en aérobie

Ce procédé est utilisé pour boues organiques et minimum 60% MO sur MS avec une siccité de 5 à 10%.

V.5.7 Digestion anaérobie

Ce procédé est utilisé pour les boues organiques liquides et épaisses (préférentiellement primaires ou mixtes) minimum 60% MO sur MS.

Une très faible consommation d'énergie.



Figure 25: Digesteur anaérobie dans la STEP de Skhirat

Les procédés de digestion sont à la fois un traitement et une valorisation car ils peuvent produire du méthane qui peut être utilisé directement dans la station.

V.6 Etude comparative entre les procédés de traitement

Il a été établi une étude comparative entre les différents procédés de traitement dont les résultats sont confinés dans un tableau (voir annexe 1)

V.7 Valorisation des boues

Après le traitement ou le conditionnement des boues, il faut se débarrasser de ces dernières. Vu l'augmentation de leur production et leur composition diversifiée qui leur révèlent un intérêt économique et environnemental important il faut donc une valorisation. Cette valorisation permet de faire passer les boues de STEP d'un statut de "déchet" au statut de "produit", elle est donc une nécessité primordiale pour la protection de l'environnement.

V.7.1 Valorisation verte ou organique ou filière verte

V.7.1.1 L'épandage

L'épandage des boues d'épuration traitées consiste à leur utilisation comme des éléments nutritifs pour instaurer les sols inertes, érodés ou faiblement végétalisés à l'aide de matériels appropriés. Cette technique est recommandée pour permettre la réhabilitation des sites stériles tels que les décharges, les carrières. Cette pratique est très bénéfique en agriculture car ça permet de diminuer les apports en engrais chimique. Cependant, l'épandage présente des inconvénients comme risques d'odeurs et sanitaire, transport, pollution en éléments traces métalliques et CTO.

V.7.1.2 Le compostage des boues

Le compostage consiste à stabiliser de la matière organique avant qu'il soit un procédé de valorisation organique produisant un compost.

Le compostage des boues nécessite une restructuration et une aération du produit final, et cela vue leur rapport carbone/azote (C/N) très faible, et l'absence d'éléments structurants. Cette restructuration se fait par l'ajout des déchets verts.

L'utilisation du compost est encore meilleure que l'épandage car ce dernier permet de diminuer les risques liés à l'utilisation de la boue en agriculture.

L'utilisation du compost fournit aux végétaux un support aéré, un réservoir d'eau et de nutriments. Ceci permet un enracinement important des végétaux, favorise leur productivité et diminue les risques d'érosion.

V.7.1.3 Valorisation énergétique ou filière rouge

La filière rouge est l'ensemble des procédés qui utilisent la boue comme intrant pour produire de l'énergie de façon directe ou par l'intermédiaire un corps à forte teneur énergétique.

Mono-incinération

C'est un procédé qui réduit en cendre la boue pour libérer des gaz avec une température. Ces gaz vont céder leur énergie avant d'être traités et libérés dans l'environnement. La teneur en organique de la boue conditionne la quantité d'énergie produite.

Co-incinération en cimenterie

Ce procédé consiste à brûler la boue sèche et utiliser les cendres pour fabriquer les ciments.

En plus de co-incinération en cimenterie, on peut ajouter la co-incinération avec les ordures ménagères dans le but d'augmenter la teneur en matière organique de la boue.

Pyrolyse

La pyrolyse ou la thermolyse, est la décomposition chimique d'un composé organique par une augmentation importante de sa température pour obtenir d'autres produits (gaz et matière) qu'il ne contenait pas. Cette opération doit se réaliser en l'absence d'oxygène ou en atmosphère pauvre en oxygène ou encore une quantité d'oxygène contrôlée pour éviter l'oxydation et la combustion (l'opération ne produit donc pas de flamme). Il s'agit du premier stade de transformation thermique après la déshydratation.

Gazéification

La gazéification constitue la frontière entre la pyrolyse et la combustion. Celui-ci permet de convertir des matières carbonées ou organiques en un gaz de synthèse combustible (souvent appelé « syngas » ou « syngaz »), composé en grande partie du monoxyde de carbone (CO) et de dihydrogène (H₂), contrairement à la combustion dont les produits majoritaires sont le dioxyde de carbone (CO₂) et l'eau (H₂O).

Il existe d'autres procédés comme la **Vitrification et Centrale à charbon** qui peuvent être utiles mais ils sont encore en phase de test et demandent un haut niveau de qualification. Pour les pays en voie de développement, les procédés énumérés ci-haut sont enviables selon les conditions auxquelles on se trouve.

V.7.1.4 Filière noire

La filière noire concerne les procédés qui ne valorise pas la boue. Après le conditionnement, les boues sont entraînées vers les décharges ou stockées au niveau du site de traitement (aux alentours de la STEP). Cette pratique est très courante au Maroc où les boues sont moins valorisées.



Figure 26: Décharge de boue au niveau de *la* STEP de Skhirat

1. Centre de décharge

Ce procédé est utilisé pour des raisons suivantes :

- Facilité d'élimination lorsque d'autres filières ne sont pas possibles pour les collectivités ;
- Faibles volumes disponibles
- Des conditions économiques de ces autres filières (Best Available Technologies) qui doivent être considérées comme "acceptables" ;
- Extraction du gaz

La mise en décharge de la boue avec les déchets solides ménagers sature très rapidement la décharge raison pour laquelle certaine décharge contrôlée refuse les boues comme le cas de Marrakech.

V.8 Choix du procédé de traitement et de valorisation de boues

Il existe plusieurs procédés qui peuvent aider à gérer les boues des STEPs, mais l'application de chaque procédé est soumise à un certain nombre critères. Tout d'abord le domaine d'applicabilité du procédé donne une présélection de tous les procédés envisageables à partir des caractéristiques principales des boues (= les "critères d'entrée").

Critères d'entrée :

- ❖ Quelles quantités annuelles ?
- ❖ Quelle teneur en MS ?
- ❖ Quelle teneur en matière organique ?
- ❖ Valorisation agricole envisageable (contraintes réglementaires et normes)
- ❖ État de stabilisation ou hygiénisation

Autres critères

- ❖ Minimisation des coûts d'investissement et d'exploitation ;

- ❖ Minimisation des risques économiques ;
- ❖ Gestion du risque sanitaire ;
- ❖ Minimisation des impacts environnementaux,
- ❖ Problèmes spécifiques liés à la composition des boues pour un procédé donné, limitations des procédés, ...).

Pour prendre une décision par rapport au choix du procédé, une analyse physico-chimique et biologique est envisageable.

V.9 Cadre réglementaire de la boue au Maroc

Toute activité qui a un impact sur la santé, sur l'environnement ou sur les autres activités situées à son aval doit faire l'objet d'une réglementation afin de diminuer les impacts. Aujourd'hui nous sommes dans un monde où les exigences en matière de santé et d'environnement sont de plus en plus sévères. Tout projet doit répondre aux exigences avant être accepté par les bénéficiaires. Dans toute société, il faut un établissement des règlements qui soient applicable à tous. Ces règlements sont élaborés par des professionnels, l'autorité ou la société elle-même.

Au Maroc, les boues de STEP du point de vue législatif prennent le statut de « déchets solides industriels »¹ dans la mesure où elles sont générées par l'industrie de traitement des eaux. Il est chargé de ce type de déchet le ministère de l'Équipement qui représente l'autorité compétente en matière de ressources en eau, et s'occupe principalement de la coordination, de la collecte des données, des études, de l'élaboration des lois, de la réglementation, des normes et directives ayant trait à l'environnement.

Les lois sur la gestion des déchets solides au Maroc est le principal obstacle du secteur. En effet, le contexte juridique est relativement peu favorable à cause de l'inadaptation de certains textes juridiques anciens et de la lenteur dans l'adoption des nouveaux textes. Parmi les textes en vigueur, on peut citer :

- La Loi 36-15 sur l'eau : cette loi s'intéresse d'une manière générale à la réglementation des dépôts : elle interdit de déposer ou d'enfouir des déchets solides dans le domaine public hydraulique.
- La loi 11-03 relative à la mise en valeur et la protection de l'environnement chargée de la gestion des déchets.
- Loi 28-00 : La présente loi a pour objet de prévenir et de protéger la santé de l'homme, la faune, la flore, les eaux, l'air, le sol, les écosystèmes, les sites et paysages et l'environnement en général contre les effets nocifs des déchets.

Chapitre 6 : Réutilisation des Eaux Usées Traitées (REUT)

I. Introduction

Le Maroc ayant un climat semi-aride avec une mauvaise répartition des précipitations et de sécheresse qui devient de plus en plus récurrente. Il y a aussi le développement socio-économique et accroissement démographique auquel vient s'ajouter la rareté des ressources et déficit croissant en eau ce qui classe le Maroc parmi les pays en situation de stress hydrique. Tous ces problèmes placent le Maroc dans une situation vraiment critique. Pour apporter une solution à ces problèmes, le traitement des eaux usées et leur réutilisation serait un atout majeur car cette ressource est inépuisable et croît en fonction de la croissance démographique.

La réutilisation en place dans le cadre d'une économie circulaire qui s'inspire de l'écosystème et du cycle naturel de l'eau. Elle permet de dissocier le développement de la société de l'environnement. Cependant, un projet de réalisation des eaux usées traitées est très compliqué à réaliser dans la mesure où il est toujours couplé avec des problématiques d'assainissement, de gestion des ressources en eau, de l'environnement, de l'agriculture et de la santé publique.

Pour un projet de réutilisation les démarches globales à suivre pour son élaboration (inspirée de Faby et Brissaud, 1997) sont :

✓ Etape 1. Etude d'opportunité

Cette première étape devrait être réalisée dans le cadre d'un diagnostic préalable à l'analyse des concernés exposée plus haut. Il s'agit d'une étape légère mais essentielle. Elle se base sur des données immédiatement disponibles pour examiner les possibilités et les chances d'aboutissement du projet. Elle présente l'avantage de permettre au maître d'œuvre de décider sur l'opportunité d'engager des dépenses pour la réalisation d'une étude plus importante ;

□ Etape 2. Etude de pré faisabilité

Elle consiste à approfondir le diagnostic et à formuler de manière claire et précise des scénarii (dont certains peuvent être déjà émis par l'étude d'opportunité). Durant cette étape, les différents scénarii et options sont comparés au moyen d'une analyse économique. Une sélection restreinte des scénarii résulte de cette première étape.

□ Etape 3. Etude de faisabilité détaillée

L'étude de faisabilité détaillée reprend la trame de l'étape précédente, en approfondissant les rubriques insuffisamment analysées, et aboutit au choix des scénarii d'assainissement – traitement - réutilisation. L'étude se termine par une analyse financière et l'élaboration des plans d'exécution ou de mise en œuvre du projet.

La mise en place du projet de réutilisation doit comprendre les points suivants :

- Sécurisation du volume et de la qualité d'eau traitée ;
- Etudes d'opportunité et de faisabilité technico-économique ;
- Étude d'impact sur l'environnement ;
- Signature d'une Convention multipartite.

II. Sécurisation du volume et de la qualité d'eau traitée

II.1 Evaluation du volume d'eau usée traitée

Dans un projet de réutilisation, s'il existe déjà une STEP, le volume sécurisé est celui recueilli à la sortie de la station.

Lorsqu'il met sur place une STEP, le calcul du volume sécurisé doit suivre les démarches suivantes :

Volume entrant de la STEP

$$\text{Vol.} = \text{Pop.} \times \text{Dotation effluent}$$

Avec :

Vol. : Volume rejeté (m³/an)

Pop. : Population à l'horizon de calcul (hab.)

Dotation effluent (l/j/hab.)

Estimation de l'évolution du taux de raccordement et des dotations en effluent selon une augmentation de 1% par an en partant des valeurs généralement utilisées.

Tableau 17: l'hypothèse d'évolution des dotations en effluents en fonction de la taille des centres

Dotation en effluents (l/j/hab.)	2020	2030
Jusqu'à 20 000 hab.	67	74
de 20 000 à 100 000 hab.	89	98
de 100 000 à 1 000 000 hab.	111	123
≥ 1 000 000 hab.	133	147

Le débit des eaux usées dépend fortement :

- De l'évolution des consommations d'eau potable pour les différents types d'usagers ;
- Du taux de branchement au réseau d'assainissement et du coefficient de restitution à l'égout ;

Tableau 18: l'hypothèse d'évolution des taux de raccordement au réseau d'assainissement en fonction de la taille des centres

Taux de raccordement	2020	2030
Jusqu'à 20 000 hab.	60%	80%
de 20 000 à 100 000 hab.	80%	100%
de 100 000 à 1 000 000 hab.	80%	100%
≥ 1 000 000 hab.	80%	100%

❑ Volume perdu

Ce volume représente (station exposée au soleil) les pertes par évaporation et par infiltration. Pour évaluer cette quantité, il faut :

- Volume d'eau évaporé ou évapotranspiré (lit planté)

Pour calculer ce volume, il faut chercher une station météorologique plus proche pour avoir les données (ET_o, pluviométrie, rayonnement ...) et ensuite appliquer la formule suivante : $\Sigma \text{ET mensuelle (Données des stations météo) mm/mois} \times \text{Superficie lagunes (ha)}$. Sinon on peut faire recours au bac d'évaporation.

- Volume d'eau infiltré : qui fonction de la couche de base de l'ouvrage de stockage temporaire. Il est estimé par la formule suivant : coefficient de perméabilité * Superficies lagunes (m²) * Durée.

❑ Volume additionnel

Il s'agit des eaux de précipitation de la station qui se calcul comme suit : Σ précipitations mensuelle (Données des stations météo) mm/mois* Superficies lagunes (ha).

Ces deux dernières composantes du volume sont prises en compte lorsqu'il s'agit surtout d'un procédé d'épuration extensif comme le lagunage.

Volume net sortant de la STEP= volume entrant + volume additionnel –volume perdu

II.2 Affectation du volume sécurisé

Une fois que nous avons un volume sécurisé, il faut passer à son affectation à différents usages. Cette affectation peut être inscrite sur un PDAIRE ou assignée par un comité local (province, commune, acteurs de l'eau, de l'agriculture, opérateur d'assainissement et gestionnaire de la STEP...). L'objectif de cette affectation est :

- ◆ Sécuriser les investissements ;
- ◆ Optimiser les ressources financières en cas d'usage multiple) ;
- Informer les acteurs de l'eau.

II.3 Identification des sources de pollution

Après le traitement primaire et secondaire, il faut identifier les éléments susceptibles de polluer l'eau traitée avant de penser à un traitement complémentaire. Pour cela il faut adopter les démarches suivantes :

- Pour le cas des eaux usées industrielles, nous devons procéder comme suit :
 - ❖ Déterminer les sources de pollution potentielles qui risquent d'affecter la qualité des eaux usées même après traitement (métaux lourds)
 - ❖ Inventaire des unités industrielles : Pour chaque unité industrielle, les polluants potentiels seront dégagés et quantifiés.
 - ❖ Evaluation de leur impact sur la qualité des eaux usées traitées par la STEP

Cette démarche passe par l'analyse de la qualité d'eau. Pour une STEP existante, l'analyse de la qualité de l'eau à la sortie de la STEP se fait par une campagne de mesures d'un minimum de 3 mois à un an (saisonnalité des effluents).

Quelques résultats d'analyses des eaux usées

Tableau 19: Quelques résultats d'analyses des eaux usées

	Petits centres à (Moins de 20.000 habitants)	Centres moyens (entre 20.000 et 1000.000 habitants)	Grandes villes (plus de 100.000 Habitants)	Moyenne nationale
DBO ₅ (mg/L)	400	350	300	350
DCO (mg/l)	1000	950	850	900
MES (mg/l)	500	400	300	400
Taux de restitution (%)	50%	75%	80%	65%
Dotation x Taux de restitution (l/hab.j)	40	70	80	60

Source : ONEP, 1998

II.4 Traitement (ou traitement complémentaire) complémentaire selon la qualité exigée

Le traitement complémentaire est fonction :

- De la performance de la STEP ;
- Des exigences sanitaires, environnementales et agronomiques pour la REUTI
- De la technique de traitement existante (STEP existante).

Les traitements complémentaires sont :

- L'élimination de l'azote,
- L'élimination du phosphore,
- La désinfection

Selon le secteur de réutilisation de l'eau usée traitée ou le milieu récepteur (zones prédisposées au phénomène d'eutrophisation, lieux de baignade...), au moins un de ces traitements peut être utilisé.

II.4.1 Elimination de l'azote (cas de rejet dans l'environnement)

Généralement les stations d'épuration prévues pour éliminer les matières carbonées n'éliminent qu'environ 20 % de l'azote présent dans les eaux usées.

L'élimination de l'azote se fait par le processus suivant : **nitrification-dénitrification**

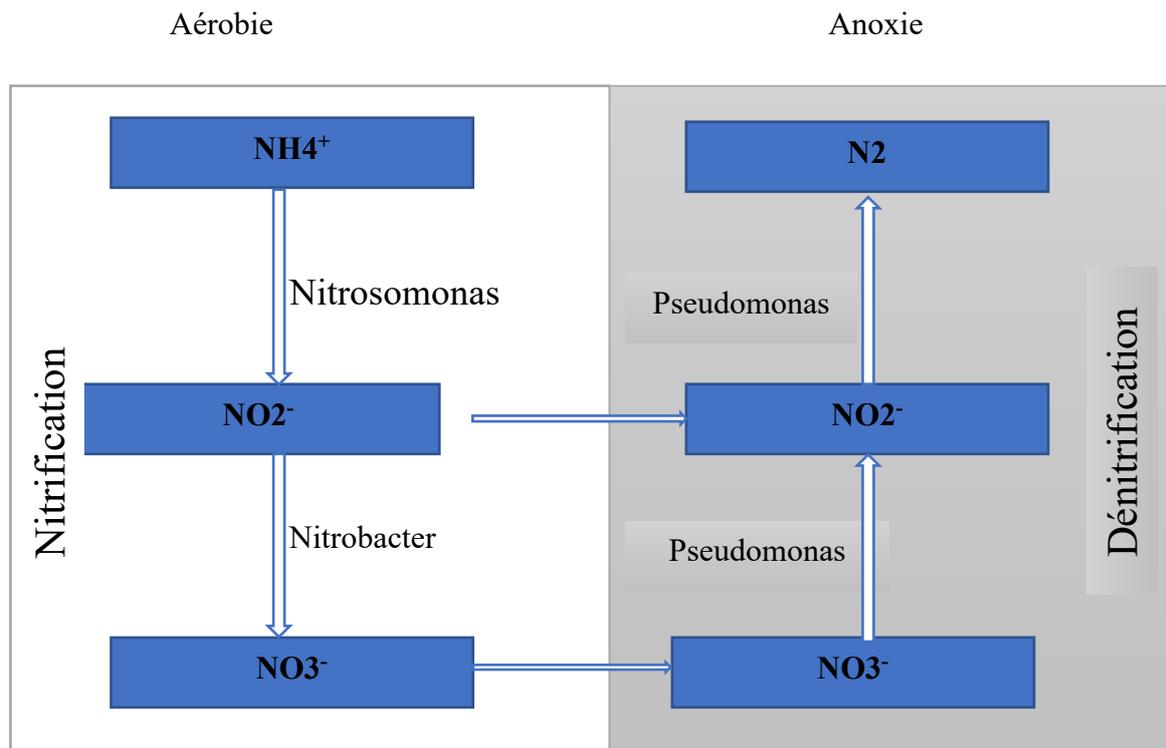


Figure 27: schéma de nitrification-dénitrification

Les procédés physiques et physico-chimiques d'élimination de l'azote (électrodialyse, résines échangeuses d'ions, "strippage" de l'ammoniaque) ne sont pas tellement utilisés dans le traitement des eaux usées, pour des raisons de rendement et de coût.

II.4.2 Elimination du phosphore

Le phosphore contenu dans les eaux usées constitue un élément nutritif susceptible d'entraîner une croissance excessive d'organismes végétaux (algues, plantes aquatiques) et causer l'eutrophisation du milieu récepteur. Mais par contre il est essentiel pour les plantes pour une réutilisation en agriculture.

L'élimination du phosphore se fait par des procédés physico-chimiques ou biologiques.

Traitements physico-chimiques : l'ajout de réactifs, comme des sels de fer ou d'aluminium, permet d'obtenir une précipitation des phosphates insolubles et leur élimination par décantation.

Procédé biologique : dans un milieu anaérobique, il y a des bactéries capables de stocker des phosphates et lorsque les conditions du milieu changent, ces dernières déstockent tout en gardant 30 à 40% de leurs stocks.

Il y a également des plantes aquatiques flottantes (les jacinthes d'eau ou les lenticules) qui peuvent assurer une déphosphatation biologique. On peut ajouter aussi **le ruissellement ou autre traitement par le sol** (à condition de s'assurer que le phosphore résiduel ou relargué ne crée pas d'impact négatif sur les eaux superficielles).

II.4.3 La désinfection

En cas de réutilisation ou de rejet des eaux usées traitées, la désinfection permet de détruire la charge microbienne présente après le traitement primaire et secondaire.

Le rejet d'un tel effluent peut causer une contamination microbienne susceptible d'affecter une prise d'eau en aval ou de compromettre la pratique sécuritaire de nombreux usages de l'eau, comme la consommation de mollusques et les activités récréatives de contact direct ou indirect avec l'eau.

Le choix d'un moyen de désinfection doit prendre en compte les caractéristiques suivantes :

- Être efficace pour la plupart des micro-organismes pathogènes ;
- Ne pas engendrer la formation de sous-produits indésirables ;
- Être non dangereux pour les humains et pour la vie aquatique.

Les moyens de désinfection des eaux usées utilisés couramment dans le monde sont :

- La chloration,
- L'ozonation,
- Le rayonnement ultraviolet
- Ainsi que des techniques de traitement secondaire qui permettent de réduire de façon significative le nombre de micro-organismes, en particulier le traitement par lagunage (étangs aérés ou non aérés) mais aussi les marais artificiels et divers types de filtres.

La dernière méthode de désinfection constitue un moyen plus adapté dans les oasis car ces zones sont connues par leur ensoleillement qui est un facteur important de la désinfection.

Ce traitement complémentaire est fait pour approcher des normes.

Les normes de réutilisation des eaux usées traitées (annexe 1)

II.5 Stockage de l'eau usée traitée

Un projet de réutilisation peut faire recours à un stockage temporaire : la demande des cultures n'est pas la même pour toute l'année contrairement à l'offre.

La production d'EUT est quasi régulière tout au long de l'année, alors que la demande en eau des cultures obéit à des besoins modulés par les cycles agricoles et les saisons. L'option de stockage vient pour atténuer la disparité saisonnière entre l'offre et la demande.

Fonctions du stockage

Le stockage des eaux usées traitées joue plusieurs rôles dont entre autres :

- ❖ Le lien entre le traitement et l'usage agricole
- ❖ Stockage de l'excédent d'effluent d'utilisation d'eau d'irrigation (opérationnel, saisonnier)
- ❖ Représente une source d'eau d'irrigation dans le période de grande demande en eau
- ❖ Agit en tant que zone tampon en cas de catastrophe
- ❖ Peut agir en tant que traitement supplémentaire

Temps de séjour

Le stockage peut se faire soit à court terme ou à long terme :

A court terme (temps de séjour doit être de l'ordre de quelques jours à quelques semaines) :

- ❖ Ce sont des systèmes de bassins ouverts ou fermés. Ils sont utilisés pour des petits périmètres irrigués et pour des petits volumes.
- ❖ Pour l'application d'une chloration résiduelle entre le stockage et la distribution ;

A long terme (stockage saisonnier pendant la saison humide pour subvenir à une forte demande en irrigation en saison sèche) :

- Des réservoirs de stockage de surface peuvent être mis en place.
- Dans les aquifères, pour assurer un approvisionnement en eau fiable, améliorer la qualité de l'eau. Il requiert alors de limiter et de contrôler les contaminations des eaux souterraines.
- Les lagunes de maturation utilisées comme une étape de désinfection peuvent également être utilisés pour le stockage des eaux usées traitées.

Dans les régions où l'ensoleillement est beaucoup plus important, l'option de stockage sur bassin ouvert est à écarter pour éviter la perte par évaporation.

Précautions

Le stockage doit tenir compte de l'évolution de la qualité de l'eau usée traitée. Cette qualité peut être détériorée ou améliorée sous l'effet du stockage et de la distribution entre la source de production et les points d'usage.

Le stockage de l'EUT avant irrigation peut permettre la diminution des micro-organismes, du fait de la limitation en nutriments et en oxygène, du rayonnement ultra-violet et des phénomènes de compétition.

- Le contraire peut se reproduire, certains micro-organismes pathogènes pourraient malgré tout se développer dans ces bassins ainsi que dans le réseau d'irrigation.

III. Etudes d'opportunité et de faisabilité technicoéconomique

III.1 Potentiel de surface irrigable

Un projet de réutilisation doit répondre à deux objectifs primordiaux : Mobilisation d'une ressource en eau supplémentaire et Protection des milieux récepteurs. Pour répondre à ces deux objectifs, il faut d'abord faire l'état des lieux c'est-à-dire :

- Evaluer les besoins et ressources d'une part ;
- Et d'autre part les réalisations existantes en assainissement et les besoins en assainissement.

Dans la même démarche, il faut évaluer le volume d'eau épurée et sa répartition pour les différents usages ; ceci nous donnera une idée sur le volume d'eau épurée destiné à l'agriculture.

La détermination du potentiel de surface irrigable se passe par des paramètres :

- Volume d'eau épurée ;
- Topographie
- Sol
- Climat
- Occupation du sol

III.2 Enquête d'accueil et analyse coûts/bénéfices

Pour compléter les études précédentes, il faut mener des enquêtes sur les questions suivantes :

- Superficie agricole cultivée
- Acceptation des eaux usées épurées par les agriculteurs
- Superficie cultivable autour de la STEP
- Types de sols
- Pratiques agricoles actuelles
- Cultures pratiquées et mode d'assolement
- Rendements des cultures
- Destination des produits agricoles
- Cultures irriguées et cultures non irriguées
- Cultures en plein champ et cultures sous serres
- Apports d'engrais minéraux et organiques (forme, doses pour les différentes cultures, coûts)
- Irrigation : type de ressource en eau (eau de barrage ou eau souterraine), système de pompage, système d'irrigation, doses d'irrigation, qualité de l'eau d'irrigation, méthode de gestion de la distribution d'eau, prix de l'eau, coût de pompage, etc.

III.3 Choix de la culture

Pour faire le choix des cultures, il faut tenir compte des aspects suivants :

- Le classement des cultures selon le risque de transmission des pathogènes ;
- Le niveau de traitement et donc de la catégorie microbiologique des effluents ;
- Le système d'irrigation ;
- La texture et la profondeur du sol ;
- Le niveau de salinité des sols et des EUT

III.4 Choix du système d'irrigation

Le choix du système d'irrigation approprié dépend de la qualité de l'eau usée, de la culture, des coutumes, de l'expérience, de la compétence, de la capacité des agriculteurs à gérer les différentes méthodes et du risque potentiel sur l'environnement et sur la santé des agriculteurs et du public. Le tableau ci-dessous évalue la convenance des méthodes d'irrigation, à savoir, la planche, la raie (ou sillon), l'aspersion, le goutte à goutte, par rapport à l'eau saumâtre est également valable pour l'eau usée traitée, en particulier en ce qui concerne la salinité.

Tableau 20 : Facteurs affectant le choix de la méthode d'irrigation et les mesures spéciales nécessaires quand l'eau usée est utilisée, en particulier quand elle ne satisfait pas les directives de l'OMS (Mara et Cairncross, 1989)

Méthodes d'Irrigation	Facteurs Affectant le Choix	Mesures spéciales pour les eaux usées
Irrigation à la planche	Plus faible coût, planage précis non nécessaire	Protection complète pour les ouvriers agricoles, les ouvriers qui manipulent les produits agricoles et les consommateurs
Irrigation à la raie	Faible coût, planage précis peut être nécessaire	Protection pour les ouvriers agricoles, éventuellement pour les ouvriers qui manipulent les produits agricoles et les consommateurs
Irrigation par aspersion	Efficacité moyenne d'utilisation de l'eau, nivellement non requis	Quelques cultures de la catégorie B*, principalement les arbres fruitiers, ne devraient pas être irrigués. Distance minimum de 50 – 100 m des maisons et des routes. Des eaux ayant été traitées par voie anaérobie ne devraient pas être employées, en raison des nuisances olfactives.
Irrigation souterraine et localisée	Coût élevé, efficacité d'utilisation de l'eau élevée, rendements plus élevés	Filtration pour prévenir le colmatage des distributeurs

III.5 Les scénarii d'aménagement

Une fois en disposition des données suffisantes, il faut établir des scénarii ou des variantes d'aménagement selon les contraintes auxquelles nous sommes confrontés.

III.6 Coûts récurrents

Ce sont des coûts provenant du traitement complémentaire, de l'exploitation de l'installation et de la maintenance du système. Ces coûts doivent être évalués dans l'analyse technico-économique du projet.

IV. Impacts du projet sur l'environnement et sur la santé humaine

La réutilisation des eaux usées traitées pour usage agricole engendre des agents biologiques (virus, bactéries, protozoaires pathogènes) et les agents chimiques qui peuvent affecter la santé humaine de façon directe ou indirecte. En plus des effets sur l'homme, elle peut avoir des effets (positifs et/ou négatifs) sur l'environnement.

IV.1 Impacts sur la santé humaine

Les facteurs affectant la transmission des maladies dépendent de ce qui suit :

- Le temps de survie du pathogène dans le sol, l'eau, sur les cultures ou les poissons,

- Les infections dans l'hôte ou les hôtes intermédiaires,
- Le mode et la fréquence des excréta ou de l'application d'eau usée,
- Le type de culture auquel les excréta ou l'eau usée sont appliqués,
- La nature de l'exposition d'un hôte humain à la contamination du sol, de l'eau, des cultures ou des poissons.

IV.2 Risques microbiologiques

Il existe des facteurs qui font que ce risque persiste à nos jours :

- L'eau usée véhicule des organismes pathogènes et, en général, des méthodes de traitement modernes ne sont pas conçues pour les éliminer.
- Les organismes qui peuvent survivre après le traitement des eaux résiduaires incluent les bactéries, les protozoaires, les helminthes et les virus. La plupart de ces microorganismes affectent l'humain par ingestion de l'eau et des aliments contaminés.
- La désinfection d'une eau usée élimine les microbes, mais elle est relativement coûteuse et n'est pas toujours à la portée des bénéficiaires ou usagers des eaux traitées.

Les agents biologiques sont les sources de plusieurs maladies comme la diarrhée, infections gastrointestinales et autres pathologies plus ou moins graves chez les êtres humains.

IV.3 Risques chimiques

Les risques chimiques sont liés aux substances potentiellement nocives : les métaux lourds et les contaminants émergents tels que les substances pharmaceutiques ou médicinales.

Pour minimiser ces risques sanitaires, plusieurs recommandations ont été établies par l'OMS qui sont :

- Procédé de traitement susceptible d'assurer la qualité microbiologique voulue ;
- Une série de bassins de stabilisation conçus de manière à obtenir la qualité microbiologique voulue ou tout autre procédé de traitement équivalent ;
- Rétention en bassins de stabilisation pendant 8-10 jours ou tout autre procédé d'élimination des helminthes et des coliformes intestinaux ;
- Traitement préalable en fonction de la technique d'irrigation, mais au moins sédimentation primaire.

Ces risques peuvent aussi affecter la santé de façon directe ou indirecte (via la chaîne alimentaire).

IV.4 Impacts sur l'environnement

IV.4.1 Avantages environnementaux

Un traitement adéquat et une bonne application de l'eau usée traitée sur l'irrigation plutôt que d'autres usages peuvent avoir des retombés positifs sur l'environnement :

- La suppression de rejet en eaux de surface, prévient l'éventualité de situations esthétiques désagréables, de conditions anaérobies dans les cours d'eau et l'eutrophisation des lacs et réservoirs. La conservation des ressources en eau fournit des avantages à l'utilisation telles que l'approvisionnement en eau et la préservation des étendues d'eau à usage récréatif. Cette eau usée traitée constitue une ressource supplémentaire ;
- La sauvegarde des ressources en eaux souterraines dans les zones de surexploitation de ces ressources pour l'agriculture pose le problème de l'épuisement et de l'intrusion du biseau salin ;

- La possibilité de conservation des sols et de leur amélioration par apport d'humus sur les terres agricoles et de prévention de l'érosion ;
- la suppression ou la réduction des engrais artificiels utiliser pour apporter les nutriments aux plantes ;
- Offre une alternative moins polluante que le dessalement ;

IV.4.2 Inconvénients sur l'environnement

Une mauvaise utilisation de cette ressources non conventionnelle peut engendrer des dégâts dévastateurs sur l'environnement. Les principaux dangers causés par l'utilisation des eaux usée traitée sont dus :

- A l'introduction des produits chimiques dans des écosystèmes sensibles (principalement le sol, l'eau et les plantes) ;
- A la propagation des microorganismes pathogènes.

Effets sur le sol

Les impacts sur le sol sont d'importance particulière pour les agriculteurs puisqu'ils peuvent réduire la productivité, la fertilité et le rendement de leurs terres. Le sol doit rester à un bon niveau de fertilité chimique et physique, afin de permettre une utilisation durable à long terme et une agriculture rentable. Les problèmes prévus au niveau du sol sont :

- La salinisation,
- L'alcalinité et la réduction de la perméabilité du sol,
- L'accumulation d'éléments potentiellement toxiques,
- L'accumulation de nutriments.

L'excès de la matière solide (MES) en suspension peut provoquer une réduction de l'aération du sol (création des conditions anaérobies dans le sol).

Les composés organiques biodégradables (DCO, DBO) sont une source bénéfique de matière organique (engrais) mais leur application excessive peut réduire l'aération du sol.



Figure 28: Schéma d'un sol salé

Source : www.salineagricultureworldwide.com

Effets sur les eaux souterraines

Parfois, les effets sur les eaux souterraines sont plus importants que les effets sur le sol. Cette pollution dépendant de la profondeur à laquelle se trouve la nappe par conséquent la pollution des eaux souterraines avec des constituants de l'eau usée est possible. Comme le cas de l'azote dont son excès peut contaminer la nappe.

Voici donc quelques recommandations pour réduire ou surmonter ce problème de pollution :

- irrigation (quantité d'eau) basée sur les besoins en eau des cultures avec lessivage minimum si nécessaire,
- établissement du programme d'irrigation basé sur les besoins en eau des cultures, la capacité de stockage en eau du sol et la qualité de l'eau usée,
- sélection des cultures qui peuvent absorber les constituants potentiellement dangereux présents dans l'eau usée,
- en cas d'eaux salines, introduction dans la rotation culturale, de plantes consommant les sels,
- limitation de la quantité d'eau de façon à assurer l'apport exact en N nécessaire à la culture, afin d'éviter la contamination par $\text{NO}_3\text{-N}$. Si N excède les besoins des cultures on doit alors:
 - sélectionner des cultures à besoins élevés en N,
 - choisir un système d'irrigation qui fournit l'uniformité d'application la plus élevée possible,
 - mélanger l'eau usée avec de l'eau claire,
 - maintenir la maintenance et l'entretien des systèmes d'irrigation à un niveau acceptable

Effets sur les eaux de surface

Les eaux usées traitées versées sur une retenue peuvent entraîner l'eutrophisation dans cette retenue. En effet, les éléments comme l'azote et le phosphore sont souvent des facteurs limitants sur les retenues d'eau ; une quantité supplémentaire de ces éléments améliorerait les conditions du milieu par conséquent le développement des algues. Les conséquences liées à ce problème sont : l'appauvrissement du milieu en oxygène et le colmatage du réseau d'irrigation.

Effets sur les cultures

En plus de l'effet global de certains constituants de l'eau usée sur les cultures irriguées comme la salinité, l'eau usée peut potentiellement créer une toxicité due à une concentration élevée de certains éléments comme le bore et quelques métaux lourds. Les nécroses sur les feuilles identifient des symptômes de toxicité au bore chez les cultures sensibles au bore. Les aspects de toxicité sont discutés plus en détail en relation avec l'utilisation des boues résiduaires en agriculture.

Problèmes de santé animale

L'eau usée traitée peut être utilisée pour abreuver les animaux si elle répond aux directives (normes) mais tel n'a pas toujours été le cas. En plus c'est très difficile de contrôler les animaux. Les animaux peuvent se voir infecter par les agents biologiques ou chimiques après consommation de cette eau.

Pollution de l'air

Le traitement ou le stockage sont des sources d'émission du dioxyde de carbone qui constitue un élément polluant de l'air.

IV.5 Impacts sociétaux

IV.5.1 Impacts positifs

La REUT permet aux pays menacés par la sécheresse de réinstaurer leur activité agricole, de protéger leur industrie touristique (promouvoir le tourisme durable, une gestion de l'eau durable lors des pics de tourisme, garantir une bonne qualité des eaux de baignade...).

Elle permet également de créer de l'emploi grâce au développement de l'agriculture, du tourisme et les autres secteurs en relation avec l'agriculture.

Elle permet de soutenir la sécurité alimentaire, assurer une gestion intégrée des ressources en eau qui considère les ressources conventionnelles et les eaux usées. Elle permet à certaines parties prenantes de réduire leur empreinte environnementale.

IV.5.2 Perception de la société

La réutilisation est encore très mal perçue dans les pays en développement comme le Maroc à cause des facteurs suivants :

- Impact visuel (stockage)
- Odeurs
- Rejet social (méconnaissance, peurs)
- Tension si expropriation
- Présence des ressources conventionnelles moins coûteuses

IV.6 Impacts économiques

La REUT peut engendrer des retombés économiques non négligeables :

- Elle permet d'éviter la perte des ressources afin de s'épargner des pertes économiques en cas de restrictions d'usage d'eau potable lors des sécheresses ;
- Impacts positifs sur la valeur des terres : la REUT permet d'intensifier l'agriculture dans des zones de stress hydrique ;
- Réduire la demande en eau grâce à un système de tarification plus approprié imposé par la REUT.

Par contre, un projet de REUT a besoin d'un investissement important avec une participation des pouvoirs publics conséquents mais un retour faible à l'investissement. La viabilité d'un tel projet est souvent mise en question à cause de la faible adhérence des agriculteurs.

V. Signature d'une Convention multipartite

Avant le début de lancement du projet , les groupements liés au projet doivent fixer les modalités de contribution dans la réalisation et l'exploitation du projet et le suivi-évaluation.

Les parties prenantes du projet peuvent être :

- Des associations d'agriculteurs ;
- Des concessionnaires privés ou publics
- Des organismes étatiques (ABH, ORMVA , ministère de l'intérieur , etc ...).

Chapitre 7 : Cadre Règlementaire

I. Assainissement

L'assainissement comme tous les autres branches associées à l'eau est relié à un cadre règlementaire selon des textes de lois régies et dont le contenu, les modalités de révision et d'approbation, les délais d'établissement, les conditions d'application se font par voie règlementaire. et qui incombe l'ensemble des acteurs en vue d'une bonne gestion ressource et une meilleure protection de l'environnement.

I.1 Les textes relatifs à l'assainissement

Selon la charte communale de 1976 modifiée et complétée en 2002.

- L'assainissement liquide est une attribution communale.
- Les communes décident du mode de gestion approprié (Gestion directe, Délégation à un opérateur public ou privé).

La loi 36-15 relative à l'eau, telle qu'adoptée par la Chambre des représentants et la Chambre des conseillers dans son chapitre 8 (Préservation des eaux) section 3 règlemente l'assainissement liquide tel que le montre les articles suivants :

L'article 106 assigne à chaque commune l'établissement d'un schéma directeur d'assainissement liquide tenant compte des eaux pluviales et des impératifs de l'utilisation éventuelle des eaux usées pour chaque groupement urbain. Ces derniers se doivent d'être disposé d'un réseau public d'assainissement et d'une ou plusieurs stations de traitement des eaux usées selon **l'article 107**.

Quant aux communes rurales elles même, l'évacuation des eaux usées en leur sein doit se faire au moyen de dispositifs d'assainissement autonome agréés comme le stipule **l'article 108**.

L'article 109 mentionne "qu'aucun déversement des eaux usées industrielles dans un réseau public d'assainissement ne peut être effectué sans autorisation préalable accordée par le gestionnaire dudit réseau. Cette autorisation, dont la durée ne peut dépasser 20 ans, ne peut être délivrée que si le déversement est conforme aux valeurs limites de rejet dans le réseau public d'assainissement. L'autorisation de déversement précise, notamment, les caractéristiques que doivent présenter les eaux usées industrielles pour être déversées et les conditions de suivi de ces caractéristiques. Elle fixe, également, le cas échéant, les mesures de suivi à prendre en période de forte précipitation, de dysfonctionnement ou d'arrêt momentané du système de traitement, du réseau d'assainissement ou, s'il y a lieu, du dispositif de prétraitement des eaux usées industrielles déversées. Les modalités d'octroi et de renouvellement de l'autorisation de déversement ainsi que les valeurs limites de rejet sont fixées par voie règlementaire.

Enfin **l'article 110** relatif au régime tarifaire stipule que ce dernier est mis en place pour le recouvrement total ou partiel, auprès des usagers, des coûts de réalisation et de fonctionnement du service d'assainissement liquide et de traitement des eaux usées.

I.2 Les textes relatifs à la protection de l'environnement

La protection et la mise en valeur de l'environnement sont deux paramètres vitaux tout deux pris en compte dans la **loi n°11-03** à travers son **article 2** qui mentionne la nécessité d'un équilibre entre les exigences du développement national et celle de la protection de

l'environnement lors de l'élaboration des plans sectoriels de développement mais également mise en application effective des principes tel que l'utilisateur payeur et le pollueur payeur.

Par rapport à l'environnement, la réglementation par la Charte Communale relatif à l'hygiène, la salubrité et l'environnement charge le Conseil Communal dans son article 40 de veiller à « l'évacuation et au traitement des eaux usées et pluviales » et à « la lutte contre toutes les formes de pollution et de dégradation de l'environnement et de l'équilibre naturel ». La pollution que provoque l'eau usée au niveau de l'environnement a un impact qui est soit direct soit indirect. Le premier peut se faire par contact avec les matières fécales, une mauvaise utilisation de la toilette, une croissance de moustiques dans les eaux grises ruisselantes, etc.... Cet impact se traduit par une demande de la part de la population. Le second impact dit indirect est créé par la contamination du milieu naturel en général et des ressources en eau en particulier. A moins que la nappe ne soit directement utilisée par la communauté servie, cet impact ne peut générer qu'une demande réduite au niveau de population rurale.

◆ **Les normes de rejets domestiques**

Les trois paramètres principaux de mesure de pollution des eaux usées domestiques sont la Demande Biochimique en Oxygène durant cinq (5) jours (DBO5), la Demande Chimique en Oxygène (DCO) et les Matières En Suspension (MES). Ces trois paramètres sont soumis à des normes de délai d'application sans selon la législation et qui diffèrent selon que le rejet se fasse en amont d'un réseau de canalisations de station d'épuration ou dans le milieu naturel. Elles sont complétées par celles relatives à la qualité des eaux destinée à l'irrigation émises par le décret 1270/01 du 17 Octobre 2002. Mes normes de rejets domestiques au Maroc s'établissent comme suit : DBO5= 120 mgO2/L, DCO= 250 mgO2/L et MES= 150 mg/L

II. Réutilisation des eaux usées épurées

Le cadre juridique de la réutilisation des eaux usées épurées au Maroc est décrit sur la loi sur l'eau et aussi sur quelques décrets.

II.1 Loi 36-15

Cette loi définit **l'eau usée** comme étant une eau qui a subi une modification de sa composition ou de son état naturel du fait de son utilisation.

Elle traite la réutilisation des eaux usées dans son chapitre V : Valorisation et utilisation des eaux non conventionnelles plus précisément dans sa première section : Réutilisation des eaux usées et des boues d'épuration.

Dans le domaine hydraulique décrété par cette loi, **l'eau usée** est considérée comme une composante ce dernier. Cette appartenance est définie dans l'article 5 de la première section :

L'article 5 : Le domaine public hydraulique est constitué de toutes **les eaux** continentales, qu'elles soient superficielles, souterraines, douces, saumâtres, salée, minérales ou **usées** ainsi que des eaux de mer dessalées écoulées dans le domaine public hydraulique et des ouvrages hydrauliques et leurs annexes affectés à un usage public.

II.2 Exigence de conformité aux normes

Art 64 : La réutilisation et l'exploitation de l'eau usée pour n'importe quel usage doit être conforme aux normes de qualité requises selon l'usage et l'exploitation, fixées par voie réglementaire.

II.3 Interdictions d'usage des eaux usées épurées

Dans le même article 64, stipule que les eaux usées épurées ne doivent pas être réutilisées à la boisson, à la préparation, au conditionnement ou à la conservation de produits ou denrées alimentaires.

La réutilisation des eaux usées épurées est interdite pour le lavage ou le refroidissement des récipients ou autres objets destinés à contenir des produits conditionnement ou leur conservation.

II.4 Exigence d'autorisation pour la REUSE

- Pour réutiliser les eaux usées il faut une **autorisation préalable de l'agence de bassin hydraulique** ;
- Exception de la réutilisation des eaux usées issues des dispositifs d'assainissement autonomes agréés. Cette utilisation doit être **déclarée** à l'agence de bassin hydraulique.
- L'autorisation fixe la **durée** de l'autorisation, les **prescriptions techniques** relatives à la réutilisation des eaux usées et, à **leur épuration**, le **volume et l'usage** qui sera fait des eaux usées, les **mesures à prendre** pour protéger le milieu naturel et les conditions de suivi et de surveillance ;
- Cette autorisation est **suspendue ou révoquée** sans indemnité :
 - a. Si les eaux reçoivent une utilisation autre que celle autorisée ;
 - b. En cas d'arrêt de l'épuration des eaux usées lorsque celle-ci est obligatoire ;
 - c. En cas de détérioration de la qualité des eaux usées épurées.

II.5 Suivi de la qualité des eaux usées épurées

Le gestionnaire ou le propriétaire de la station d'épuration des eaux usées doit faire un suivi de la qualité de l'eau en faisant des analyses selon les modalités précisées par texte (arrêté des normes).

A ce qui concerne le financement du suivi de la qualité, le bénéficiaire du projet de REU doit être à mesure de participer au recouvrement de ces frais.

II.6 Aides financières

Tout projet de réutilisation des eaux usées peut bénéficier du concours financier et de l'assistance technique de l'agence de bassin hydraulique et de l'administration.

II.7 Le décret n°2-97-875 du 4 février 1998 relatif à l'utilisation des eaux usées

Si l'article 66 de la **loi sur l'eau** parle d'une autorisation de la part de l'agence de bassin, ce décret fixe les conditions de l'autorisation d'utilisation des eaux usées épurées délivrée par l'Agence du Bassin Hydraulique ainsi que les modalités d'octroi du concours financier de l'état lorsque l'utilisation de ces eaux permet de réaliser des économies d'eau et de préserver les ressources en eau contre la pollution.



PARTIE II : METHOLOGIE DE TRAVAIL

Chapitre 1 : Présentation de la zone d'étude

La zone d'étude concernée par ce présent travail regroupe 9 communes rurales réparties sur deux provinces de la région de Draa Tafilalet à savoir Er-Rachidia et Tinghir. Ces dernières appartiennent toutes deux au bassin versant de Maider dont les ressources en eau de surface principalement issues des précipitations s'élevaient à 68 Mm³/an selon les chiffres de 2014. Elle couvre un ensemble de 67 Douars (Voir Annexe 1).

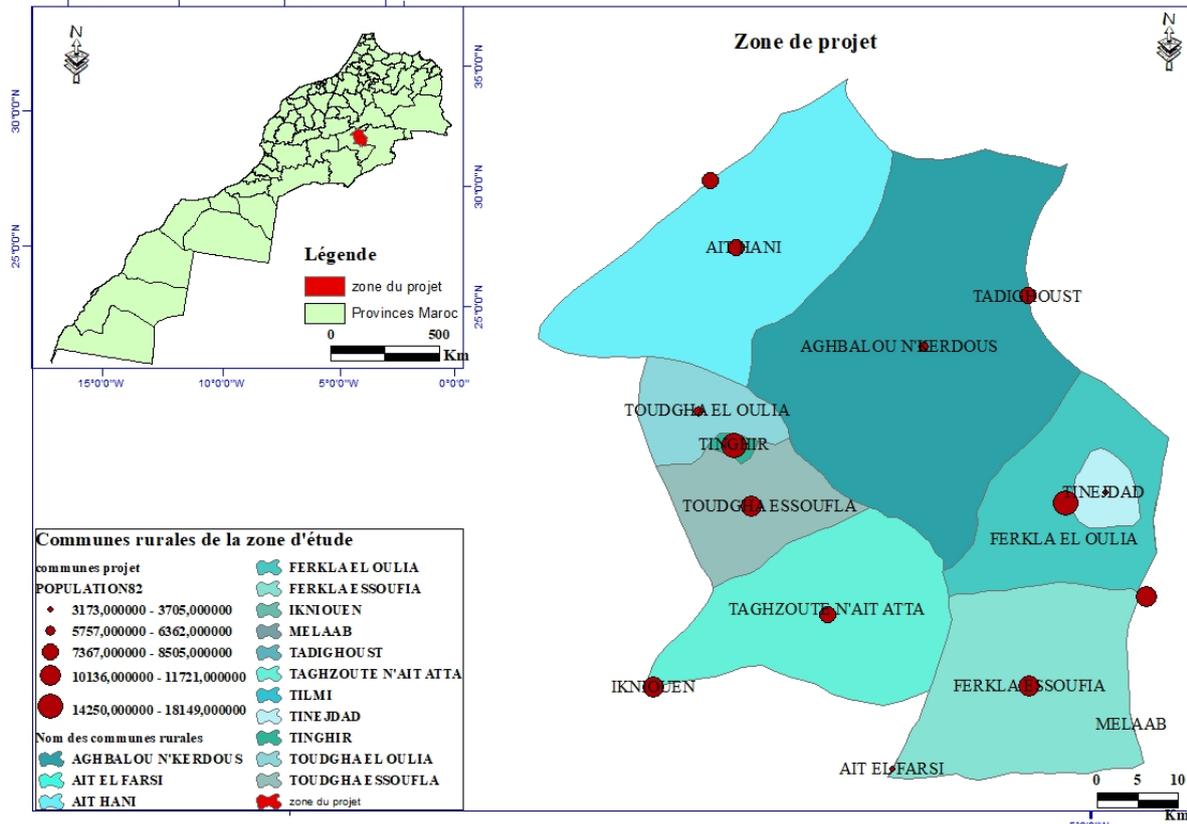


Figure 29: Localisation de la zone d'étude

I. Bassin de Maider

Le bassin du Maïder s'inscrit géographiquement dans le bassin versant du Rhéris au sens large dont il constitue le principal et le plus étendu des bassins affluents. Cette région, toute entière comprise dans l'Anti-Atlas, constitue la partie à la fois méridionale et orientale de ce domaine. Elle est limitée au Nord par le vaste ensemble Saghro oriental-Ougnate, à l'Est par la plaine de Tafilalet, à l'Ouest par le Jbel Bani oriental, enfin au Sud et Sud-Est par la hamada crétacée des Kem-Kem. Le bassin du Maïder est constitué par le versant sud du Jbel Saghro drainé par les oueds Taghbalt, Hassaïa, Fezzou et Msissi. Le drain naturel de cette vaste zone de convergence hydrographique, l'oued Maïder, aboutit finalement au Rhéris, peu en amont de la confluence Ziz-Rhéris, au niveau de HassiRemlia. Le réseau hydrographique se situe entièrement dans le domaine saharien. Sa superficie est de l'ordre de **14 000 km²**.

Il couvre 5 provinces de la région comme l'illustre la **figure X** ci-dessous :

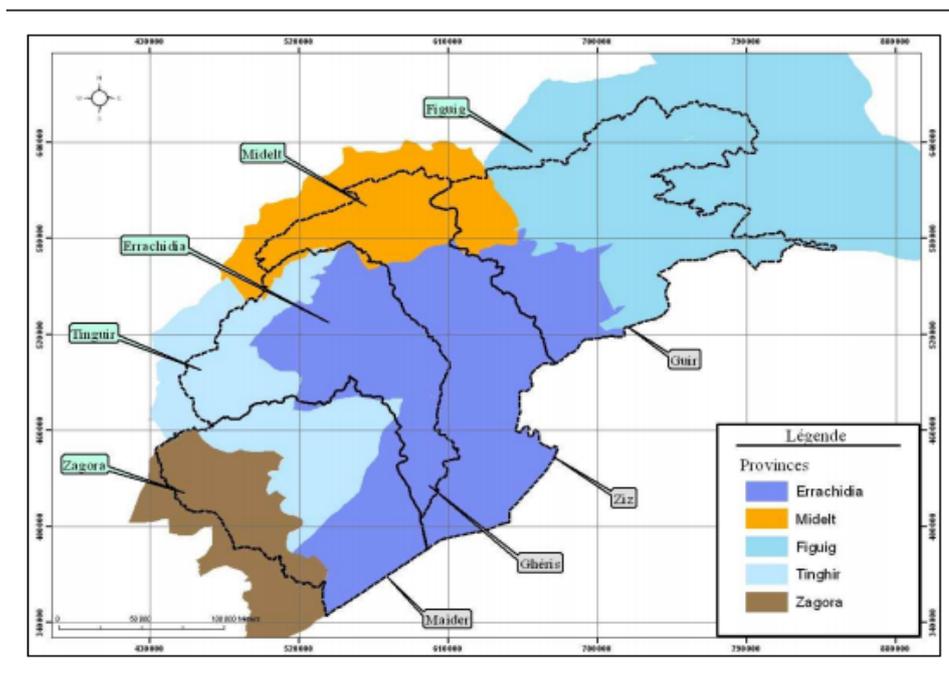


Figure 30: Vue d'ensemble du Bassin Maïder avec ces 5 provinces

Source : Mission I : Evaluation des ressources en eau Edition définitive 1101_PDAIRE GRZM Ph1_Rap M1_def_OS_Mars_2011

I.1 Climat

Le climat aride à semi-aride devient saharien au sud. La pluviométrie moyenne annuelle de l'ordre de 90 mm/an. Les précipitations varient de 200 mm sur le Jbel Saghro, à 100 mm sur les premières plaines de N'Kob et de Alnif, et à 50 mm sur la plaine aval de Maïder. Dans les sommets au-delà de 2000 mètres d'altitudes, les précipitations se présentent sous forme de neige. Dans les plaines, les températures maximales dépassent 40° C en Juillet et il peut geler en hiver.

I.2 Ressources en Eau

Le bassin du Maïder, qui s'étend sur 12 374 km², est constitué par le versant sud du Jbel Saghro qui est drainé par les oueds Taghbalt, Hssia, Fezzou et Mcissi. Il est limitrophe avec le bassin du Dadès au Nord et avec le bassin du moyen Draa à l'Ouest.

Du point de vue hydrologique, le bassin peut être décomposé en deux sous-unités relativement homogènes. Le sous-bassin Haut Maïder et le sous-bassin Bas Maïder.

Les crues non dérivées s'épandent naturellement dans la cuvette qui porte le nom de Maïder. Cette zone, de parcours en année sèche, est formée de sols fertiles et s'étend sur une superficie de 10 000 ha. Elle est exploitée par la tribu des Aït Atta. Seules les crues exceptionnelles franchissent Foum El Maïder pour rejoindre l'oued Gheris.

Le bassin du Maïder forme le sous-bassin le plus étendu du Gheris, avec comme drain naturel l'oued Maïder qui le rejoint, au niveau de Hassi Remlia. La superficie est constituée pour moitié de reliefs et pour moitié de plaines de comblement de matériaux d'érosion et de dépôts.

Au sein de l'unité de Maïder, les ressources en eau souterraines connues se trouvent dans les nappes superficielles de Mcissi, Fezzou, Hssia et Taghbalt et dans les nappes primaires.

I.3 Les Systèmes de Cultures pratiqué dans le Bassin de Maider

Le secteur agricole constitue l'une des principales sources de revenus et fait travailler la majeure partie de la population active des provinces du bassin, occupant ainsi le premier rang dans le développement de l'économie au niveau de la zone d'étude. Cette agriculture est dominée par la micro-propriété ; en effet, la superficie moyenne par exploitation, est estimée à 1 ha, avec 3 parcelles en moyenne par propriétaire. Les exploitations, dont la superficie est inférieure ou égale à 5 ha, représentent 98%.

La superficie irriguée est de l'ordre de 11.335 ha dans le bassin de Maider (*Source monographie CMV ORMVA/TF Etudes des schémas directeur des bassins de Todgha et Maider - SCET -SCOM*). Elle peut être scinder en deux zones munies de système de culture différent :

- Le **Haut Maider** caractérisé par un système de cultures à trois niveaux, le palmier dattier, l'olivier et les cultures sous-jacentes (céréales, fourrages, légumineuses alimentaires et maraîchage) ;
- Le **Bas Maider** qui est une zone de plaine caractérisée par un système de cultures à deux étages, le palmier dattier et les cultures sous-jacentes (céréales, fourrages et cultures de rente).

Selon les statistiques les plus récentes qui englobent à la fois la zone du Maïder et celle du Gheris, le palmier dattier représente près de 40% du nombre de pieds arboricoles et l'olivier en représente environ 30%.

Les principales variétés de palmiers dattiers rencontrés au niveau de la zone sont de types : Khalt, Boufeggous et Majhoul. Ainsi, pour le GIE d'Alnif représentant la zone Maïder, "Khalt" est la variété la plus représentée avec plus de 94% de l'effectif de pieds, contre 4% pour la variété "Boufeggous" et moins de 2% pour "Majhoul".

Le rendement moyen du palmier est de l'ordre de 15 à 20 kg/pieds.

90% des pieds d'olivier sont de variété "Picholine Marocaine" qui est destinée soit à l'olive de table soit à la trituration pour l'extraction de l'huile. Les rendements moyens varient entre 16 et 25 qx/ha.

L'occupation des sols par les cultures annuelles fait ressortir l'importance des céréales avec 44% de la SAU (les blés, l'orge et le maïs cultivé en dérobé) avec des rendements variants entre 17 et 25 qx/ha pour les blés, entre 13 et 20 qx/ha pour l'orge et 15 qx/ha pour le maïs.

Source : PDAIRE 2011.

Tableau 21: Occupation du sol dans le bassin de Maïder, 2011

Cultures	Superficie en Ha	Nombre de pieds
Céréales	4.195	
Fourrages	1.393	
Légumineuses	657	
Maraîchages	365	
Autres	267	
Palmier		41.000
Amandier		3.010
Plantations diverses		46.500

Source : Etude d'actualisation du PDAIRE, 2011

Les cultures fourragères occupent près de 13% de la SAU ; la luzerne étant la principale culture fourragère avec un rendement variant entre de 48 et 110 T/ha. L'importance accordée aux cultures fourragères et à celle de l'orge traduit la forte interaction entre la production végétale et la production animale dans la zone.

Destinées essentiellement à l’autoconsommation, les légumineuses (avec 3% de la SAU) et les cultures maraîchères (2,5%) occupent des superficies limitées.

Des cultures de rentes sont également pratiquées mais sur des superficies très réduites avec notamment le henné et le cumin qui génèrent des revenus relativement importants.

II. Province de Tinghir

La province de Tinghir a été créée par le Décret n° 2-09-319 du 17 Jomada II 1430 correspondant au 11 juin 2009 modifiant et complétant le Dahir n° 1-59-351 du 1er Jomada II 1379 correspondant au 2 décembre 1959 relatif à la division administrative du Royaume. Elle est délimitée à l’Ouest par la province de Ouarzazate, à l’Est par la province d’Errachidia. au Nord par la province d’Azilal, au Sud par la Province de Zagora, et au Nord-Est par la Province de Midelt.

Cette nouvelle province compte 289550 habitants sur une superficie de 13619km² avec une densité de 21 hab./km². Elle compte au total 25 commune dont :

- 3 communes urbaines : Tinghir, Boumalne et Kelaa Mgouna
- 25 communes rurales : Toudgha el Oulia, Toudgha Es Soufla, Ouakrim, Taghzout, Assoul, Imider, Aït Sedrat Jbel, Aït Sedrar Sahl (amont et aval de l’oued Dades), Lkhémis, Iknouen, M'semrir, Aït el Farsi, Aït Oussif, Aït Youl, Ighil n'Oumgoun, et Tilmi, Alnif, Assoul, Imeder, Aït Zeggane

Les communes rurales concernées par le projet se localisent au niveau des cercles de Tinghir et Assoul comme l’illustre le tableau suivant :

Tableau 22:Communes rurales ciblées par le projet dans la province Tinghir

Cercle	Municipalité, Commune rurale	Superficie Km ²
Tinghir	Muni Tinghir	41
Assoul	CR Ait Hani	782
	CR Toudgha El Oulia	14
	CR Toudgha Es Soufla	120
	CR Taghzout N’Kerdous	404

III. Province d’Errachidia

Représentant le chef-lieu de la région, la province d’Er-Rachidia est délimitée au nord par la province de Midelt, au nord-est par la province de Figuig, au sud et au sud - est par l’Algérie, et à l’ouest, par les deux provinces de Tinghir et Zagora. Elle s’étend sur une superficie de 60000km² avec une population totale de 92374 hab. en 2014. Après le nouveau découpage administratif (décret n° 320-09-2du 17 Jomada II 1430 (11- 06-2009) la province d’Errachidia compte actuellement 29 communes dont 7 municipalités et 22 communes rurales partagé entre 4 cercles Er Rachida, Erfoud, Rissani et Goulmima. Notre zone d’étude cible particulièrement 4 communes rurales du cercle de Goulmima comme l’illustre le tableau suivant :

Tableau 23:Communes rurales ciblées par le projet dans la province d'Errachidia

Cercle	Municipalité, Commune rurale	Superficie Km²
Goulmima	Muni Tinejdad	14
	CR Aghbalou Nkerdous	1263
	CR Ferkla Al Oulia	596
	CR Ferkla Es Soufla	320

Chapitre 2 : Démarche de Diagnostic de la région

Dans cette partie du travail il a été question d'effectuer un diagnostic de la région suivant un processus de travail participatif mettant en évidence les points forts, les points faibles, les potentialités et les menaces du territoire relatif aux changements climatiques mais également en termes d'assainissement et de réutilisation des eaux usées. Une recherche des écarts entre les représentations des différents acteurs a été faite mettant en évidence les atouts et les attentes dans le territoire, de même qu'une recherche des causes des dysfonctionnements des axes de progrès.

Ce diagnostic précité s'est établi suivant les étapes illustrées dans la figure ci-dessous :

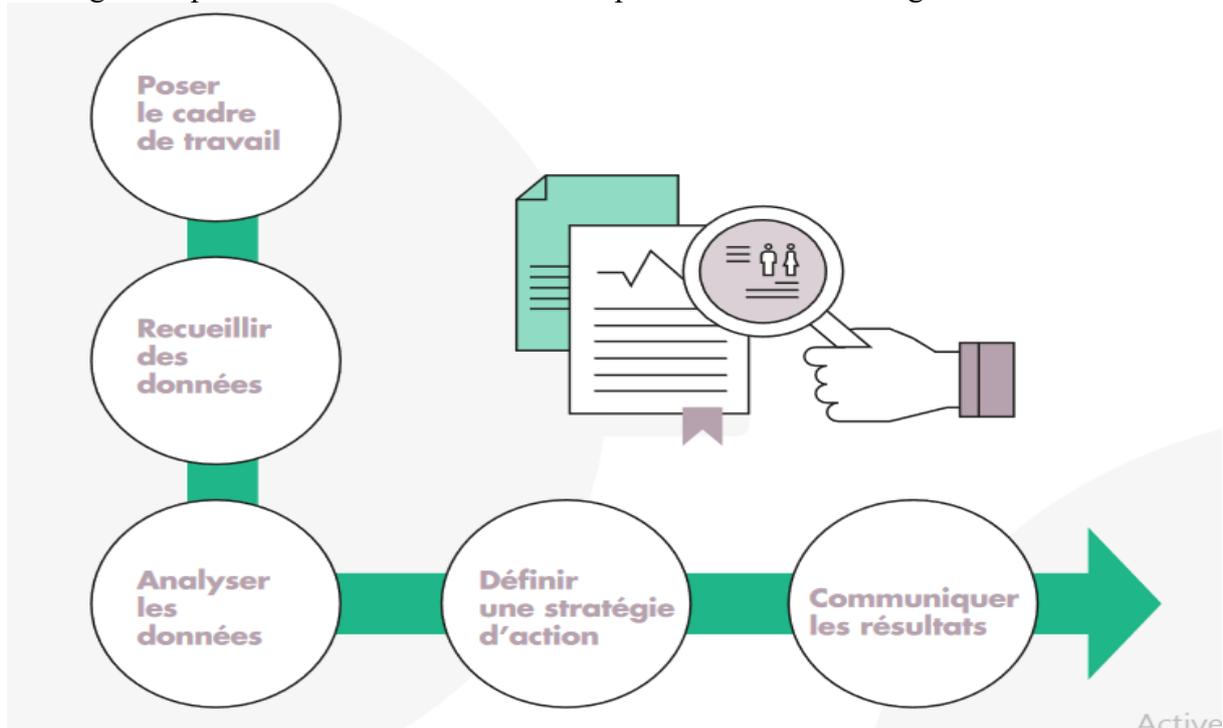


Figure 31: Schéma de diagnostic

I. Approche Méthodologique

La méthodologie adoptée pour notre étude diagnostic aura permis de mieux appréhender la problématique de la région en termes d'assainissement et de réutilisation avec une évaluation des facteurs qui lui sont directement ou indirectement rattachés. Elle s'est scindée en trois grandes étapes : une vision à différente échelle du milieu afin de mieux cerner le territoire avec ses atouts et enjeux, une collecte des données de terrain et enfin une analyse de ces données afin de déterminer les enjeux utiles pour construire un projet et/ou des actions adaptées au territoire. Cependant, compte tenu de la situation sanitaire mondiale actuelle liée à la pandémie du Covid-19, nous n'avons malheureusement pas pu effectuer une descente sur le terrain pour la collecte des données, nous nous sommes donc contentés de données prélevées dans la documentation disponible et des images satellitaires.

I.1 Vision à l'Echelle de :

Pour bien cerner la problématique, il faut suivre une étude logique c'est-à-dire mener une étude du général au particulier. Une première phase consistera à caractériser la problématique par des paramètres qui vont être étudiés à une échelle donnée. Cette échelle dont on parle ici peut être un découpage administratif ou une unité hydrologique etc. Les échelles choisis dans le cadre de ce travail sont :

I.1.1 La Région de Draa Tafilalet

Pour une meilleure situation dans le contexte géographique, une vision à l'échelle régionale s'est avérée utile. Pour ce faire, des échanges par e-mail interposés avec des responsables des organismes liés à la gestion de l'eau et de l'environnement dans la région ont été nécessaires. A défaut d'un déplacement sur le terrain des documents tels que la Monographie de la région, le rapport de l'ANZOA, et les PDAIRE nous ont aussi été d'une très grande utilité.

I.1.2 Bassin de Maider

Cette échelle d'étude a constitué une vision un peu plus restreinte de notre zone d'étude avec une vue sur ces 5 provinces et les communes qui les composent. Elle a donc permis un diagnostic plus ciblé et plus concis avec une connaissance de l'état des lieux en termes d'assainissement, effet de changement climatiques et réutilisation mais aussi la ou les politique (s) mise(e) en place ou encours. Nous avons d'une part eu des échanges par email et téléphone avec des responsables de l'ABHGZR et d'autre part fait recours à des documents tel que les plans communaux de développement des communes cibles.

Source des Données :

- **Agence du Bassin Hydraulique de Guir Ziz Rthesis (ABHGZR)**

La superficie de la zone d'action de l'ABHGZR s'étale sur 58.000 km² et couvre deux régions : le Draa Tafilalet et l'Oriental. Cinq provinces se situent au niveau du bassin de Maider : Figuig, Errachidia, Midelt, Tinghir et Zagora

- **Ministère de l'intérieur**
- **ANDZOA**
- **PDIARE**

II. Méthodes et Outils d'Analyse

II.1 Les méthodes d'Analyse

Il existe plusieurs méthodes d'analyse de données dont l'ingénieur peut faire usage pour identifier les causes d'un mauvais fonctionnement et proposer des solutions. Parmi ces méthodes nous pouvons citer :

II.1.1 La Méthode ABC

Elle permet de classer des éléments suivant un critère bien défini, en trois groupes désignés par A, B et C, d'où l'appellation « **méthode ABC** ».

La **classe A** est celle des éléments les plus impactant suivant le critère défini ; les éléments de la **classe B** sont moins impactant que ceux de la classe A, mais plus impactant que ceux de la **classe C**.

En moyenne, on observe que la classe A est constitué de 20% d'éléments qui représentent 80% du critère défini. Ces pourcentages peuvent justifier l'appellation **20/80** de cette méthode. Et dans la pratique nous avons :

- **La classe A** qui est constituée de **10 à 20%** d'éléments qui représentent **70 à 80%** du critère défini ;
- **La classe B** qui est constituée de **20 à 30%** d'éléments qui représentent **10 à 20%** du critère défini ;
- **La classe C** qui est constituée de **50 à 60%** d'éléments qui représentent **5 à 10%** du critère défini.

Le déroulement de l'étude ABC

Les différentes étapes pour effectuer un classement ABC sont les suivantes :

- Déterminer ou définir le critère de l'étude s'il n'est pas donné ;
- Calculer la contribution en pourcentage de chaque élément selon le critère défini (rapport de la contribution de chaque élément sur la contribution totale) et le

pourcentage du nombre de références pour chaque élément (rapport du nombre d'éléments par référence sur le nombre total d'éléments) ;

- Classer les éléments dans un tableau par ordre décroissant de leurs contributions respectives ;
- Calculer pour chaque ligne du tableau (chaque élément) :
 - Le pourcentage cumulé du nombre de références ;
 - Le pourcentage cumulé de la contribution.
- Déterminer les classes A, B et C en sélectionnant les composants partant du premier dans le tableau suivant les pourcentages liés à ces classes

II.1.2 La Méthode d'analyse SWOT

Également appelé la matrice SWOT, cette méthode d'analyse est un outil d'analyse stratégique qui permet d'obtenir une vision synthétique d'une situation. Le terme SWOT vient des initiales des mots anglais : Strengths (Forces), Weaknesses (Faiblesses), Opportunities (Opportunités) et Threats (Menaces).

Elle englobe :

- Les forces, qui sont les facteurs internes à l'entreprise et qui lui procurent un avantage sur les concurrents.
- Les faiblesses de l'entreprise, qui sont les facteurs internes négatifs qui peuvent se révéler néfastes pour l'organisation au regard de la concurrence et qui peuvent être améliorés.
- Les opportunités qui sont les situations externes, propres à l'environnement dans lequel évolue l'entreprise et qui peuvent procurer un avantage concurrentiel à l'entreprise et sur lesquelles on peut prendre appui.
- Les menaces qui sont des situations externes défavorables qui peuvent influencer négativement les performances de l'entreprise qui ont pu être identifiées au cours notamment de l'analyse de la concurrence ou de marché.

II.1.2.1 Le déroulement de l'analyse SWOT

L'analyse de SWOT peut se faire en 4 étapes pour être réussit :

- Étape 1 : Décrire le besoin
- Étape 2 : Regrouper tes concurrents
- Étape 3 : Faire l'inventaire des forces et faiblesses
- Étape 4 : Identifier les opportunités et les menaces

II.1.3 La Méthode AMDE

C'est une méthode d'analyse inductive destinée à prévenir les défaillances potentielles d'un système, d'un produit, d'un processus ou d'une organisation. Elle permet de rechercher les causes possibles de ces défaillances. Elle est également utilisée comme un outil de non qualité.

La défaillance ou le mode de défaillance se définit par rapport à une fonction requise ou attendue. Elle peut être partielle ou totale. Une fonction se définit par un verbe à l'infinitif suivi d'un ou plusieurs compléments.

II.1.3.1 Le déroulement de l'étude AMDE

La démarche se déroule typiquement en cinq étapes.

- **Initialisation** : cette étape vise à définir le périmètre de l'étude (sujet, objectifs, limites, ...etc.) ;

- **Préparation** : il s'agit de collecter l'ensemble des données d'entrée de l'étude ('analyse fonctionnelle, description des solutions, méthodes et processus de production) ;
- **Identification des modes de défaillance** : on analyse pour chaque fonction attendue, les modes de défaillance des composants ou constituants qui conduisent au non-respect des caractéristiques attendues. Pour chaque mode de défaillance, on déclinera l'effet (impact sur l'utilisateur), la cause (quel problème est à l'origine de la défaillance ?), ainsi que la détection (quels sont les moyens de contrôle existants et leur efficacité ?).
- **Recherche d'actions préventives** : il s'agit de recenser les actions destinées à prévenir les modes de défaillance.
- **Mise en œuvre des solutions** : il s'agit d'appliquer les actions à mettre en œuvre. Il faudra ensuite procéder au suivi de l'efficacité de ces actions.

II.1.4 La Méthode DMAIC

Le DMAIC est la méthode de résolution de problème qui permet de réaliser les objectifs du Lean Six Sigma (objectifs de satisfaction clients, d'économie de moyens, de bonheur au travail ou encore de protection de l'environnement).

Il s'agit d'une méthode d'investigation expérimentale, analytique et scientifique exécutée en mode projet. C'est d'ailleurs la démarche que tout bon praticien (qu'il soit médecin ou garagiste) applique afin de résoudre durablement un problème.

II.1.4.1 Le déroulement de l'étude DMAIC

La méthode comporte 5 phases :

- Tout d'abord, la phase **Define**, qui consiste à poser le problème, c'est-à-dire exprimer les symptômes douloureux ressentis par le client (comme la non-conformité aux attentes, des coûts de production trop élevée, un mal-être des collaborateurs ou encore de la pollution environnementale)
- Ensuite, la phase **Measure**, qui consiste à objectiver l'existence du problème en quantifiant son ampleur au moyen d'un indicateur (il s'agira premièrement de vérifier que le problème n'est pas psychosomatique, comme le fait un médecin en mesurant certains paramètres physiologiques comme la température corporelle ou la tension artérielle)
- Une fois le problème confirmé, vient la phase **Analyze**, qui consiste à rechercher les causes racines du problème au moyen de techniques d'investigations telles que l'analyse du processus et l'analyse des données (de même que le médecin qui prescrit une radiographie ou une prise de sang pour établir son diagnostic)
- Vient ensuite la phase **Improve**, qui vise à déterminer la solution permettant d'éliminer la cause du problème (ce n'est qu'une fois connue la cause véritable de la maladie que le médecin pourra prescrire le bon remède comme par exemple un antibiotique quand l'infection est bactérienne)
- Et enfin, la phase **Control**, qui permet de vérifier que la solution donne satisfaction et met en place un système de maintien de l'amélioration dans le temps.

II.1.5 Le Diagramme D'Ishikawa ou méthode des 5M

Appelé aussi **diagramme de causes à effets** ou **diagramme en arête de poisson**, il est le fruit des travaux du japonais Kaoru Ishikawa concernant la gestion de la qualité. Il est utilisé comme un outil de gestion de la qualité et offre la possibilité d'une réflexion en groupe pour la résolution d'un problème. Il peut aussi être utilisé comme outils d'aide au diagnostic.

Les causes de dysfonctionnement sont réparties en cinq catégories ou familles dont les désignations respectives commencent par la lettre « M », d'où l'appellation « **méthode des 5 M** ». Ces familles sont :

- Le **Milieu** : il concerne les causes liées à l'environnement physique et humain (bruits, odeurs, propreté, ambiance au travail, la législation, le marché, le contact avec le milieu extérieur, ...etc. Le milieu peut être inadapté, sale, mauvais, ...etc. ;
- Le **Matériel** : il concerne les causes liées à l'équipement, aux machines, à la technologie des outils. Le matériel peut être inadapté, indisponible, insuffisant, vétuste, mal maintenu, ...etc. ;
- Les **Méthodes** : elles concernent les causes liées à la façon de faire, les modes opératoires, les procédés, les plannings, ...etc. Les méthodes peuvent être inexistantes, inadaptées, mal utilisées, ...etc. ;
- La **Main d'œuvre** : elles concernent les causes liées aux ressources humaines directes et indirectes. La main d'œuvre peut être insuffisante, incompétente, trop âgée, mal formée, non motivée, inadapté, ...etc. ;
- La **Matière** : elle concerne les causes liées aux matières premières et aux consommables. Les matières premières et les consommables peuvent être de mauvaise qualité, insuffisantes, indisponibles, coûteuses, ...etc.

Le déroulement de la méthode des 5M

La construction d'un diagramme d'Ishikawa passe par les étapes suivantes :

- Définir clairement l'effet sur lequel l'on souhaite agir directement ;
- Lister les causes les plus probables par brainstorming (réunion où les participants donnent leur point de vue), enquête, questionnaires, entretien sur le terrain, ...etc. ;
- Regrouper ces causes en famille en se référant aux 5M ;
- Etablir des sous familles lorsque le nombre de causes par famille le justifie (sous-causes) ;
- Tracer le diagramme de causes à effet.

Pour effectuer notre diagnostic, il a été question de faire appel à la méthode de **DMAIC**

II.2 Les Outils

Nous avons eu à faire recours à divers outils informatique et d'ingénierie pour traiter les données recueillies et en extraire une interprétation. Parmi ces outils nous pouvons citer :

- ArcGIS 10.3
- Autocad 13
- Google Earth
- Excel

PARTIE III : RÉSULTATS ET DISCUSSIONS

Chapitre 1 : Analyse et Interprétation des résultats de diagnostic

I. L'Assainissement

I.1 Diagnostic global

Notre diagnostic va se porter sur les données fournies par HCP dans un premier temps. Sur l'annuaire statistique de la région de Draa-Tafilalet plusieurs termes sont abordés dont l'habitat. C'est dans cette rubrique, l'assainissement dans la région est abordé. Cette partie décrit le mode d'évacuation des eaux usées.

Dans la région de Draa-Tafilalet, les habitants pour évacuer leur eau usée, utilisent trois modes qui sont : le réseau public, les fosses septiques et un troisième mode qui regroupe les puits perdus, dans la nature et autre. Ces modes d'évacuation en classés en deux types : l'évacuation collective (réseau collectif) et la gestion individuelle qui regroupe les autres modes d'évacuation.

Les statistiques de 2014 montrent que dans cette région, la province de Midelt enregistre le grand taux de connexion au réseau public dans le milieu urbain avec 89,5%. Ce taux reste très faible au niveau de la zone rurale de toutes les provinces de la région où les modes d'évacuation sont les puits perdus, dans la nature et autre.

Ces statistiques montrent également que l'assainissement individuel reste prédominant dans les zones urbaines de la province de Tinghir contrairement à Midelt.



Figure 32: Taux de connexion en fonction des modes d'assainissement dans le milieu urbain de Draa-Tafilalet (HCP)

Dans le milieu rural de la région, les statistiques montrent que :

- Le taux de raccordement sur le réseau collectif reste très faible dans le milieu rural ;
- Dans ce même milieu, les puits perdus, la défécation dans la nature et autre sont les modes d'évacuation les plus répandus ;
- Le troisième mode d'évacuation est plus utilisé dans les provinces de Midelt et Ouarzazate.

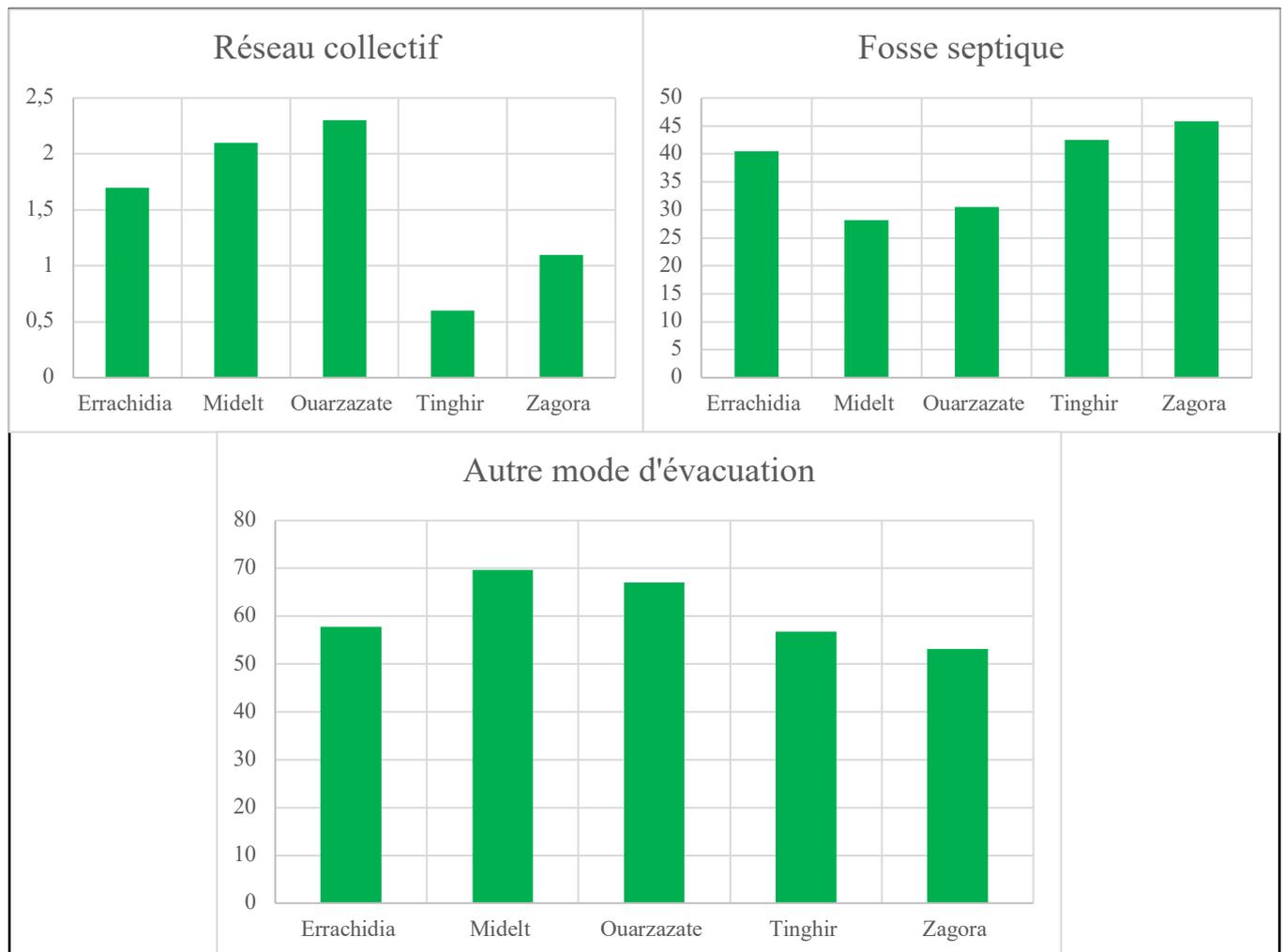


Figure 33: : Taux de connexion en fonction des modes d'assainissement dans le milieu rural de Draa-Tafilalet (HCP)

Pour approfondir ce diagnostic, on est allé jusqu'au niveau des provinces, pour voir l'état d'avancement de l'assainissement dans le cadre du programme national de l'assainissement mutualisé (PNAM).

Ce diagnostic est basé sur les documents qu'on a pu recevoir de la part des organismes en charge de la gestion des déchets liquides. La collecte des données aurait pu se faire par les enquêtes directes auprès de la population, par les entretiens avec les responsables des services techniques des communes et aussi les organismes en charge de l'assainissement mais vue la situation actuelle, on s'est contenté de contacter ces organismes par e-mail.

Tout mode d'assainissement représente une structure formée de trois grandes parties dont :

- **Structure amont** : cette structure comprend les systèmes de collecte ou de recueil des eaux usées.
- **Structure intermédiaire** : comprend les systèmes de transport ou d'évacuation hors du milieu domestique.
- **Structure aval** : STEP ou point de rejet (+ réutilisation et valorisation éventuelle).

Chaque structure nécessite des moyens techniques, humains et un investissement conséquent c'est d'ailleurs ce qui entrave la réalisation de ce genre de projet.

En tenant compte du système de structure, on peut distinguer deux systèmes d'assainissement dont le système collectif et individuel.

I.2 Assainissement collectif

Ce système comprend les trois structures dans son ensemble et se termine souvent par une station d'épuration où l'eau sera traitée avant d'être rejetée ou réutilisée mais n'exclut pas que certain système collectif ait pour exutoire directement la nature.

Dans la zone d'étude, seule la municipalité de Tinejda qui bénéficie d'un réseau d'assainissement liquide collectif qui fonctionne en système séparatif qui se termine par une STEP de type lagunage naturel qui traite 600 m³/j. cette station a été mise en service depuis 2006.

Structure du réseau

Le réseau d'assainissement de la ville est d'environ 24,8 Km, dont 10,5 Km pour le réseau d'ossature et le reste pour le réseau de desserte. Les collecteurs du réseau sont en PVC1 et en CAO², de diamètre variant entre 200 et 500mm. Sur le long du réseau, il y également des regards. Pour des contraintes topographiques, la ville possède une station de relevage. Et le réseau se termine par une STEP.

I.2.1 Résultats de diagnostic

Après entretien avec un lauréat de l'I.A.V qui a déjà visité ce réseau, on est arrivé à ces conclusions :

Les conduites d'assainissement et certains ouvrages annexes sont en bon état mais certains regards doivent faire l'objet d'un entretien ou être remplacés carrément.

Au niveau de la station d'épuration, il y a dégradation des ouvrages comme les grilles du prétraitement et aussi les ouvrages en béton dont certains sont parfois remplis en partie par le sable.

I.3 Assainissement Individuel

L'assainissement non collectif ou assainissement autonome signifie les installations individuelles de collecte et traitement des eaux domestiques. Ces dispositifs concernent les habitations qui ne sont pas desservies par un réseau public de collecte des eaux usées et qui doivent en conséquence traiter elles-mêmes leurs eaux usées avant de les rejeter dans le milieu naturel ou les réutiliser.

Ce type d'assainissement comprend les fosses septiques, les puits perdus et autre.

I.3.1 Fosses septiques

Les fosses septiques sont des systèmes d'assainissement autonomes modernisés qui assurent la collecte, le transport, le traitement et l'évacuation des eaux usées domestiques ou assimilées.

Ce système est structuré de la façon suivante :

- La collecte et le transport des eaux usées domestiques en sortie d'habitation sont réalisés par un dispositif de collecte (boite, etc.) suivi de canalisations ;
- Le traitement des eaux usées est réalisé soit :
 - ✓ Dans le sol en place, ou un sol reconstitué avec traitement amont par fosse septique toutes eaux,
 - ✓ Par un dispositif de traitement agréé par les Ministère ;

- L'évacuation des eaux usées domestiques traitées est réalisée en priorité par infiltration (1) dans le sol et à défaut par rejet vers le milieu hydraulique superficiel (2) (cours d'eau, fosse...)

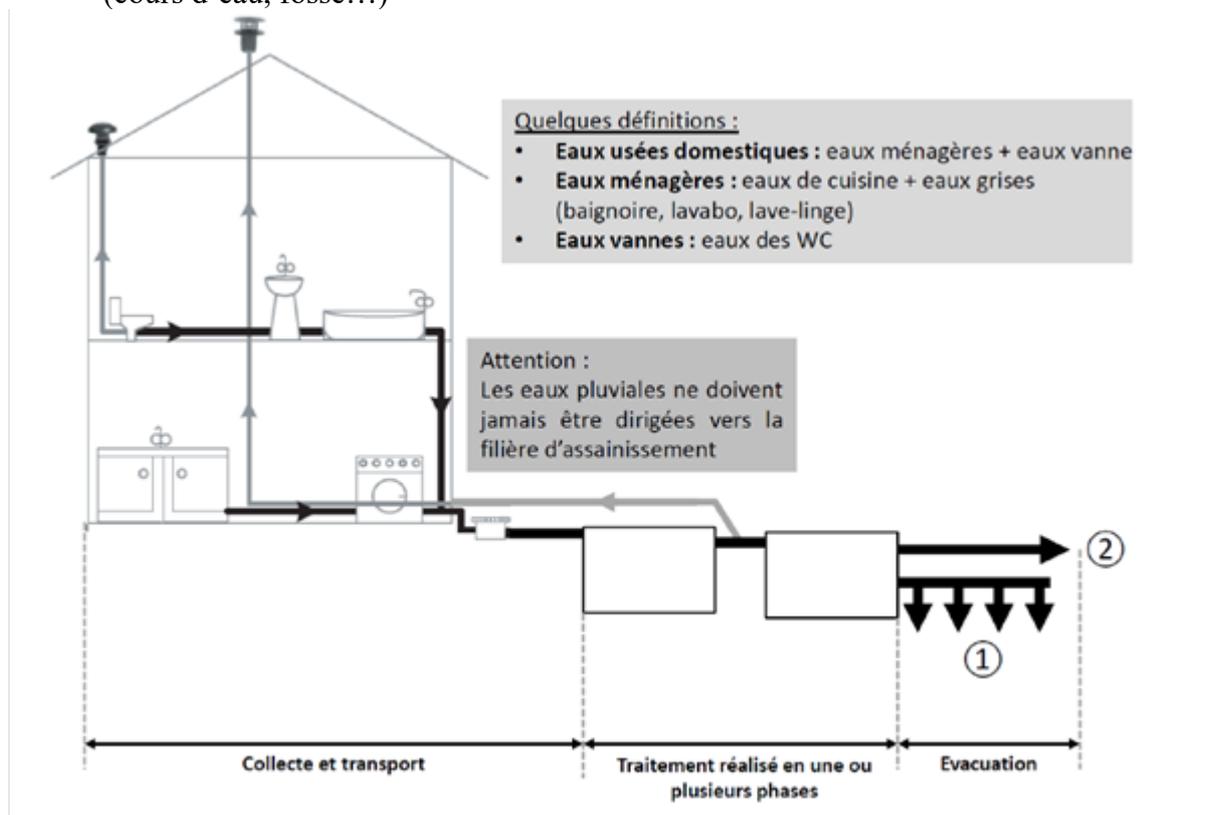


Figure 34: Schéma de l'assainissement par une fosse sceptique

Le choix de ce système est conditionné par deux facteurs :

- La taille de l'habitation ;
- Les caractéristiques du site.

I.3.2 Puits perdus

Comme son nom l'indique, ce mode d'assainissement consiste à creuser profondément un puits afin qu'il puisse recevoir les eaux usées pendant une longue période et une fois rempli, il peut être vidé ou fermé définitivement.

I.3.3 La défécation à l'air libre

Consiste à s'éloigner de la zone d'habitation pour satisfaire ses besoins. Cette pratique est largement utilisée dans le milieu rural dépourvu de système d'assainissement amélioré.

I.3.4 La situation de l'assainissement autonome dans la zone d'étude

Dans cette zone voire même la région, ce mode d'assainissement reste largement pratiqué dans le milieu rural comme le démontre les statistiques du Haut-Commissariat au Plan.

Voici donc le niveau d'assainissement de quelques communes rurales dans la zone d'étude :

- **Commune rurale Ait Hani**

Dans la commune rurale Ait Hani, 0.2% des ménages habitent dans un logement raccordé au réseau public d'assainissement, 36.1% utilisent des fosses septiques, 30% jettent les eaux usées dans des puits perdus, et 31.2% les jettent dans la nature. Alors que 2.5% utilisent d'autres modes d'évacuation des eaux usées.

Les autres modes d'évacuation de cette commune sont des rejets directs des eaux usées sur les voies publiques où sur les fossés.

- **Commune rurale Aghbalou**

Dans cette commune, 31,6% des ménages habitent dans un logement raccordé au réseau public d'assainissement, 16,3% utilisent des fosses septiques, 15,4% jettent les eaux usées dans des puits perdus, et 35,0% les jettent dans la nature ; Alors que 1,7% utilisent d'autres modes d'évacuation des eaux usées.

Cette statistique du HCP montre il y a au moins un raccordement important au réseau public mais il reste encore beaucoup d'amélioration à apporter car il y a encore 35,0% qui font la défécation dans la nature. Cette défécation est la source de pollution des eaux de surface plus particulièrement les eaux pluviales qui sont utilisées directement en agriculture.

- **Commune rurale de Ferkla Essoufla**

Cette commune est dépourvue d'un réseau d'assainissement liquide, les eaux usées sont alors évacuées de façon anarchique (puits perdus, à l'air libre). Cette situation risque de mettre en risque la qualité des eaux souterraines ainsi que la santé de la population.

- **Commune rurale d'Agoudim**

La commune rurale compte 5,3% des ménages qui habitent dans un logement raccordé au réseau public d'assainissement, 11,0% utilisent des fosses septiques, 8,9% jettent les eaux usées dans des puits perdus, 74,7% les jettent dans la nature ; alors que ,1% utilisent d'autres modes d'évacuation des eaux usées.

Ces statistiques montrent que la plus grande majorité de population de la commune utilise la nature pour le rejet d'eau usée or la plupart des douars de la commune se trouve dans un endroit très sensible à la pollution. C'est le cas du centre d'Agoudim qui se situe entre les bras de l'oued H'ssiya et aussi au-dessus d'une nappe qui alimente des khettaras.

- a. **Mode de construction des ouvrages d'assainissement autonome dans les communes rurales**

- Mode opératoire**

Le mode de construction pour les puits perdus et les fosses septiques sont identiques dans les communes rurales citées ci-haut. La plupart de ces ouvrages sont mal dimensionnés.

Pour la conception, le propriétaire de la maison appelle à constructeur local pour venir creuser le puits ou la fosse septique à l'intérieur ou à l'extérieur du bâtiment. Ces constructeurs locaux ne respectent pas les normes ce qui conduit souvent au mauvais dimensionnement.

Les critères de dimensionnement sont les même avec ceux cités dans le paragraphe fosse septique. La profondeur varie de 2 m à 6 m.

Le coût de réalisation de ces ouvrages varie d'une commune à une autre et il se situe entre 70 à 100 Dh par employé par jour.

- Vidange des puits perdus et des fosses septiques**

Comme on avait ci-mentionné dans la rubrique puits perdus, ces ouvrages se remplissent toujours après quelques années de leur construction ce qui pose des problèmes d'exploitation.

Dans certains cas, les habitants préfèrent creuser un nouveau puits plutôt que de vider l'ancien puits surtout s'ils jugent que le coût de vidange est plus élevé que celui d'un nouveau puits.

Dans d'autres cas, les habitants optent pour la vidange dont leur argument de base est le manque d'espace.

Les types de vidange utilisés au niveau de ces communes rurales sont :

- Vidange mécanique : comme son nom l'indique, elle emploie de outils mécaniques comme des camions équipés d'une citerne et d'une pompe aspirante pour vider les fosses ou les puits perdus, ces outils permettent d'éviter tout contact entre les opérateurs et les eaux usées. Ce type de vidange est trop cher pour les habitants c'est pourquoi l'Etat intervient à travers la commune pour subventionner.
- Vidange manuelle : utilise les moyens de bord pour vider les fosses ou les puits perdus. Les outils couramment utilisés dans ces communes sont : seau,

charrette citerne et pompe manuelle. Ce type de vidange reste moins utilisé car il expose l'opérateur à l'eau usée.

Pour éviter la vidange manuelle ou le creusage de nouveaux puits, la commune a mis en service un camion de vidange à pompe avec un coût de 100 Dh à 200 Dh par vidange pour chaque puits perdu.

La fréquence de vidange est entre 4 et 5 ans, celle-ci varie d'un ménage à un autre.

I.4 Diagnostic du cadre règlementaire de l'assainissement dans cette région

La région souffre des défaillances dans le service d'assainissement. Ces services sont d'ordre institutionnel, législatif :

I.4.1 Cadre institutionnel

Dans la région, le service d'assainissement est géré par le ministère de l'intérieur qui a délégué les tâches aux collectivités locales. Mais vu la limitation des ressources, des acteurs privés viennent en aide pour améliorer ce service tel est le cas des aides venant des ONG belges.

I.4.2 Cadre législatif

Dans cette région tout comme le reste du Maroc, la loi sur l'assainissement ne fait que se glisser sur les autres lois comme la loi sur l'eau. Ces lois font référence généralement à l'assainissement collectif et cela constitue une faiblesse au niveau du service d'assainissement. Il serait donc utile de faire des réformes en matière d'assainissement où des lois seront établies sur l'assainissement autonome amélioré et aussi sur la participation privée.

I.5 Faiblesses techniques et financières

L'analyse des résultats de diagnostic montre en plus des faiblesses règlementaires, des faiblesses d'ordre technique et financier.

I.5.1 Faiblesse technique

Comme montre les statistiques du HCP, la situation dans le milieu rural est alarmante. Dans la région de Draa-Tafilalet, il y a que 1,5% des ruraux qui ont accès au réseau d'assainissement collectif et le reste les moyens traditionnels. Le moyen traditionnel le plus utilisé est la défécation dans la nature tel est le cas la commune rurale d'Agoudim où 74,7% des habitants ont opté ce mode d'assainissement.

I.5.2 Faiblesse financière

Les contraintes financières constituent le plus souvent un frein pour le développement de tout secteur dont l'assainissement ne peut pas s'y échapper. L'assainissement dans la région connaît beaucoup de problèmes financiers :

- La faiblesse des produits de redevance des aménagements existants ;
- La faiblesse des subventions allouées par l'Etat à l'assainissement ;
- Manque de sensibilisation sur l'assainissement pour inciter les habitants à investir afin d'améliorer leur confort.

I.6 Solutions proposées

Après avoir réalisé une étude de diagnostic qui a révélé les faiblesses du service d'assainissement dans la région, on a pensé à proposer quelques solutions qui peuvent avoir des impacts sur ce service à court terme et à long terme. Ces solutions seront à la fois d'ordre technique, d'ordre financier et organisationnel. Chaque solution doit prendre en compte au moins un de ces critères suivants :

- Critères physiques : dépend des caractéristiques physiques du sol ;
- Critères densité : qui est fonction de la densité de la population ;
- Critères socio-économiques : qui fonction des moyens financiers et humains ;
- Critères d'une économie circulaire : qui envisage une solution intégrée.

Avant de proposer une solution, il faut aussi se poser ces questions suivantes :

Quel système d'assainissement à développer ? Solution technique

Comment financer ce projet ? Solution financière

Comment ce système sera-t-il exploité et entretenu ? Solution organisationnelle

I.6.1 Critère de l'économie circulaire

Dans le cadre d'une économie circulaire, il faut souvent opter pour des projets intégrés comme l'assainissement collectif qui se termine par une STEP qui traite l'eau usée avant d'être réutilisée ou rejetée dans la nature. La plupart des douars de la région sont groupés et certains même sont lotis par conséquent l'assainissement collectif ne serait pas mal comme solution.

Le problème pour cette solution est qu'elle demande un investissement important or les moyens financiers restent très limités.

I.6.2 Critères physiques

Si on a un sol perméable et une nappe d'eau profonde, des techniques d'infiltration sont pertinentes. Mais si la nappe est peu profonde, il est préférable d'opter pour des ouvrages étanches, afin d'éviter tout risque de contamination de la nappe.

I.6.3 Critères densité

Si le douar présente une forte densité de la population où la place disponible dans la concession est limitée, l'installation de latrines publiques est souvent une option pertinente (mais qui nécessite une vigilance particulière sur les modalités de gestion de ces ouvrages publics). Cette solution peut contourner les problèmes financiers que posent l'assainissement collectif proposé dans la première solution.

II. La Réutilisation de Eaux Usées

De nos jours, la problématique de réutilisation des eaux usées épurées constitue une préoccupation pour la plupart des pays du monde qui cherchent à placer les projets d'assainissement dans une économie circulaire. Mais fort malheureusement, beaucoup de pays accusent encore un retard dans ce domaine dont le Maroc ne ferait pas l'exception. Dans les paragraphes qui vont suivre, on fera une étude de diagnostic à partir des données collectées auprès des organismes en charge de la gestion de l'eau dans la région de Draa-Tafilalet.

II.1 Inventaire des STEP de la Région

La région de Draa Tafilalet compte à ce jour 13 stations d'épuration en service répartie sur les 5 provinces : Er-Rachidia, Midelt, Ouarzazate, Zagora, et Tinghir. Ces stations ont été mise en place dans le cadre du Programme National d'Assainissement Liquide Mutualisé (PNAM) qui prévoit d'autre STEP dans la région avec des procédés divers et varié tel que le lit bactérien, les filtres plantés etc...

Tableau 24: Capacité de traitement des STEP opérationnelles de la région de Drâa-Tafilalet (Source ABHBC)

Type de procédé	Localisation		Niveau de traitement	Capacité (m ³ /j)	Capacité Total/Procédé (m ³ /j)
	Province	Centre			
Lagunage Naturel	Er-Rachidia	Arfoud	Secondaire	2900	26553
		Boudnib		553	
		Mly Ali Cherif		1180	
		Risani			
		Tinejdad		600	
	Tinghir	Boumalen Dades	Secondaire	800	
		Kalaat M'Gouna		620	
		Tinghir		3000	
	Midelt	Midelt	Secondaire	4100	
	Ouarzazate	Ouarzazate et Tarmigt	Secondaire	9600	
	Zagora	Zagora	Secondaire	3200	
Lagunage Aéré	Er-Rachidia	Er-Rachidia	Tertiaire	7520	8420
		Et-Taoues (Merzouga et Hassi Labyad)	Secondaire	900	

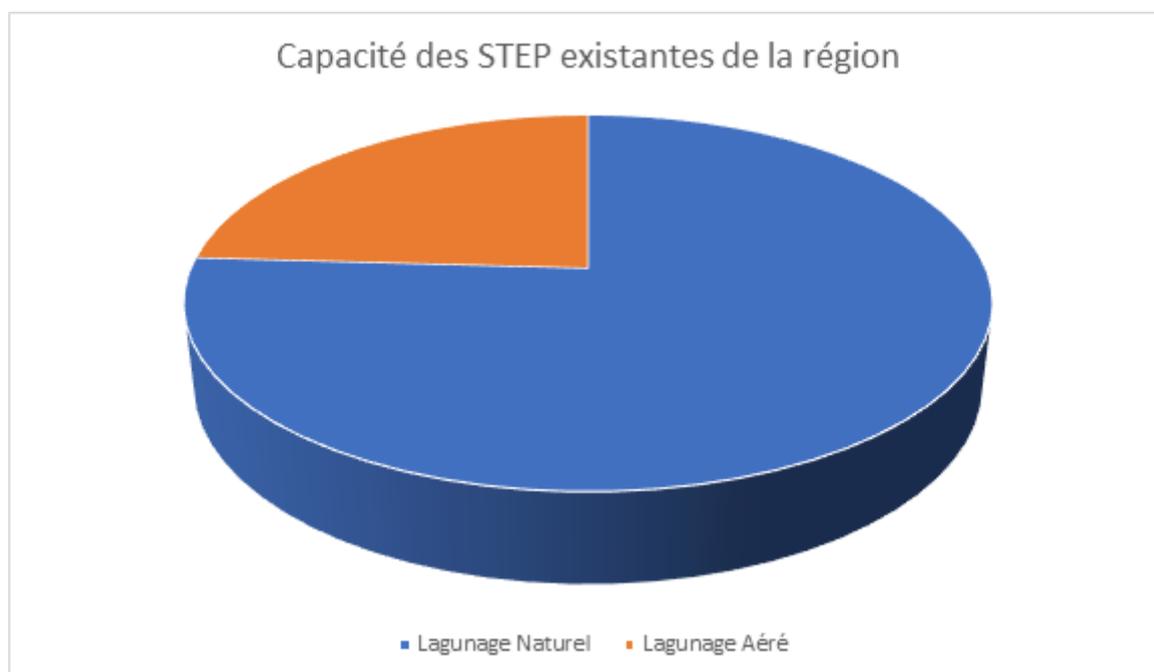


Figure 35: Capacité des Station d'Épuration opérationnelles de la Région de Draa Tafilalet en fonction du type de procédé

Dans la figure ci-dessus nous pouvons noter une présence importante de STEP de type lagunage naturel au détriment de celle du lagunage aéré dans la région.

Le Tableau nous montre que la province de Er-Rachidia est bien plus en avance en termes de traitement comparé aux autres provinces de la région avec une quantité importante d'eau usées traitée à hauteur de 13653m³ tout procédé compris et c'est donc la province la plus à même de faire l'objet de projet de réutilisation ce qui très tôt était compris par l'agence. La ville d'Er-Rachidia constitue le chef-lieu de la province d'Er-Rachidia qui fait partie de la région Draa-Tafilalet

II.2 Diagnostic d'une STEP d'Er-Rachidia

Pour notre étude diagnostic, nous avons choisie l'une des stations d'épuration de type lagunage naturel anaérobie située au niveau de la province d'Er-Rachidia à 2.15 km du centre de la ville d'Er-Rachidia et à 300 m des dernières habitations de la ville (lotissement Ain El Atti), sur la rive droite de l'Oued Ziz où l'évacuation des eaux usées épurées était effectué jusqu'à présent. Le type de procédé adopté pour cette station présente une meilleure convenance par rapports aux changement climatiques. Ladite STEP se compose d'un certains nombres d'ouvrages dont :

- Une conduite d'alimentation en béton armé DN500 ;
- Un ouvrage de prétraitement dans lequel est installé un dégrilleur manuel à barreaux inclinés ;
- Un canal (l 6.00 m x L 0.80 m) dans lequel est installé le débitmètre (type Parshall) ;
- Un répartiteur situé à l'aval immédiat de l'ouvrage de mesure de débit assurant une équipartition entre les différents bassins anaérobies ;
- 4 déversoirs (l = 0.50 m) à la sortie de cet ouvrage déversant dans un regard dont part une conduite d'alimentation vers un bassin anaérobie ;
- Un by-pass composé d'un regard 1.00 x 1.00 m, accolé au bassin d'arrivée des eaux dégrillées en amont des déversoirs, et d'une conduite DN400 du regard vers la conduite d'évacuation des eaux épurées ;
- 4 bassins anaérobies identiques fonctionnant en parallèle et d'une capacité de près de 7 711 m³ chacun. Le temps de séjour effectif par bassin est de l'ordre de 7.8 j, ces bassins peuvent être vidés par un groupe motopompe centrifuge immergé et relevable ;
- Une conduite d'évacuation des eaux usées épurées vers l'Oued Ziz a un diamètre DN 400 mm et une longueur de 900 ml.

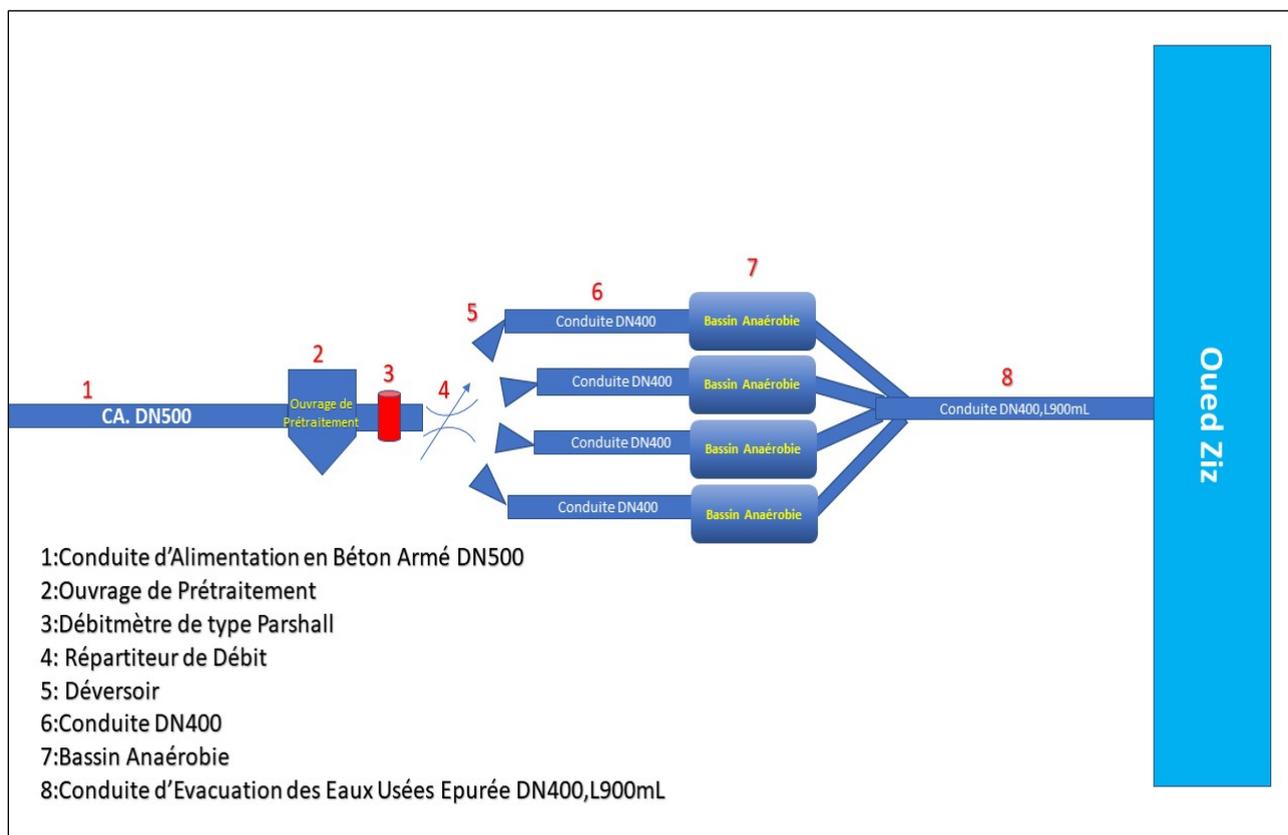


Figure 36:Ouvrages constitutifs de la STEP d'Er-Rachidia

Cette même STEP se heurte à certains problèmes qui viennent contraindre son fonctionnement optimal, ces derniers se résument en quatre points :

- Le rejet des eaux épurées dans l'oued Ziz, dont les eaux ne sont plus pérennes depuis la réalisation du barrage Hassan Addakhil ;
- L'interception des eaux épurées par les agriculteurs via une seguia d'irrigation pour irriguer leurs parcelles agricoles alors que la qualité de ces eaux ne répond pas aux normes de réutilisation (dépassement en DBO5 et MES) ;
- La proximité du site de la STEP des habitations (moins de 300 m), qui se rapprochent de plus en plus, engendrant plusieurs plaintes dues aux nuisances olfactives surtout le soir et en été ;
- Les hypothèses de dimensionnement prises en compte plafonnées font que le fonctionnement ne pourrait pas dépasser l'horizon 2025 sans risques importants d'émanation d'odeur.

Face à ces contraintes une étude détaillée d'épuration complémentaire des eaux usées a été engagé par la ville d'Er-Rachidia suite à quoi une variante a été retenu comprenant : des ouvrages de prétraitement (ceux existants actuellement), un traitement secondaire via des bassins aérobies (5 à l'horizon 2030), et tertiaire à l'aide de bassins de maturation pour assurer une qualité conforme aux normes de réutilisation agricole.

II.3 Niveau de réutilisation des eaux usées dans la province d'Er-Rachidia

A ce niveau compte tenu de notre absence d'enquête justifiée dans le paragraphe Collecte des données (partie II- Chapitre II), nous nous sommes basés sur les données d'enquête du PDAIRE de la région dans sa Sous-Mission II (.2 Etat d'utilisation des ressources en eau). Enquête ayant permis de savoir que les eaux usées épurées sont interceptées par les

agriculteurs situés à l’aval de la STEP d’Er-Rachidia à travers une séguia d’irrigation située sur la rive droite de l’oued Ziz à côté du rejet. Cet ouvrage d’irrigation est alimenté par les lâchers du barrage Hassan Addakhil. Les agriculteurs ne recourent à la déviation des eaux usées épurées de la STEP que lors de l’arrêt des lâchers du barrage. Ces eaux usées épurées réutilisées par les agriculteurs ne répondent en rien aux normes de réutilisation agricole. Et seulement 5 périmètres alentours totalisant un nombre d’habitant de 745 (moins de 0.1 % de la population de la zone d’action de l’ABHGZR) font recours à cette pratique.

Tableau 25: Périmètres Irriguant à partir des eaux usées épurées de la STEP

Périmètre	Nombre d’habitants	Nombre de foyers
Asrir	200	50
Hibous	250	60
Tissgdate	150	36
Bni Mhali	145	24
Total	745	170

II.4 Perspective d’utilisation des eaux usées épurée dans la région

Comme souligné quelques lignes plus haut, la ville d’Er-Rachidia constitue le chef-lieu de la province d’Er-Rachidia et pour assurer l’arrosage de ces espaces verts, les eaux utilisées étaient jusque-là constituées principalement des eaux puisées dans la nappe. A voir comment la région est exposé aux méfaits du changement climatique et à la surexploitation de ces ressources hydriques, un tel usage de ces eaux de nappe devrait être effectuée de façon raisonnée. Ainsi, la recherche d’autres ressources en eau complémentaires s’impose. Des perspectives d’utilisation des eaux usées épurée sont pensé dans la région mais pas de la même manière que les agriculteurs au voisinage de la STEP existante. La politique d’économie d’eau et de valorisation des eaux usées entrepris par l’ABHGZR prend donc tous son sens avec la mise en place du plan vert de la ville d’Er-Rachidia dont le but est une réutilisation des eaux usées épurées issues de la STEP d’Er-Rachidia pour l’arrosage des espaces verts de la ville.

II.4.1 Le plan vert de la ville d’Er-Rachidia

Dans ces perspectives allant dans le sens de la réutilisation, la ville d’Er-Rachidia bénéficie d’un programme de mise à niveau dont l’objectif est le renforcement des attraits du tissu urbain, l’amélioration de la qualité des prestations publiques et l’organisation de l’espace urbain. Pour y parvenir, il est prévu l’élaboration d’un schéma d’aménagement, la restructuration des quartiers sous-équipés de la ville, ainsi que l’aménagement des espaces publics et des espaces verts.

Ce projet de réutilisation a pour but selon l’Agence du Bassin :

- L’arrosage des espaces verts de la ville y compris l’espace vert de du complexe sportif « l’Oasis des sports »,
- L’irrigation des terres agricoles à l’aval de la STEP selon la quantité d’eau qui y seront produites.

Ces usages seront assurés à travers la nouvelle station d’épuration qui comportera un traitement biologique par lagunage aéré allant jusqu’au tertiaire. La pollution bactériologique escomptée à la sortie de la STEP est <1000 CF/100 ml environ, ce qui est conforme aux normes marocaines.

En termes de mode d'irrigation, la technique du goutte à goutte est recommandée étant donné qu'elle comporte le moins de risques sanitaires et affiche une bonne efficacité.

II.4.2 Disponibilité des eaux usées épurées à la sortie de la STEP d'Er-Rachidia

Les données recueillies grâce aux études complémentaires de STEP auprès de l'Agence du Bassin ont permis :

- De conclure, selon les normes marocaines de rejet, l'eau épurée obtenue par la STEP de la ville d'Er-Rachidia est de qualité A et peut être réutilisée pour l'irrigation localisée des cultures céréalières, industrielles et fourragères, des pâturages et des espaces verts.
- D'évaluer les disponibilités hydriques à la sortie de la station.

Les tableaux N° 1 et 2 suivants synthétisent les disponibilités en eaux usées épurées à la sortie de cette STEP.

D'après l'étude d'épuration complémentaire des eaux usées de la ville d'Er-Rachidia,

Le volume des eaux usées de la ville à l'entrée de la STEP est évalué comme suit :

Tableau 26: Volume des eaux usées produit en m³/j au niveau de la ville d'Er-Rachidia

Horizon	2010	2020	2030
Débit des eaux usées	5 030	6 800	7 970

Le volume produit en m³/j à la sortie de la STEP est présenté dans le tableau suivant :

Tableau 27: Volume d'eau produit en m³/j à la sortie des différentes filières de la STEP

Horizon	2020	2030
Débit des eaux usées	6 599	7 604

Ces volumes tiennent compte des pertes par évaporation et infiltration estimée à 6 mm/j (à partir des bassins de la station d'épuration).

Le volume disponible pour l'irrigation est donc de **5 167 m³/j** et **5 102 m³/j** respectivement à l'horizon **2020** et **2030**. Ce volume a diminué en 2030 à cause de l'augmentation de la surface des bassins en 2030 qui engendre un taux d'évaporation plus élevé.

Concernant les espaces verts, ils comprennent les espaces communs, de jeux de proximité réservés aux enfants, privatifs, publics sur les zones de recul et les arbres d'alignement sur les voies de desserte et en façades.

Les enquêtes réalisées par l'ABHGZR montrent un total de 24,69 hectares à l'échelle de la ville d'Er-Rachidia. Par ailleurs la confrontation des besoins aux ressources a montré que le volume d'eau usée épurée de la STEP dépasse les besoins en eau des espaces verts urbains. De ce fait l'irrigation des périmètres sis à l'aval de la STEP, et qui utilisent actuellement cette eau pour l'irrigation des parcelles agricoles, est envisageable.

III. Conclusion

Après le diagnostic de la problématique dans la zone oasienne de la région de Draa-Tafilalet à travers les indices de l'assainissement et de réutilisation, on est arrivé à ces conclusions suivantes :

- Un niveau d'assainissement très faible qui demande une amélioration ;
- Une réutilisation quasi-inexistante dans la région frappée en plein fouet par la sécheresse.

Une fois les problèmes identifiés, des solutions ont été proposées dans le but d'atténuer ou de résoudre le problème. On a pensé aussi à élaborer un système d'information géographique et d'aide à la prise de décision ce qui fera l'objet du chapitre suivant.

Chapitre 2 : Elaboration d'un système d'information géographique et d'outil d'aide à la prise de décision en matière d'assainissement et de réutilisation des eaux usées

I. Introduction

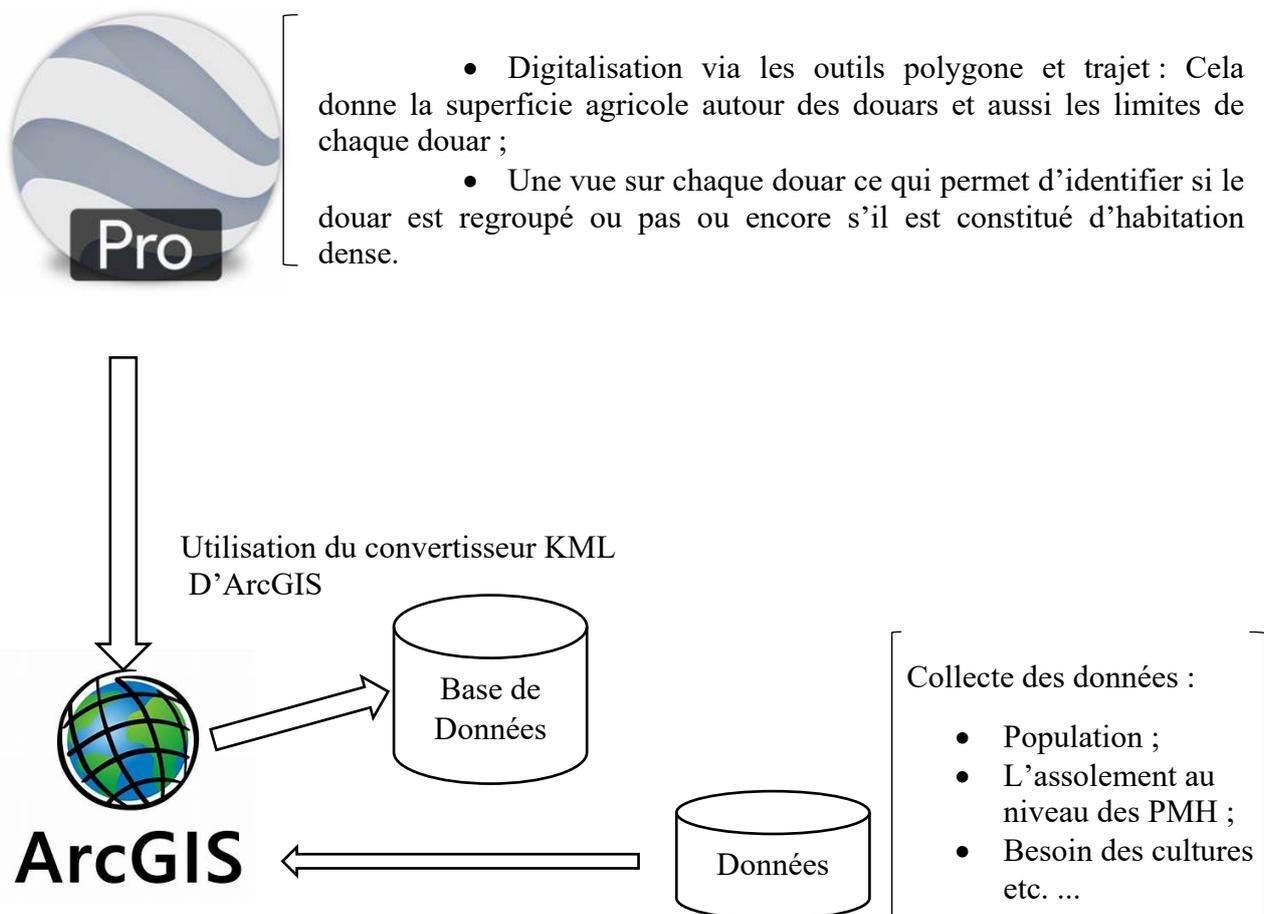
Dans le chapitre précédent, on a mis en évidence des problèmes d'assainissement et de réutilisation et aussi celui que pose les changements climatiques dans la région de Draa-Tafilalet et en plus on a proposé des solutions. Mais l'applicabilité de cette solution doit tenir compte de plusieurs contraintes ou facteurs qui caractérisent la zone. Pour faciliter la prise de décision lors de l'application d'une solution, on va créer une base de données SIG qui regroupe tous les douars et grandes agglomérations de la zone d'étude (qui couvre une grande partie du bassin de Maïder). Cette base de données proposera des systèmes d'assainissement adaptés à chaque Douar et éventuellement des SAU irrigables avec les eaux usées.

II. Processus d'élaboration de la base de données SIG

Pour élaborer cette base de données, on a dû faire appel à deux outils informatiques : ArcGIS et Google Earth pro. Le processus se fait de la façon suivante :

- Collecte des données sur chaque entité ;
- Digitalisation de chaque entité via Google Earth pro ;
- Convertir l'entité en une couche de données.

Les détails de ces démarches se trouvent dans la figure ci-dessous :



Le traitement et l'organisation des données seront détaillés dans les paragraphes ci-dessous.

II.1 Assainissement

Les informations qui ont permis de définir un système d'assainissement adapté pour chaque douar proviennent de deux sources :

- Le recensement général de la population (source : HCP) ;
- Une observation des douars à partir de Google Earth cela a permis de voir si le douar est regroupé ou dispersé.

Selon le choix technique proposé dans le PNAR qui dit :

- L'assainissement collectif est une solution pertinente pour le cas des centres chefs lieu des communes (CLC) et des douars de plus de 1 500 habitants ;
- L'assainissement semi-collectif ou pseudo-collectif peut être une solution pertinente pour des douars dont la population se situe entre 500 et 1500 habitants ;
- Assainissement individuel pour des douars de moins de 500 habitants.

A cela s'ajoute le regroupement ou la dispersion du douar pour pouvoir faire un choix plus judicieux.

Les deux critères cités ci-haut restent déterminants mais il faut faire recours à d'autres critères (pentes et la lithologie du terrain). Dans ce travail, on a fait appel aux critères déterminants.

Les résultats de traitement et d'organisation des données sont dans un tableau de l'annexe 3.

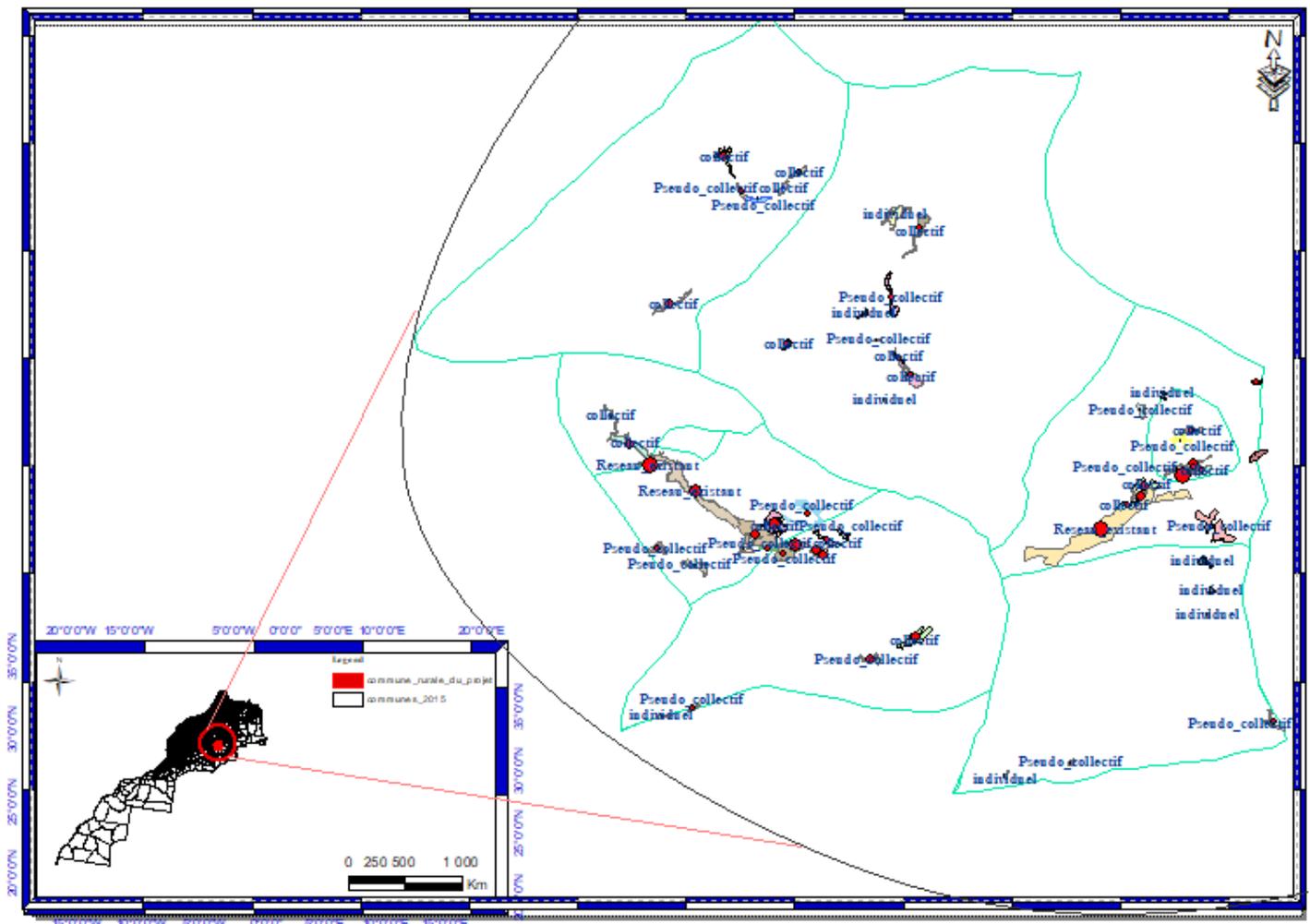


Figure 37 : système d'assainissement adapté à chaque douar de la zone d'étude

II.2 Réutilisation des eaux usées épurées

II.2.1 Inventaire des Zone agricole

Pour définir la SAU de réutilisation, on a commencé par délimiter la zone agricole autour du douar, ensuite il faut voir aussi si elle appartient à un PMH ou pas. On a également visualisé les images d'une année sur Google Earth pour voir la nature des oueds qui s'y trouvent et on a remarqué que la quasi-totalité des oueds sont temporaires et pas d'écoulement dans la plupart des temps. On a pu collecter les informations sur les PMH (superficie, l'assolement et même les besoins en eaux des cultures, système d'irrigation existant...).

Les résultats sont dans l'annexe 3

II.2.2 Potentiel d'Eau Usée

Avant de penser à la réutilisation des eaux usées, il faut avoir une idée sur le potentiel en eaux usées c'est-à-dire le volume d'eau usée généré par la population dans le cas d'un réseau collectif avec 100% de connexion au réseau.

Le calcul de ce volume est basé sur la consommation moyenne journalière en eau potable corrigés par un taux de rejet à l'égout. D'après le Schéma Directeur National d'Assainissement Liquide (SDNAL), ce taux de rejet est de 0,8. Ce débit doit être majoré de 10% qui représente le débit des eaux parasites. La consommation moyenne journalière dans le milieu rural est aux alentours de 75l/hab./j.

$$\text{VeU} = 1,1(\text{Pop} \times \text{Dot} \times 0,8)$$

Avec :

Pop= population en hab.

Dot= dotation de valeur 0,075m³/hab./

Tableau 28: Volume des eaux usées produit en m³/j au niveau de la zone d'étude

Commune	Surface(km ²)	Population (Hbt)		Volume d'eau Usée (m ³ /j)	
		2020	2030	2020	2030
Tinejdad	1,14	8904	9738	587,65	642,74
Ferkla Es Soufla	0,37	2894	3165	190,98	208,88
Ferkla El Oulia	5,25	39120	42787	2581,95	2823,96
Aghbalou N'kerdous	3,51	6747	7379	445,29	487,03
Taghzoute N'Ait Atta	2,81	9331	10206	615,85	673,58
Toudgha Es Soufla	12,54	29055	31779	1917,66	2097,41
Toudgha El Oulia	1,87	2360	2581	155,77	170,37
Ait Hani	2,79	8403	9190	554,58	606,57
Ville Tinghir	13,05	22957	25109	1515,18	1657,20
		Totale		8564,92	9367,74

Ce potentiel est exprimé plus en détails avec le volume d'eau usée produit par chaque Douar de chaque commune au niveau de l'annexe 3.

II.2.3 Potentiel de Réutilisation de la zone d'étude

Dans cette partie, on va évaluer la SAU irrigable avec le volume d'eau usée calculé précédemment pour cela, on a opté la démarche suivante :

- Evaluer le besoin à l'hectare par mois
- Faire le rapport entre le volume d'eau usée et le besoin.

L'évaluation de besoin des cultures est plus ou moins complexe car la région est caractérisée par des systèmes de culture (étage de culture) qui crée souvent des microclimats dans le champ. Pour le calcul de ce genre de système, on peut adopter cette formule :

$$Btc = \left[Kp \cdot \frac{Bc}{Ep} \right] + \left[\left(Bpal \cdot \frac{n}{157} \right) Kr \cdot Kperte \cdot \left(Kp \cdot \frac{Bc}{Ep} \right) \right]$$

Avec :

Btc : besoin total de la culture en tête de la parcelle y compris le besoin de l'arboriculture complanté ;

Bc : besoin net en eau d'irrigation de la culture seule ;

Kp : Coefficient de réduction du besoin de l'arbre ($Kp=0,75$ pour un arbre peu dense) ;

Ep : Efficience à la parcelle ;

Bpal : Besoin net en eau d'irrigation de l'arboriculture seule ;

n : nombre d'unité d'arbres par ha ;

Kr : Coefficient de récupération par arbre de l'eau perdue par la plante ($Kr=80\%$) ;

Kperte : Coefficient de perte de l'eau par la plante ($Kperte=20\%$).

Les besoins à l'hectare des cultures sont consignés dans le tableau suivant :

Tableau 29: Besoin en eau des cultures

Filière	Besoin en eau des cultures en m ³ /ha												Bmoy mensuel
	1-Sept	2-Oct	3-Nov	4-Déc	5-Jan	6-Février	7-Mars	8-Avril	9-Mai	10-Juin	11-Juillet	12-Août	
Arboriculture fruitière	644,9	367,0	148,8	117,9	253,4	280,2	361,0	499,8	675,4	614,4	760,6	741,4	455,40
Cactus fruitier	493,4	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	846,8	1038,4	722,9	258,46
Céréaliculture	0,0	76,3	184,8	127,7	283,5	486,1	690,0	735,2	953,3	729,0	440,6	87,9	399,54
Cultures fourragères	564,6	677,0	356,6	174,7	407,8	348,7	303,0	394,9	490,9	473,9	1417,8	1326,6	578,03
Cultures industrielles	404,5	166,9	90,5	28,2	49,9	53,1	67,1	534,7	1136,8	1515,5	1583,3	1278,8	575,79
Cultures maraichères	216,8	72,0	12,9	4,0	7,1	71,4	156,3	580,9	886,0	1421,5	1374,6	1013,2	484,74
Dattes	715,2	499,6	374,5	291,7	380,2	378,5	401,1	470,3	554,0	625,3	765,8	867,5	526,97
Filière oléicole	965,2	610,1	404,3	0,0	0,0	0,0	401,1	642,1	859,2	1118,9	1345,3	1311,3	638,13
Légumineuses	0,0	174,3	272,4	189,0	245,7	107,8	374,2	786,1	969,9	177,9	0,0	0,0	274,77
PAM	0,0	238,5	288,2	199,0	260,2	292,0	406,7	398,7	459,0	595,1	316,4	247,9	308,47
Rosacées	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	603,8	880,8	1283,6	1271,5	1239,3	439,92
Rosacées fruitières	824,2	367,8	226,8	133,3	192,1	229,2	301,9	689,0	979,9	1442,4	1615,0	1515,9	709,79

Le problème avec cette méthode, il faut connaître exactement les cultures qui composent le système or cela nécessite des enquêtes sur le terrain.

Des enquêtes antérieures sur les PMH de la zone d'étude ont pu donner l'assolement sur chaque PMH (voir l'annexe 3). Dans ce travail on a pu adopter la deuxième méthode qui est le calcul des besoins par assolement :

Connaissant l'assolement et besoin à l'hectare pour chaque culture, on a pu évaluer le besoin en eau de chaque PMH par mois par la formule suivante :

$$\mathbf{B} = \sum \mathbf{B}_i \cdot \mathbf{S}_i$$

Avec :

B : besoin du PMH en m³/mois ;

B_i : besoin à l'hectare de la culture i ;

S_i : surface occupée par la culture i.

Le besoin à l'hectare par mois dans le PMH est : $\mathbf{B}_h = \frac{\mathbf{B}}{\mathbf{S}}$

Avec S la superficie totale du PMH en ha.

Le calcul de la SAU irrigable avec l'eau usée est :

$$\mathbf{SAU} = \frac{\mathbf{V}_{eu}}{\mathbf{B}_h} \text{ Sans option de stockage.}$$

Avec option de stockage (stocker un volume important avec la réutilisation), la SAU peut être encore plus importante

Les résultats détaillés sont consignés dans le tableau de l'annexe 3

L'analyse de ces résultats montre clairement que pour certains douars, la réutilisation n'est pas intéressante à cause de la faiblesse du potentiel en eau usée (voir figure ci-dessous). Ces douars sont généralement ceux dont l'assainissement individuel ou semi-collectif est plus adapté. Pour se faire, il faut proposer un système de traitement d'eau usée pour chaque douar.

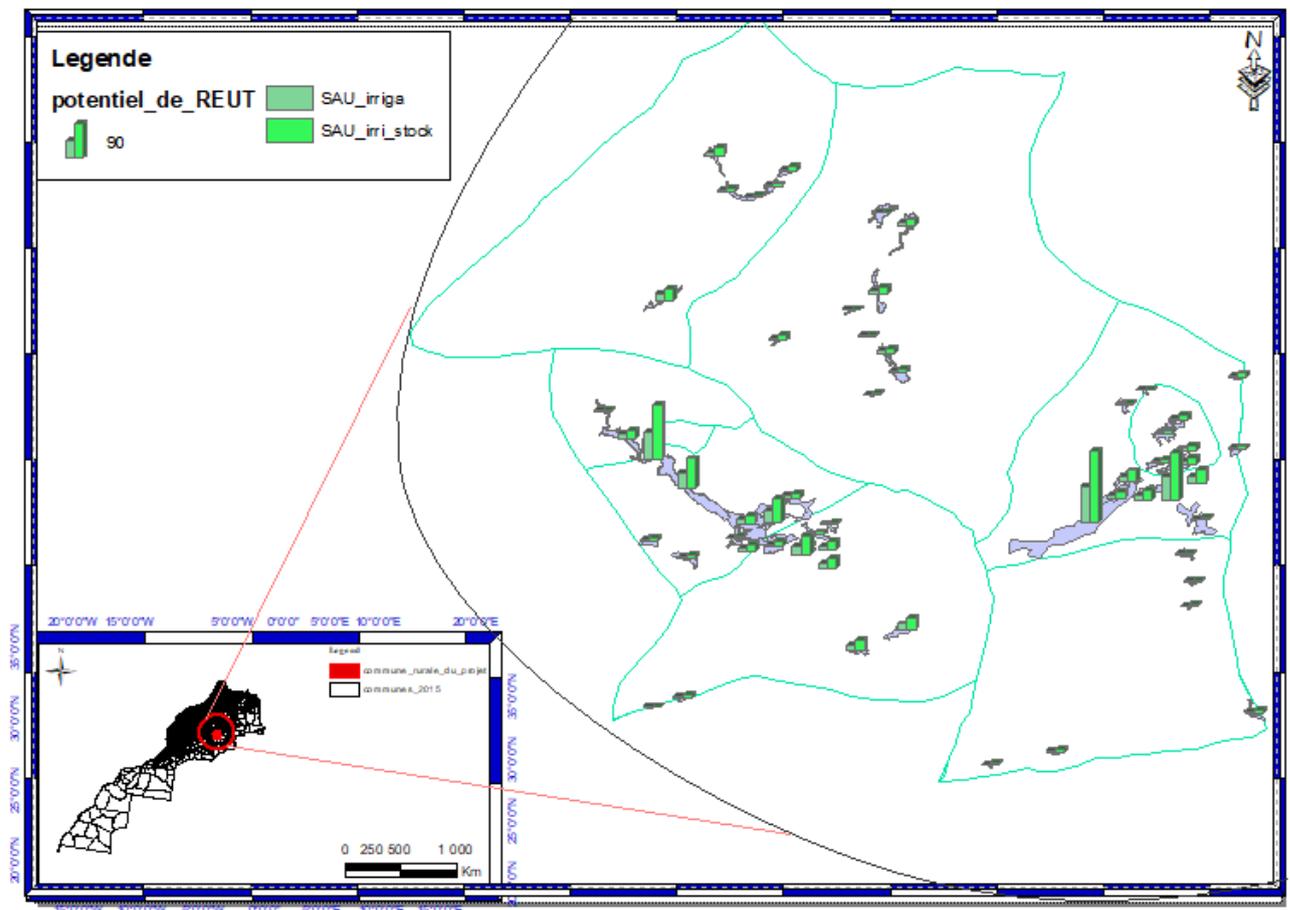


Figure 38: Représentation des SAU irrigables par localité

II.3 Procédé de traitement des eaux usées

1. Douar avec un système d'assainissement individuel

La réutilisation dans ces douars ne représente aucune opportunité. Mais ces derniers ne doivent pas rejeter les eaux usées sans traitement raison pour laquelle il faut un procédé de traitement pour pouvoir diminuer la charge polluante jusqu'à la norme de rejet. Le procédé proposé est la fosse septique compacte (séparateur de graisses et un filtre biologique anaérobie constitués dans un seul bloc).



Tableau 30: Fosse septique compacte

Capacité(l)	1400	2000	3000	4500	6000	9000
Coût investissement (Dh HT)	9148,2	15 504,70	23 149,30	31 054,70	36 182,40	69 030,44
Coût entretien (Dh HT 10 ans)	1006,3	1 705,52	2 546,42	3 416,02	3 980,06	7 593,35

Source : <http://www.maroc.prix-construction.info/>

2. Douar avec un système d'assainissement pseudo-collectif

Pour ce groupe de douar, il y a certains qui présente une opportunité de réutilisation contrairement à d'autres qui génèrent un volume d'eau usée faible. Dans ces derniers, on ne peut pas se permettre de mettre une STEP. On propose d'opter pour une **fosse septique** (séparateur de graisses, une fosse septique et un filtre biologique anaérobie dont tous séparés) ou bien **phytoépuration** (ou **jardins d'assainissement**).



Tableau 31: Coût des différentes fosses septiques

Pop(habitant)	5	10	15	20	25
Coût investissement (Dh HT)	20 016,75	27 461,67	35 103,97	44 733,36	53 726,63
Coût entretien (Dh HT 10 ans)	8 206,87	11 259,28	14 392,63	18 340,68	22 027,92

Source : <http://www.maroc.prix-construction.info/>

3. Douar avec un système d'assainissement collectif

Pour ces douars, on a proposé l'installation d'une STEP car ils présentent une opportunité de réutilisation.

Les résultats dans l'annexe 3

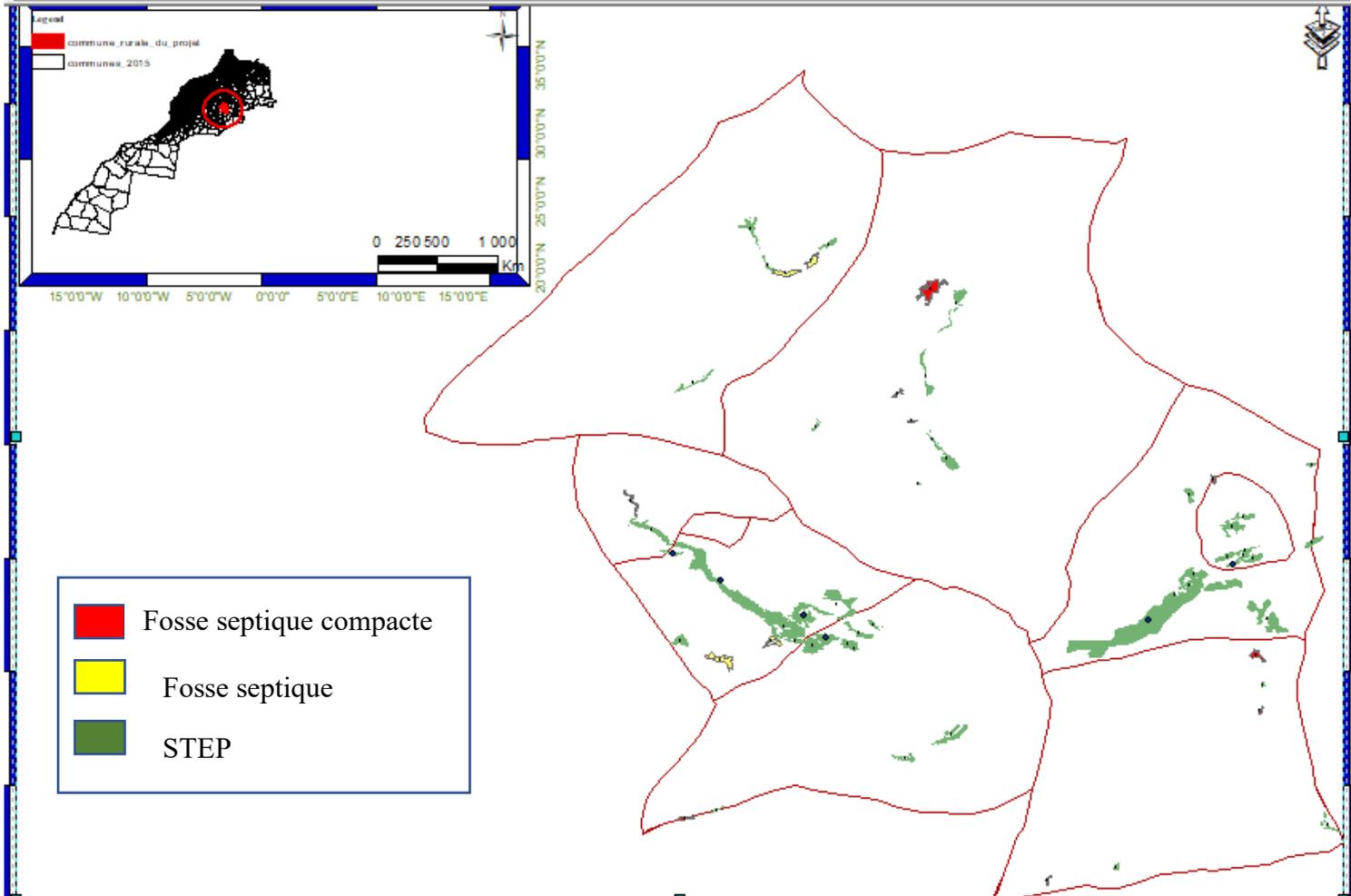


Figure 39: Aperçu sur le procédé de traitement proposé au niveau de chaque localité

Chapitre 3 : Elaboration d'un projet d'assainissement et de réutilisation des eaux usées en milieu oasien

I. Introduction

Dans le cadre de la lutte contre l'insalubrité des habitats, de la protection des eaux (souterraines et de surface) contre la pollution, la génération d'une ressource renouvelable et inépuisable et la recherche du confort de la population, plusieurs projets d'assainissement et de réutilisation des eaux usées traitées ont été menés dans notre zone d'étude située dans la région de Draa-Tafilalet. Cependant, ces projets sont destinés dans la plupart des temps aux grandes agglomérations ce qui cause un délaissement presque total des zones rurales.

Après le diagnostic de la région, nous avons remarqué fort malheureusement que la grande majorité des douars ne sont pas équipés d'un réseau d'assainissement digne de nom par conséquent, les habitants sont obligés de passer à l'acte pour leur confort tout en créant des puits perdus. La création de ces puits perdus est souvent la cause de la pollution des eaux souterraines qui les servent de source potable. A cela s'ajoute la défécation en plein nature qui pollue les eaux de surface et même l'air. En plus de la pollution, l'eau usée est souvent mal valorisée par son utilisation à l'état brute qui a des conséquences dramatiques sur la santé des utilisateurs ou cette eau n'est pas du tout valorisée.

Au regard de tous ces problèmes, nous avons proposé un projet d'assainissement et de réutilisation des eaux usées traitées dans la commune rurale d'Agoudim pour montrer comment exploiter la base de données établie dans le chapitre 2 pour apporter une solution aux problèmes énumérés ci-dessus.

II. Choix du douar

II.1 Critères de choix

Le choix du douar pour l'implantation de notre projet s'est basé sur plusieurs critères qui sont :

- Les critères liés aux risques d'inondation
- Les critères liés aux risques de pollution
- Les critères liés au nombre d'habitant.
- Les critères liés à la rareté des eaux

Face à ces quatre critères, le Douar d'Agoudim s'est avéré plus pertinent à choisir compte tenu de sa vulnérabilité face aux inondations qui surgissent au moins une fois par an. Ce douar est également exposé aux risques de pollution de ses eaux de surface c'est le cas par exemple de l'oued H'ssiya qui subit les méfaits de la défécation à l'air libre, mais également de ses eaux souterraines avec sa nappe qui alimente deux khetaras et qui peut par ailleurs être menacé s'il n'y a pas un assainissement convenable du Douar. Avec une population estimée à 2544 habitants en 2030 le Douar d'Agoudim génèrera donc une importante quantité d'eaux usées, ceci ajouté aux oued voisines qui sont temporaires, soulignant une rareté de l'eau pour l'irrigation d'où la nécessité d'une réutilisation des eaux usées collectées et traitées.

II.2 Présentation du douar choisi

En tenant compte des critères cités ci-haut, on a choisi de faire le projet dans le douar Agoudim y compris la partie occupée par les bâtiments du douar Ighrem Agoudim comme on remarque sur la figure ci-dessous :



Figure 40: Présentation de la zone de mini-projet

Agoudim est un petit village situé à un quarantaine de kilomètres d'Alnif. Il fait partie de la commune rurale de H'ssiya, laquelle regroupe 18 douars. Pour y accéder il faut prendre la R113 à partir de la N10 jusqu'à Alnif, puis prendre la N12, le long du Bougafer vers Zagora, et à 30-35 km environ tourner à gauche vers Aït Saadane. Le paysage est magnifique, montagnes pelées aux couleurs pastel, désert parsemé d'amrads (acacia radiana) qui font ressembler l'Afrique du Nord à l'Afrique Noire.

C'est un petit village regroupé autour d'un Agoudim (forteresse) avec en périphérie des maisons neuves en briques rouges.

Le village se situe entre deux bras de l'oued H'ssiya, par conséquent il est régulièrement inondé par les crues qui se produisent au moins une fois par an environ. La khetaras d'Agoudim, dont le puits de tête se trouve sur l'oued H'ssiya à 5 km au nord, à une profondeur de 12-13 m. Le canal principal est long de 3 km, bétonné sur une grande partie depuis 1950.

Dans ce douar, il y a un puits d'alimentation d'appoint de la séguia (50 m) avec pompe a été creusé pour pallier aux déficits de la khetaras dont le débit n'est pas très important. A 1 km plus au nord de ce premier puits il y a un autre puits pour alimenter le château d'eau de 3 douars de la commune. Il est creusé dans une autre nappe mais il interfère avec la nappe de la khetaras toute proche du fait qu'il se trouve dans une cuvette et donc est plus profond. Grâce à la khetaras on cultive des légumes, du blé, de la luzerne et du cumin, du henné. Malheureusement tous les arbres fruitiers ont disparu avec la sécheresse. La réhabilitation de la khetaras permettrait de préserver les surfaces irriguées actuelles, de les étendre pour couvrir d'avantage les besoins du village, de replanter les arbres fruitiers morts ces dernières années, ainsi que des dattiers. Les oliviers ont complètement disparu du paysage ces dernières années et les habitants doivent acheter l'huile.

Etant donné qu'on n'a pas visité ce douar, on a tiré ces informations via ce site suivant :

<http://www.l-eau-du-desert.com/>.

Cette zone de ce projet fait partie de la commune de **Taghzoute N'ait Atta** selon le découpage de notre zone d'étude et regroupe une population estimée à 2445 habitants en 2014. Les détails sur le tableau ci-dessous :

Tableau 32: Population de la zone du projet

Commune projet	Population commune	Douars concernés	Surface(km ²)	Densité	Pop 2014	Pop 2020	Pop 2030
Taghzoute N'ait Atta	8 740	Agoudim	0,402	5489,4	2204	2326	2544
		Ighrem Agoudin	0,064	3392,65	241	255	278
		Tadafalte	0,238	4636,58	1103	1164	1273
		tabesbaste	0,718	1192,58	856	903	988
		Tmit	0,011	3392,65	42	44	48
		Ghallil Ait is foul	0,074	3392,65	275	290	318
		Ighrem Amzdar	0,239	3392,65	898	948	1037
		Ait Khoukheden	0,116	3392,65	435	459	502
		Centre Ait El Farsi	0,252	3392,65	994	1049	1147
Ait El Farsi	0,432	3392,65	1616	1705	1865		

III. Assainissement du douar Agoudim

III.1 Choix du système d'assainissement

Pour choisir notre système d'assainissement qui est celui d'un réseau collectif, nous nous sommes basés sur plusieurs critères qui sont :

- Les critères décrites dans la base de données ;
- Le douar présente un lotissement malgré qu'il n'y ait pas de plan d'aménagement (d'après nos observations via Google Earth) ;
- Mettre en place un organisme constitué des bénéficiaires du projet pour assurer la gestion des ouvrages collectifs.

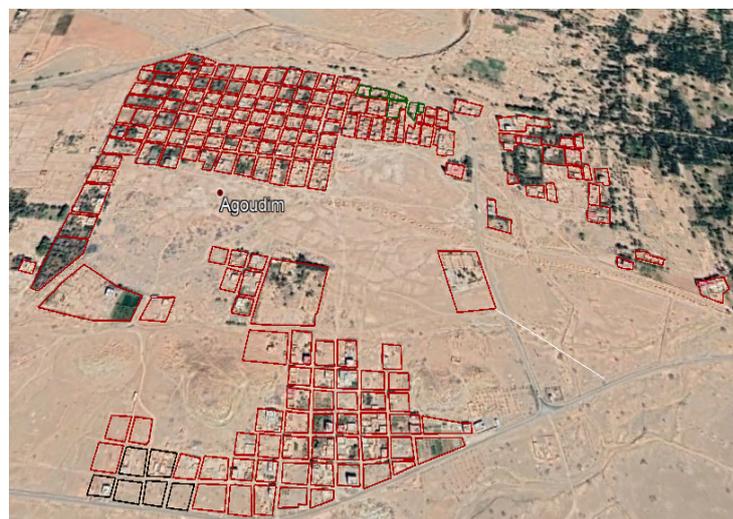
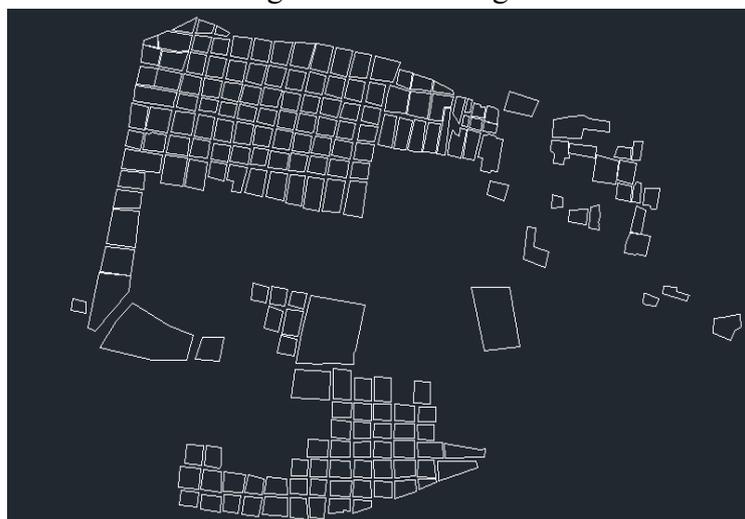


Figure 41: Plan et la vue sur Agoudim

III.2 Choix du réseau d'assainissement

Après avoir choisi un système d'assainissement collectif, il faut procéder au choix d'un réseau c'est-à-dire unitaire ou séparatif. Nous avons choisi un réseau collectif pour les raisons suivantes :

- **Coût du réseau d’assainissement** : si le projet se limitait seulement à l’assainissement du douar, un réseau unitaire présenterait une opportunité par son faible coût de génie civil contrairement à un réseau séparatif ;
- **Coût de la station d’épuration** : si on ajoute le coût généré par la station d’épuration à celui du réseau d’assainissement, le réseau unitaire engendrerait un coût très important contrairement au réseau séparatif. En effet, avec un réseau unitaire, la station sera dimensionnée en fonction du débit généré à l’aval (Eau usée + Eau pluviale) or dans cette région, les précipitations sont très rares par conséquent nous aurions une station qui reçoit la plupart du temps que les eaux usées soit une quantité moins importante par rapport à la capacité de la station. Contrairement à un réseau séparatif qui nous donne l’opportunité de traiter séparément les eaux usées (STEP) et les eaux pluviales (bassin de rétention) ;
- **Conditions d’écoulement** : un réseau unitaire présenterait des problèmes d’écoulement s’il n’y a pas de pluie car les débits qui passeront dans certaines canalisations seront tellement faible de telle sorte qu’il n’y ait pas d’écoulement. Un de nos scenarii d’aménagement s’est basé sur ce modèle, les résultats de ce modèle ont montré que les conditions d’écoulement ne sont pas respectées.

III.3 Calcul du réseau d’assainissement

III.3.1 Réseau d’eau usée

Calcul du débit des eaux usée

Pour le calcul, voir (rubrique potentiel en eau usée du chapitre 2)

Le résultat de calcul des débits sont consignés dans les tableaux ci-dessous :

Tableau 33: Résultats de calcul de la solution 1

Zone	Population (hab.)		Dotation (l/hab./j)	Consommation(l/s)		Rejet (l/s)	
	2020	2030		2020	2030	2020	2030
bv1	335	367	75,00	0,29	0,32	0,23	0,25
bv2	244	267	75,00	0,21	0,23	0,17	0,19
bv3	289	316	75,00	0,25	0,27	0,20	0,22
bv4	427	467	75,00	0,37	0,41	0,30	0,32
bv5	161	175	75,00	0,14	0,15	0,11	0,12
bv6	248	271	75,00	0,22	0,24	0,17	0,19
bv7	120	131	75,00	0,10	0,11	0,08	0,09
bv8	80	87	75,00	0,07	0,08	0,06	0,06
bv9	198	217	75,00	0,17	0,19	0,14	0,15
bv10	303	331	75,00	0,26	0,29	0,21	0,23
bv A	103	112	75,00	0,09	0,10	0,07	0,08
bv B	52	57	75,00	0,05	0,05	0,04	0,04
bvEcole1	226	226	50,00	0,07	0,07	0,05	0,05
bv11	400	400	50,00	0,12	0,12	0,09	0,09
bv E	21	23	75,00	0,02	0,02	0,01	0,02

La solution 1 est basé sur le réseau d'eau pluviale, ce qui nous a permis de faire la zonation. Chaque zone équivaut à un bassin versant au niveau du système de collecte des eaux pluviale. Nous avons établi ce scénario dans le but de voir les possibilités d'adopter un réseau unitaire.

Tableau 34: : Résultats de calcul de la solution2

Bassin versant	Population (hab.)		Dotation (l/hab./j)	Consommation(l/s)		Rejet (l/s)	
	2020	2030		2020	2030	2020	2030
bv1	706	776	75,00	0,61	0,67	0,49	0,54
bv2	548	602	75,00	0,48	0,52	0,38	0,42
bv3	467	513	75,00	0,41	0,45	0,32	0,36
bv4	504	554	75,00	0,44	0,48	0,35	0,38
bv5	343	377	75,00	0,30	0,33	0,24	0,26

Cette deuxième configuration a été établi sur la base d'un réseau séparatif où nous avons eu à regrouper encore plus de zones pour avoir au moins des débits un peu plus importants.

Dimensionnement du réseau de collecte des eaux usées

Le dimensionnement d'un réseau passe par plusieurs étapes comme indique le schéma ci-dessous :

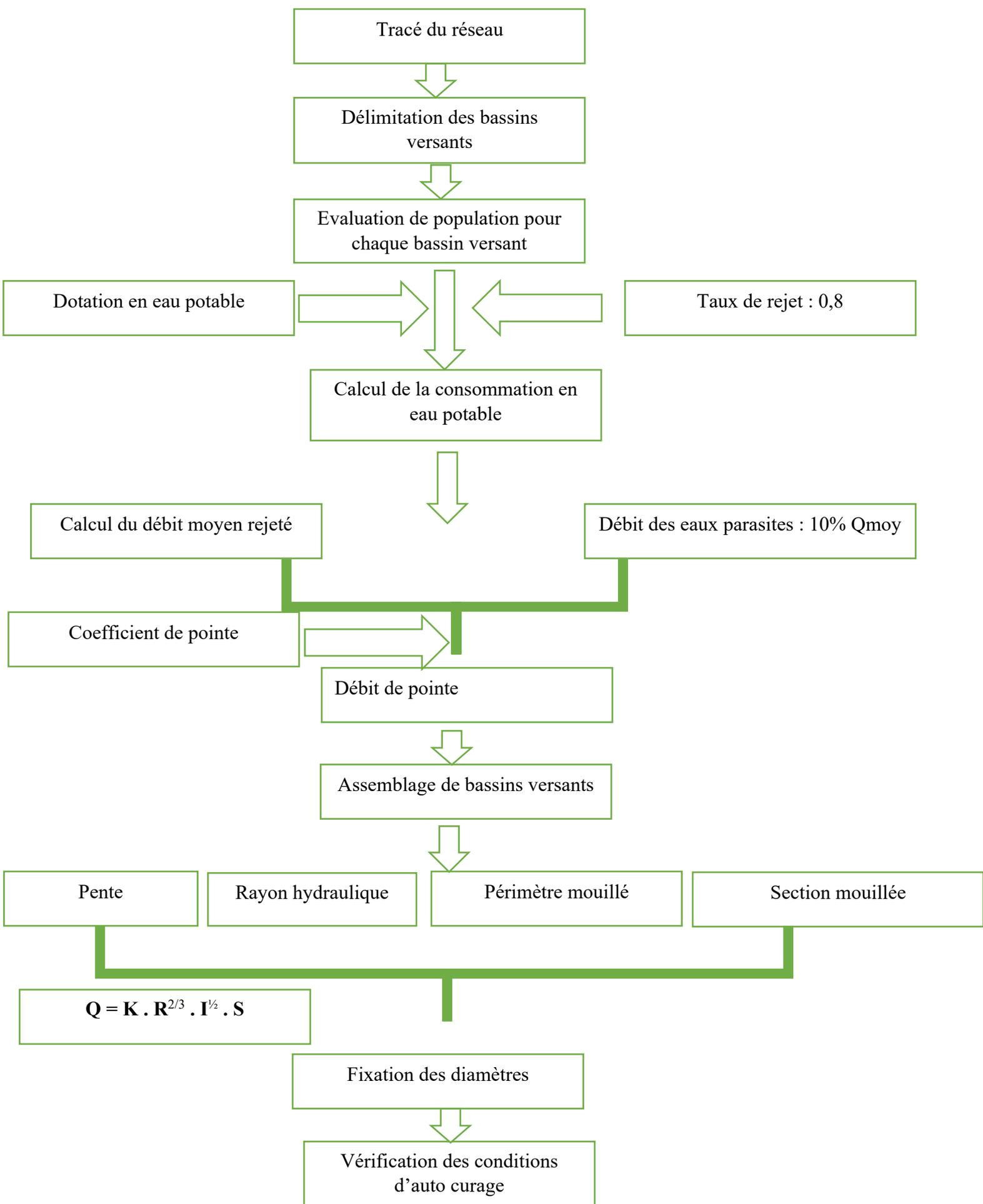


Figure 42: Schéma de dimensionnement de réseau d'eau usée

Tracé du réseau

Le réseau a été tracé dans le but d'assurer un écoulement gravitaire pour minimiser les frais d'énergie. Pour cela, deux solutions ont été proposées :

- La solution 1 était d'avoir même tracé de réseau que celui des eaux pluviales dans le d'avoir des tranchés communes pour ces deux réseaux au cas où un réseau unitaire est envisageable ou non ;
- La solution 2 quant à elle consiste à faire passer des collecteurs le long des ouvrages existants.

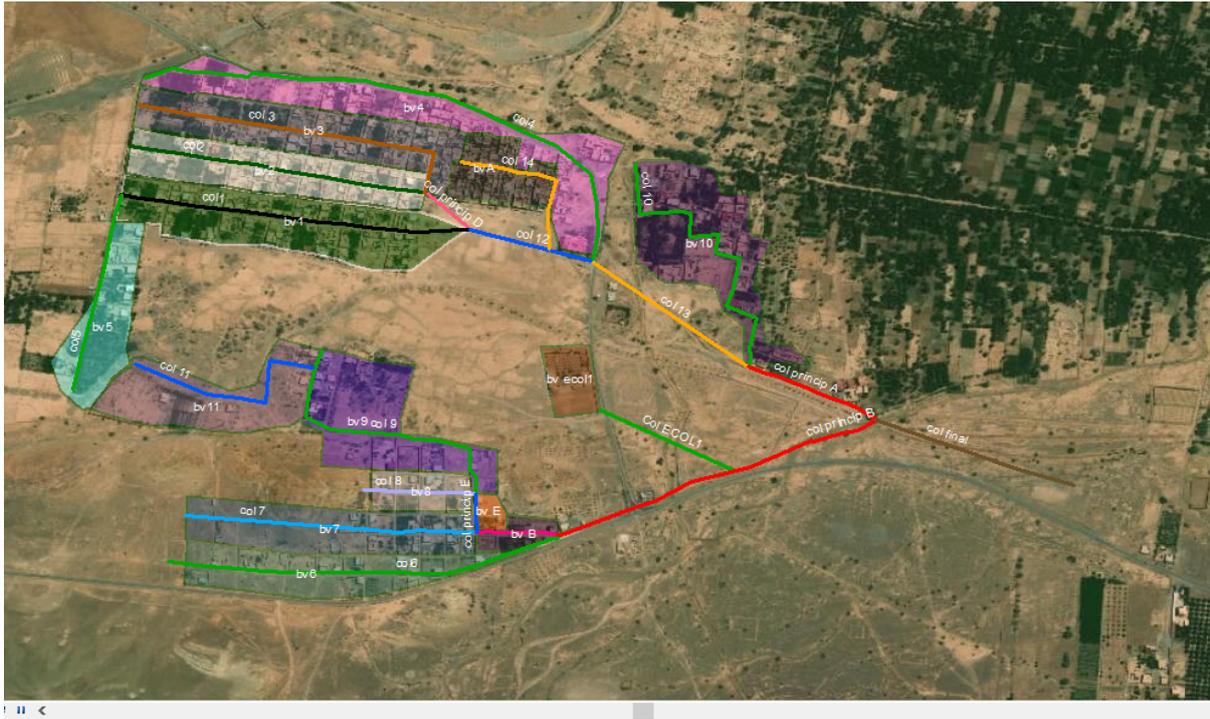


Figure 43: Tracé de réseau et délimitation des bassins versant de la solution 1

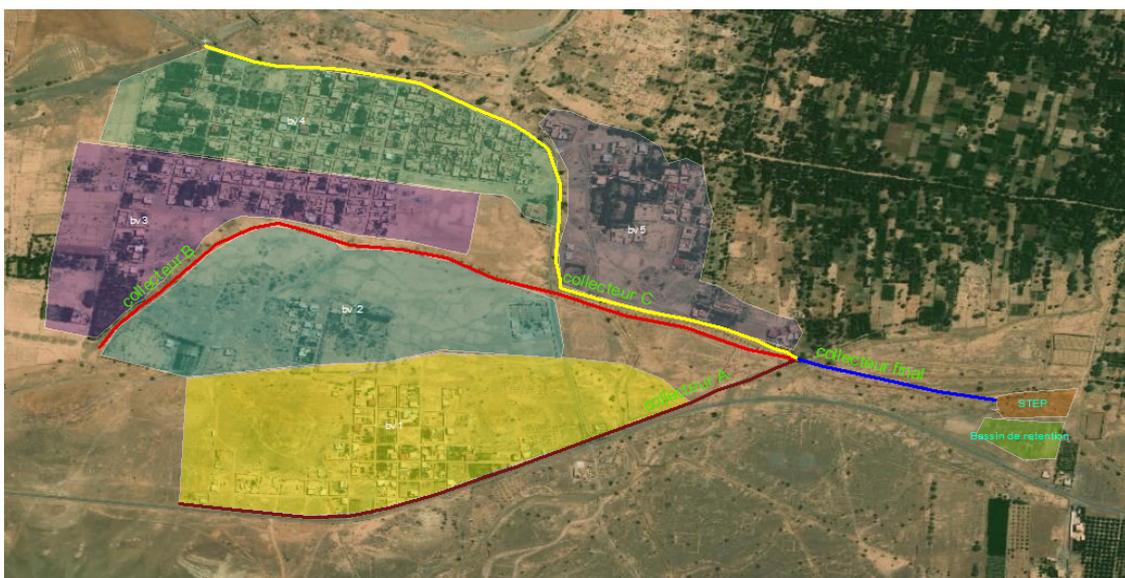


Figure 44: Tracé de réseau de la solution 2

Ces deux réseaux ont été tracé en respectant au maximum la pente minimum imposé par les Contraintes de calage soit $I \geq 0,002$ m/m.

Délimitation des bassins versant

La délimitation des bassins versants est présentée dans les figures ci-dessus.

Calcul du débit de point

Pour le calcul de ce débit, il faut calculer d'abord le coefficient de pointe :

$$\left\{ \begin{array}{l} \mathbf{Cp=1,5 + 2,5/\sqrt{Qm}} \text{ Si } Qm \geq 2,8 \text{ L/s} \\ \mathbf{Cp=3} \quad \quad \quad \text{Si } Qm < 2,8 \text{ L/s} \end{array} \right.$$

Débit de pointe est de : $\mathbf{Qp = Cp \times Qm}$ avec $Qm = \text{rejet (m}^3/\text{s)}$

Tableau 35: Résultats de calcul de débit de pointe pour la solution 1

Zone	Qm(m3/s)		Cp	Qp(m3/s)	
	2020	2030		2020	2030
bv1	0,00026	0,00028	3	0,00077	0,00084
bv2	0,00019	0,00020	3	0,00056	0,00061
bv3	0,00022	0,00024	3	0,00066	0,00072
bv4	0,00033	0,00036	3	0,00098	0,00107
bv5	0,00012	0,00013	3	0,00037	0,00040
bv6	0,00019	0,00021	3	0,00057	0,00062
bv7	0,00009	0,00010	3	0,00028	0,00030
bv8	0,00006	0,00007	3	0,00018	0,00020
bv9	0,00015	0,00017	3	0,00045	0,00050
bv10	0,00023	0,00025	3	0,00069	0,00076
bvA	0,00008	0,00009	3	0,00024	0,00026
bv B	0,00004	0,00004	3	0,00012	0,00013
bvEcole1	0,00006	0,00006	3	0,00017	0,00017
bv11	0,00010	0,00010	3	0,00031	0,00031
bv E	0,00002	0,00002	3	0,00005	0,00005

Sans voir les résultats des étapes suivantes, ce tableau montre que ce découpage donne des débits très faibles ce qui compliquera le calage du réseau.

Tableau 36 : Résultats de calcul de débit de pointe pour la solution 2

Bassin versant	Qm(m3/s)		Cp		Qp(m3/s)	
	2020	2030	2020	2030	2020	2030
bv1	0,0005	0,0006	3	3	0,003	0,003
bv2	0,0004	0,0005	3	3	0,002	0,002
bv3	0,0004	0,0004	3	3	0,002	0,002
bv4	0,0004	0,0004	3	3	0,002	0,002
bv5	0,0003	0,0003	3	3	0,002	0,002

Avec ce découpage, on obtient des débits un peu plus grands par rapport à la solution 1.

Assemblage des bassins versants

L'assemblage des bassins versants au niveau d'un réseau se fait par la sommation des débits des bassins versants drainés par le même collecteur. Son calcul est similaire à celui d'un réseau ramifié.

Les résultats de cet assemblage dans l'annexe 4

Dimensionnement des canalisations

Pour un réseau séparatif, la détermination de la section hydraulique des conduites d'eaux usées est effectuée par l'équation de Manning Strickler :

$$Q = K \cdot R^{2/3} \cdot I^{1/2} \cdot S$$

Avec :

K = coefficient de rugosité de la conduite dont la valeur dépend du type de matériau

I = pente du collecteur

R = rayon hydraulique

S = section hydraulique

Les contraintes de calage

Pour caler bien un réseau d'eau usée, plusieurs contraintes doivent être vérifiées. Ces contraintes sont :

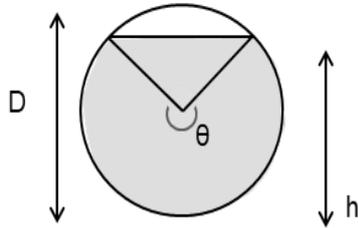
- Les canalisations d'eaux usées sont généralement circulaires ;
- Pour éviter les risques d'obstruction, le Ø minimum sera de **200 mm** ;
- Pente minimum : **0,002 m/m** ;
- Couverture minimale de la canalisation : **80 cm** (sinon dalle de répartition) : Fascicule 70 ;
- Regard de visite tous les **80 m** au maximum (hydrocurage ou visite par caméra) ;
- Regard à chaque changement de pente ou de direction.
- Vitesse maximum : **4 m/s**
- Conditions d'auto curage

Conditions d'auto curage

$$V (1/10 \text{ Ps}) \geq 0,30 \text{ m/s}$$

Pour évaluer cette vitesse, il faut suivre la démarche suivante :

Soit la conduite suivante remplie à son 1/10^{ième}



$$S = \text{Section mouillée (m}^2) = 1/8(\theta - \sin(\theta)) * D^2$$

$$R_h = \text{Rayon hydraulique (m)} = 1/4(1 - (\sin(\theta)/\theta)) * D$$

$$\text{Avec } \cos(\theta/2) = 1 - 2h/D \quad \text{et } h = 1/10 * D$$

$$V (1/10 \text{ Ps}) = Q(\text{ps})/S$$

Les résultats de dimensionnement et de vérification des conditions d'auto curage sont consignés dans le tableau de l'annexe 4

Interprétation des résultats et choix de la solution

D'après les résultats de dimensionnement, on remarque la solution 1 ne respecte aucune des conditions de calage du réseau : le plus grand diamètre dans ce réseau n'est à peine 100mm dont une valeur très loin de la norme citée précédemment et en plus, toutes les vitesses **V (1/10 Ps)** sont inférieures à **0,30 m/s**. L'adoption de cette solution engendrerait des coûts supplémentaires comme le coût des ouvrages de sécurité.

Quant à la solution 2, le diamètre des collecteurs varie entre 125mm et 200 mm chose qui acceptable. En termes de vitesse, **V (1/10 Ps)** varie entre 0,3 et 0,4 m/s ce qui correspond à la norme.

Pour ces deux solutions, la pente des collecteurs sont acceptables car ces dernières sont largement au-dessus de la norme.

De ces résultats, nous avons choisi la solution 2 qui présente plus d'avantages que la première.

III.3.2 Réseau d'eau pluviale

Le calcul du réseau d'assainissement d'eau pluviale se fait en suivant le même schéma que celui des eaux usées mais avec quelques différences au niveau de l'évaluation de débit des bassins versants.

Délimitation des bassins versants et tracé du réseau

Les bassins versants sont délimités de telle sorte les éléments qui y constituent soit assainit par un collecteur. Pour chaque bassin versant, il faut définir les caractéristiques suivantes :

- La superficie **A(ha)** ;
- La pente **I (m/m)** ;
- Le coefficient de ruissèlement **Cr (ou C)** ;
- Le débit **Q (m3/s)** ;
- La longueur **L(m)**.

Pour évaluer ces paramètres il faut :

- Avoir un plan topographique avec format Autocad ou si la zone peut se localiser sur Google Earth, on peut se servir des outils polygone et trajet de Google Earth (cas de ce projet) pour évaluer la surface, la longueur et la pente ;
- Se servir du tableau ci-dessous pour trouver le coefficient de ruissellement.

Pour un bassin versant constitué de sous bassins non homogène, le calcul du coefficient de ruissellement se fait par la formule suivante :

$$C = [\sum (C_i \times A_i)] / \sum A_i$$

Avec :

A_i : la surface du bassin élémentaire i

C_i : le coefficient de ruissellement du bassin élémentaire.

Tableau 37: Coefficient de ruissellement

Type de surface	Valeur du coefficient C
Zone de centre-ville	0.7 - 0.95
Zone résidentielle pavillons isolés	0.30 - 0.50
Zone résidentielle pavillons groupés	0.60 - 0.75
Zone industrielle	0.50 - 0.90
Cimetières – parcs	0.10 - 0.25
Rue	0.80 - 0.85
Trottoirs	0.75 - 0.90
Pelouse (sols sableux, faible pente)	0.05 - 0.10
Pelouse (sols terreux, faible pente)	0.15 - 0.20

Pour le calcul du débit, on peut utiliser la méthode rationnelle ou le modèle de CAQUOT. Pour utiliser le modèle de de CAQUOT, les bassins versants doivent satisfaire une certaine condition :

- Superficie : moins de 200 ha ;
- Imperméabilisation : supérieure à 0.2 ;
- Pente : $0,2\% < I < 5\%$.

Dans ce présent projet, la pente varie entre 0,8% et 4,5% et la surface entre 0,29 et 4,64 ha par conséquent la modèle de CAQUOT est applicable.

Calcul du débit des bassins versant

La formule de CAQUOT pour le calcul de débit est donnée par :

$$Q(F) = k^{1/u} I^{v/u} C^{1/u} A^{w/u}$$

Avec :

Q(F) est le débit de fréquence de dépassement F, exprimé en mètres cubes par seconde

Et k, u, v et w sont des coefficients d'expression

Les coefficients d'expression sont définis par les formules suivantes :

$$K = (0.5^{b(F)} a(F)) / 6,6$$

$$U = 1 + 0,287 b(F)$$

$$V = - 0,41 b(F)$$

$$W = 0,95 + 0,507 b(F).$$

Avec a(F) et b(F) sont coefficient de Montana de valeur respectivement égale 6.839 et -0.651 (valeur de a et b dans la région à une période de retour de 10 ans)

Les résultats de calcul des coefficients d'expression sont consignés dans le tableau ci-dessous :

a	b	k	u	v	w	1/u	v/u	w/u	k ^{1/u}
6,839	-0,651	1,63	0,81	0,27	0,62	1,23	0,33	0,76	1,82

Après avoir calculé le débit de chaque bassin versant, il faut apporter une certaine correction appelée correction d'allongement.

$$M = L / \sqrt{A}$$

Avec : L est exprimée en hectomètres et A en hectares

Si M est différent de 2, le débit maximum est multiplié par un coefficient correcteur (m) :

$$Q_c = m * Q_p$$

Avec : $m = (M/2)^{0.7b}$ et $Q_p = Q(F)$

Les résultats sont résumés sur le tableau ci-dessous :

Tableau 38: Caractéristiques des bassins versants pluviaux

Bassin versant	Surface (ha)	I(m/m)	C	Qp (m3/s)	L(hm)	M	m	Qc (m3/s)
bv1	4,64	0,008	0,6	0,64	5,25	2,44	0,91	0,59
bv2	3,38	0,01	0,6	0,54	4,44	2,42	0,92	0,50
bv3	4,00	0,011	0,6	0,64	5,18	2,59	0,89	0,57
bv4	4,83	0,008	0,6	0,66	8,65	3,94	0,73	0,49
bv5	2,22	0,007	0,6	0,35	3,47	2,33	0,93	0,33
bv6	3,12	0,018	0,6	0,62	5,97	3,38	0,79	0,49
bv7	3,30	0,045	0,6	0,87	2,04	1,12	1,30	1,13
bv8	1,10	0,02	0,6	0,29	1,53	1,46	1,15	0,33
bv9	2,74	0,017	0,6	0,55	4,54	2,74	0,87	0,48
bv10	4,19	0,006	0,6	0,54	5,32	2,60	0,89	0,48
bv11	3,12	0,006	0,2	0,11	3,48	1,97	1,01	0,11
bv12	1,80	0,01	0,2	0,09	1,89	1,41	1,17	0,10
bv13	2,92	0,009	0,2	0,12	2,95	1,73	1,07	0,13
bv A	1,42	0,008	0,6	0,26	2,66	2,23	0,95	0,25
bv B	0,53	0,014	0,6	0,15	1,46	2,01	1,00	0,15
bv Ecole1	0,48	0,001	0,2	0,01	0,933	1,35	1,20	0,02
bv D	0,35	0,01	0,2	0,02	0,94	1,59	1,11	0,03
bv E	0,29	0,014	0,6	0,09	0,68	1,26	1,23	0,11

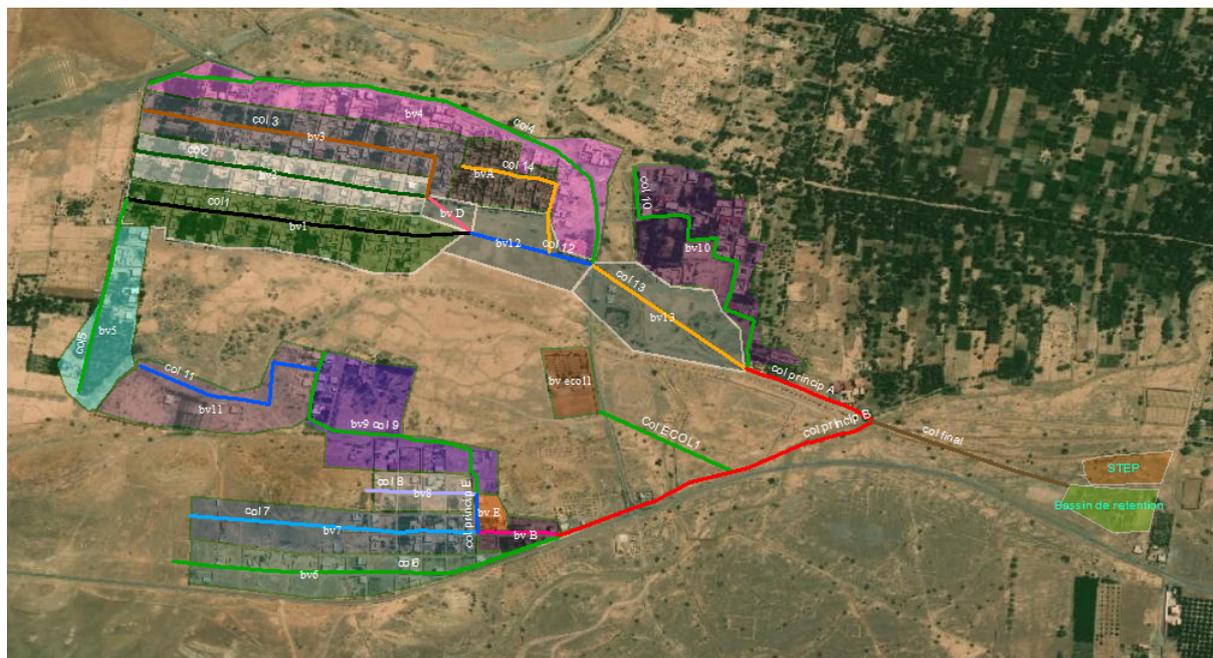


Figure 45: Réseau d'eau pluviale

Assemblage des bassins versant

L'assemblage consiste à regrouper les bassins versants en série ou en parallèle selon la position du collecteur ou des collecteurs qui les traversent.

Après l'assemblage, il faut définir les caractéristiques du bassin équivalent grâce au tableau ci-dessous :

Tableau 39: Formules d'assemblage des bassins versants

Désignation	Bassins parallèles	Bassins en série
Superficie équivalente	$\sum A_j$	$\sum A_j$
Coefficient de ruissellement équivalent	$\sum C_j A_j / \sum A_j$	$\sum C_j A_j / \sum A_j$
Pente équivalente	$\sum I_j Q_{pj} / \sum Q_{pj}$	$\left\{ \sum L_j / \sum (L_j / \sqrt{I_j}) \right\}^2$
Coefficient d'Allongement équivalent	$L(Q_{pmax}) / \sqrt{\sum A_j}$	$\sum L_j / \sqrt{\sum A_j}$

Après le calcul des paramètres du bassin versant équivalent, il faut également appliquer la correction d'allongement.

Il faut aussi apporter une deuxième correction qui consiste à vérifier les conditions suivantes :

$$\text{Max (Q1, Q2)} < Q < Q1 + Q2$$

Avec Q1 et Q2 sont des débits des bassins assemblés

Et Q le débit corrigé de l'assemblage.

Alors :

$$\text{Si } Q_{\text{calculé}} < \text{Max (Q1, Q2)} \implies Q_{\text{calculé}} = \text{Max (Q1, Q2)}$$

$$\text{Si } Q_{\text{calculé}} > Q1 + Q2 \implies Q_{\text{calculé}} = Q1 + Q2$$

Les résultats sont dans le tableau de l'annexe 4

Dimensionnement des conduites d'eau pluviale

Pour un réseau séparatif, le calcul du débit d'écoulement se fait par la formule de Chézy qui est :

$$Q_p = K_c * R^{3/4} * I^{1/2} * S$$

Avec :

S= section mouillée (m²)

K_c= coefficient de Chézy (K=60)

R = rayon hydraulique (m)

I= pente du radier de la canalisation

Le dimensionnement doit respecter les contraintes de calage du réseau sont :

- Vitesse maximum : 4 m/s
- Conditions d'auto curage : $V (1/10 \text{ ps}) \geq 0,60 \text{ m/s}$ (même procédure de calcul que celle des eaux usées)
- Pour éviter les risques d'obstruction, le diamètre minimum sera de 300 mm
- Pente minimum : 0,003 m/m
- Couverture minimale de la canalisation : 80 cm (sinon dalle de répartition)
- Regard de visite tous les 80 m au maximum (hydrocurage ou visite par caméra)
- Regard à chaque changement de pente ou de direction

Les résultats de dimensionnement se trouvent dans l'annexe 4

Les conduites adoptées sont en béton de série 135A sauf une seule conduite qui est en PVC exceptionnellement par ce que son diamètre est faible pour être construit en béton.

Ces résultats montrent clairement que dans la plupart des cas les contraintes de calage sont bien respectées sauf le cas de trois collecteurs.

III.4 Estimation de coût d'assainissement

Le coût de la partie assainissement du projet comprend le coût du réseau d'eau usée et celui du réseau d'eau pluviale.

D'après le programme National de l'Assainissement Rural, le coût d'un réseau collectif pour une population inférieure à 50 000 habitants est autours de 3900 Dh/habitant.

Tableau 40: Coût des collecteurs d'eau usée

Collecteur	Diamètres nominal (mm)	Longueur(m)	Coût unitaire (Dh HT)	Coût total (Dh HT)
A	110	1094	97,59	121959,12
B	110	1336	97,59	130380,24
C	110	1332	97,59	129989,88
Final	125	202	111,48	22518,96
Total EU (Dh HT)				404848

Tableau 41: Coût des collecteurs d'eau pluviale

Collecteur	Diamètre nominal (mm)	Longueur(m)	Coût unitaire (Dh HT)	Coût total (Dh HT)
Col1	800	525	1840	966000
Col 2	800	444	1840	816960
Col 3	800	518	1840	953120
Col 4	800	865	1840	1591600
Col 5	600	347	861,3	298871,1
Col 6	600	597	861,3	514196,1
Col 7	600	432	861,3	372081,6
Col 8	400	153	516,31	78995,43
Col 9	1200	454	2800	1271200
Col 10	600	532	861,3	458211,6
Col 11	400	348	516,31	179675,88
Col 12	1000	189	2503	473067
Col 13	1000	295	2503	738385
Col 14	400	266	516,31	137338,46
Col Ecole 1	200	225	192,86	43393,5
Col princip E	1200	68	2800	190400
Col princip D	800	94	1840	172960
Col princip C	1400	123	2950	362850
Col princip B	1400	542	2950	1598900
Col princip A	1200	216	2800	604800
Col final	1800	335	4050	1356750
Total EU (Dh HT)				13 179755,67

Le coût total de la partie assainissement du projet est égal à la somme des coûts des collecteurs pour ces deux réseaux et celui des coûts du Génie civil.

Coût canalisation EU (Dh HT)	404 848
Coût canalisation EP (Dh HT)	13 179 755,67
Coût projet (Dh HT)	13 584 604
Coût projet (Dh HT/hab.)	4813

III.5 Conclusion

Le réseau d'assainissement est séparatif ce qui permettra d'avoir un volume d'eau usée régularisé dans la STE. Quant aux eaux pluviales, elles vont être mobilisées dans un bassin de rétention où va elles seront traitées naturellement. Ces eaux vont être enfin combinées pour être utilisées en agriculture.

IV. Traitement des eaux collectées

IV.1 Introduction

Dans le but de trouver le procédé d'épuration le plus adapté dans la commune rurale d'Agoudim, on doit effectuer une petite analyse multicritère évoquée dans la partie bibliographie dans le contexte de ce projet où la population est bien connue. Le choix va tenir compte aussi des statistiques sur les procédés utilisés dans la région.

IV.2 Critères de dimensionnement

IV.2.1 Débit et les charges polluantes

La taille d'une station d'épuration dépend fortement du débit et la charge polluante qu'elle reçoit. Ces deux paramètres sont vraiment déterminant dans le choix du procédé d'épuration.

Ci-dessous les débits journaliers projeté générés par chaque découpage de la commune rurale :

Tableau 42: Débit journalier de pointe projeté du découpage d'Agoudim

Bassin versant	Population (hbt)		Dotation (l/hbt/j)	Qp (m3/j)	
	2020	2030		2020	2030
bv1	706	776	75	127	140
bv 2	548	602		99	108
bv 3	467	513		84	92
bv 4	504	554		91	100
bv 5	343	377		62	68

Pour connaître la charge polluante de l'eau usée brute, une analyse au laboratoire s'impose mais vu qu'on n'a pas fait cette analyse alors on s'est servi des données de la région issues du PDAIRE 2013. Les données sont alors consignées dans le tableau ci-dessous :

Tableau 43: composition des eaux usées brutes

Paramètre	Unité	Valeur
Population (2030)	EH	2822
DBO5	g/EH/j	16
DCO	g/EH/j	30
MES	g/EH/j	33
NTK	g/EH/j	10
Coliformes fécaux influent	U/100 ml	1,0E+06
Phosphore	g/EH/j	0,66

Source : PDAIRE 2013

Chaque paramètre ici définit un élément ou un ensemble d'éléments contenant dans l'eau comme le cas de DCO qui définit la matière organique totale et DBO5 qui définit la partie biodégradable de la matière organique. Le rapport entre les deux paramètres donne une idée sur la biodégradabilité de la matière organique. Dans ce projet, le rapport DCO/DBO5 = 2 ce qui permet de dire que cet influent est facilement biodégradable.

IV.2.2 Objectif recherché en termes de qualité

La qualité recherchée dépend de la destination de l'eau usée traitée qui peut être le rejet direct dans l'environnement ou la réutilisation pour l'agriculture ou pour l'arrosage des espaces verts. La recherche d'une meilleure qualité peut influencer sur le choix du procédé d'épuration. Dans ce présent projet, l'eau usée traitée sera destinée à l'irrigation par

conséquence une meilleure qualité d'eau usée traitée s'impose pour éviter de nuire à la fois à l'environnement et à la santé des utilisateurs.

Les normes de réutilisation des eaux usées traitées sont consignées dans les tableaux de l'annexe 1.

IV.3 Caractéristiques du site d'implantation de la STEP

Le douar se trouve entre les deux bras de l'oued H'ssiya, ce qui a permis d'installer la STEP à quelques mètres d'un bâtiment du douar. Le site se trouve sur un relief plat avec une pente moyenne de 1,1% avec une élévation de 1160 NGM. Le site de la STEP couvre une superficie de 2,8 ha et se trouve dans un domaine non agricole.

IV.4 Analyse multicritère pour le choix d'un procédé d'épuration

Dans la partie bibliographique, on a effectué une analyse multicritère pour une situation quelconque. Dans cette partie on va ramener cette étude dans le cadre de ce projet. Pour cela, on doit comparer donc les quatre procédés d'épuration : le lagunage naturel, le lagunage aéré, le lit bactérien et les boues activées selon des critères techniques, environnementaux et économiques.

IV.4.1 Critères techniques

Les critères techniques évoqués dans cette partie sont :

- Performances épuratoires attendues ;
- Entretien des ouvrages ;
- Consommation en énergie électrique ;
- Besoin en surface

En se servant des données du projet, la synthèse de cette analyse se trouve dans le tableau de l'annexe 4

IV.4.2 Critères environnementaux

Certains éléments émis par la STEP lors de son fonctionnement peut avoir des répercussions sur l'environnement. La quantité ou la qualité de ces éléments peut varier d'un procédé à un autre. Cette variation peut permettre le choix d'un procédé au détriment d'un autre. Une analyse de cet élément permettrait d'appuyer notre choix. Ces analyses vont se porter sur les critères suivants :

- Emission des odeurs ;
- Emission d'aérosols ;
- Emissions sonores ;
- Elimination de germe pathogène ;
- Production des boues.

La synthèse de cette analyse par rapport à ce présent projet est consignée dans le tableau ci-dessous :

Tableau 44: Critères environnementaux

Procédé	Emission des odeurs	Emission d'aérosols	Emissions sonores	Elimination de germe pathogène	Production des boues
Lagunage naturel	Émission beaucoup plus importante	Moins de risque	Moins d'émissions	+ performant	Production annuelle de 369 m ³
Lagunage aéré		Beaucoup de risque	Beaucoup d'émissions sonores	-Performant	
Boue activée	Emission moins importante	Moins de risque	Moins d'émissions		Production annuelle beaucoup plus importante que 369 m ³
Lit bactérien			Moins d'émissions		

IV.4.3 Critères économiques

Avec une population de 9216 habitants, on va évaluer le coût d'investissement et d'exploitation pour chaque procédé.

Tableau 45: Critères économiques

Procédé	Coût investissement (Dh HT)	Coût d'exploitation (Dh HT)
Lagunage naturel	13 824 360	276 487,2
Lagunage aéré	13 824 360	1 382 436
Boue activée	11 981 112	958 488,96
Lit bactérien	6 912 180	414 730,8

IV.5 Statistiques sur les procédés utilisés dans la région

Pour continuer l'analyse, il faut aussi voir les statistiques des procédés utilisés dans la région afin de savoir le procédé le plus couramment utilisé. Dans la région il y'a environ 21 STEPs (achevées + programmées) et se compose comme suite (voir figure).

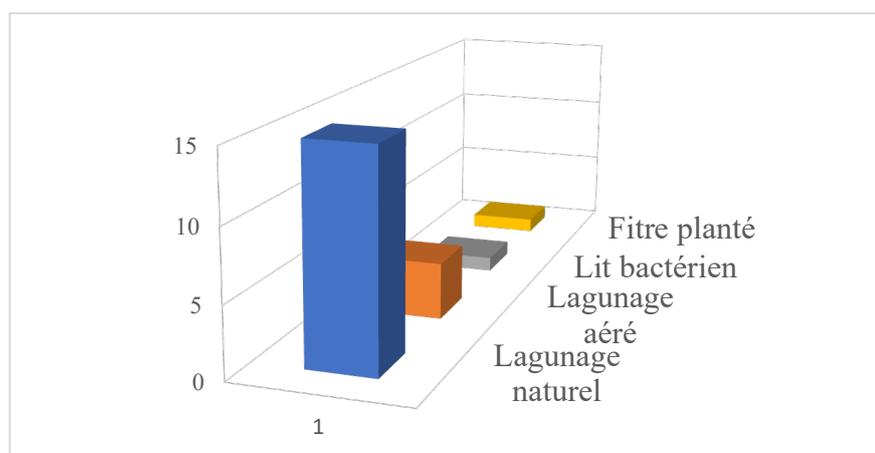


Figure 46: Statistiques sur les procédés d'épuration de la région Draa-Tafilalet

Les statistiques montrent que le lagunage naturel est le procédé le plus utilisé dans la région suivie du lagunage aéré et avec l'absence totale des boues activées.

IV.6 Choix du procédé de traitement

La zone de projet est une zone éloignée des grandes agglomérations par conséquent l'approvisionnement en équipements peut être difficile en cas d'une station de technologie lourde.

Il y a aussi manque de personnels qualifiés et aussi les moyens financiers sont très limités.

Après toutes ces analyses, on a opté pour le lagunage naturel qui est technologie accessible malgré qu'il consomme beaucoup d'espace.

IV.6.1 Conception de STEP

La structure de la STEP se présente comme suit :

- Un prétraitement qui comporte un dégrilleur, un dessableur et un déshuileur ;
- Une partie traitement primaire et secondaire qui comporte les bassins anaérobique, facultatif et de maturation ;
- Et tertiaire qui comprend une lagune de finition.

1. Prétraitement

a. Le dégrilleur

Le dégrilleur est le premier poste de traitement des eaux usées. Il joue essentiellement deux rôles :

- Protéger les ouvrages en aval contre l'arrivée de gros objets susceptibles de provoquer des bouchages.
- Séparer et évacuer facilement les matières volumineuses charriées par l'eau brute, qui pourraient nuire l'efficacité du traitement.

Critères de conception du dégrilleur

Les critères de conception sont des paramètres auxquels il faut prêter attention lors du dimensionnement. Ces paramètres sont indiqués dans le tableau ci-dessous :

Tableau 46: Critères de conception d'un dégrilleur

Paramètres d'écoulement	Diamètre des barreaux (mm)	8 – 10	
	Espacement entre les barres (mm)	10 – 50	
	Pente par rapport à l'horizontal (°)	70– 85	
	Vitesse à travers les grilles (m/s)	0,6 – 0,9	
	Pertes de charges admissibles (mm)	150	
Coef de Colmatage	Grille Manuelle	0,1–0,3	
	Grille Automatique	0,4–0,5	
Forme de Barreaux	Rectangulaires à arrête à angle droit	β	2.42
	Rectangulaires avec face amont circulaire		1.83
	Circulaire		1.79

Pour ce projet on a choisi un dégrilleur mécanique à Barreaux Circulaires dont les caractéristiques sont mentionnées ci-dessous :

Tableau 47: caractéristiques du dégrilleur

Paramètre	Symbole	Unités	2020	2030
Débit maximal au travers de la grille	$Q_{max}=Q_p$	m ³ /s	0,006	0,006
Vitesse maximale de passage à travers la grille	V	m/s	0,8	0,8
Coefficient de colmatage	c		0,3	0,3
Degré d'inclinaison des grilles	Θ	°	70	70
Ecartement entre les barres	e	mm	25	25
Barreaux Circulaire de diamètre	b	mm	10	10
Coefficient lié à la forme des barres	β	-	1,79	1,79
Largeur de grille	L	m	1	1
Constante Gravitationnelle	g	m/s ²	9,81	9,81

Dimensionnement

- La superficie ouverte (surface verticale) de la grille est donnée par la formule :

$$S = \frac{Q}{V \times a \times c}$$

Avec :

Q : Débit maximal à travers la grille.

V : Vitesse de l'écoulement à travers la grille.

a : Coefficient de passage libre donné par la relation :

$$= \frac{\text{Diamètre des barreaux}}{\text{Diamètre des barreaux} + \text{espacement entre les barreaux}}$$

c : Coefficient de colmatage dépendant de la qualité de l'eau et du système de reprise des résidus.

Généralement : $\left\{ \begin{array}{l} 0.1 < C < 0.3 \text{ pour une grille manuelle.} \\ 0.4 < C < 0.5 \text{ pour une grille automatique.} \end{array} \right.$

- La hauteur de la grille est donnée par la relation suivante :

$$\text{Hauteur de la grille} = \frac{\text{Superficie ouverte}}{\text{Largeur de la grille}}$$

- Nombre des barreaux

La largeur de la grille égale $L = N_e \cdot e + N_b \cdot b$

Avec :

Nb : Nombre des barreaux

Ne : Nombre d'espacement

e : espacement entre les barreaux

b: diamètre des barreaux

Or $N_e = N_b + 1$

$$N_b = \frac{\text{Largeur de grille} - \text{Espacement entre les barreaux}}{\text{Espacement} + \text{Diamètre des barreaux}}$$

Les pertes de charges à travers la grille sont données par l'équation de Kirchmer :

$$\Delta h = \beta * \left(\frac{b}{e}\right)^{\frac{4}{3}} * \left(\frac{v^2}{2g}\right) * \sin\theta$$

Avec :

e : espacement entre les barreaux ;

b : diamètre des barreaux

θ : angle d'inclinaison de la grille par rapport à l'horizontal.

β : coefficient qui tient compte de la forme des barreaux.

Les résultats de calcul sont dans le tableau ci-dessous :

Tableau 48: Dimensionnement du dégrilleur

Nombre de Dégrilleur	N	-	2020	2030
			1	1
Coef de passage libre dans la grille	a	-	0,29	0,29
Superficie Ouverte (Verticale)de la grille	S	m ²	0,09	0,09
Hauteur de la grille	H	m	0,09	0,09
Nombre de barreaux	Nb	-	28	28
Perte de charge dans la grille	Dh	mm	13,32	13,32

b. Dessableur

Le dessableur est l'ouvrage situé à l'aval immédiat du dégrilleur. Il a pour rôle de retenir les particules denses principalement les grains de sable pour éviter que ces dernières s'accumulent au fond du bassin anaérobique. Cet ouvrage maintient une vitesse de moins de 0,3 m/s pour permettre aux particules de se déposer.

Critères de conception

Tableau 49: Critères de conception du dessableur

Paramètre	Symbole	Unités	2020	2030
Débit de pointe	$Q_{max}=Q_p$	m^3/h	21,6	23,0
Temps de Séjour	T_s	min	5,0	5,0
Hauteur de dessableur	h	m	3,00	3,00
Quantité d'air injectée	V_i	m^3/m^3 d'eau usée	1,25	1,25
Matière en suspension	MES	Kg/j	76,75	83,96
Teneur en matière minérale dans MES	MM	Kg/j	15,35	16,79
Charge Hydraulique	Ch.	$m^3/m^2/h$	50	50

Dimensionnement

- Volume du dessableur

Le volume du dessableur se calcule par la formule suivante :

$$V = Q_p \times T_s$$

Avec :

T_s = temps de séjour

Q_p = débit de pointe

- Diamètre du dessableur

Le diamètre du dessableur est donné par : $D = \sqrt{4 \times \frac{V}{\pi \times h}}$

- Débit volumique d'air injecté

La quantité d'air à injecter est donnée par la relation : $Q_{air} = Q_p \times V$

Avec V : volume d'air à injecter (m^3 / m^3)

- Quantité de matières éliminées

Le dessableur est capable d'éliminer 80% de la matière minérale existant dans les eaux usées. La matière minérale représente que 20% de la charge en matière en suspension (MES), les 80% restants, représentent les matières volatiles en suspension (MVS).

Le résumé du dimensionnement se trouve dans le tableau ci-dessous :

Tableau 50: Résultats de dimensionnement du dessableur

Paramètre	Symbole	Unité	2020	2030
Nombre de dessableur	-	-	1	1
Volume du dessableur	V	m ³	1,80	1,92
Diamètres du dessableur	D	m	0,87	0,90
Surface du dessableur	S	m ²	1,41	1,37
Débit de volume d'air injecté	Qair	m ³ /s	0,01	0,01
Matière minérale éliminée	MMe	Kg/j	12,3	13,4
Matière minérale restante	MMr	Kg/j	3,07	3,36
MES sortant du dessableur	MESs	Kg/j	64,47	70,53

c. Unité de Déshuilage

Cette unité constitue la dernière étape du prétraitement. Elle peut être combinée avec le dessableur pour former le complexe dessableur-déshuileur.

Critères de dimensionnement

Tableau 51: Critères de conception du déshuileur

Paramètre	Symbole	Unités	2020	2030
Débit de pointe	Qmax=Qp	m ³ /h	21,6	23,0
Temps de Séjour	Ts	min	20	20
Vitesse Ascensionnel de l'huile	Va	m/h	15	15

Dimensionnement

- Surface de déshuileur

La surface du déshuileur se calcule par la formule suivante : $S = \frac{Q_{max}}{V_a}$

- Volume de déshuileur

Le volume est donné par : $V = Q_{max} \times T_s$

Les résultats du dimensionnement :

Tableau 52: Résultats de dimensionnement du déshuileur

Paramètre	Symbole	Unité	2020	2030
Nombre de déshuileur	-	-	1	1
Surface de déshuileur	S	m ²	1,44	1,54
Volume de déshuileur	V	m ³	7,20	7,68

Vue les deux unités (dessableur et déshuileur) ont presque même surface, on va les combiner pour gagner d'espace. Les dimensions de complexe se calcule par les formules suivantes :

$$\text{Hauteur : } H = \frac{V}{S}$$

$$\text{Diamètre : } D = \sqrt{\left(\frac{4S}{\pi}\right)}$$

Tableau 53: Résultats de dimensionnement du dessableur-déshuileur

Paramètre	Symbole	Unités	2020	2030
Hauteur	H	m	5,0	5,0
Diamètre	D	m	1,4	1,4

2. Traitement primaire et secondaire

a) Introduction

Cette unité de traitement constitue le noyau de la station. Elle est composée de trois bassins dont le bassin anaérobique, facultatif et de maturation. Elle est réputée pour sa performance dans l'élimination de la DBO et des métaux lourds par précipitation des sulfures.

La profondeur maximale que peut atteindre un bassin de cette unité est de 5m. Cette unité peut recevoir une charge en DBO5 supérieur à 100 g /m³. j (équivalent à plus de 3000 Kg/hab.) pour une profondeur de 3m.

Sa performance épuratoire est souvent liée à un certain paramètre comme la température. Elles fonctionnent très bien dans les climats chauds ; avec un temps de rétention court parfois un jour pour une température supérieure à 20°C pour une DBO de 300 mg/l dans l'influent (Mara, 1997).

b) Critères de dimensionnement

Pour dimensionner cette unité de la station, trois méthodes sont applicables :

- Les méthodes semi empiriques basées sur les charges admissibles qui sont fonction des paramètres environnementaux locaux ;
- Les méthodes purement empiriques basées sur le volume ou surface utile de bassin par usager ;
- Les méthodes rationnelles basées sur un modèle hydrodynamique des bassins.

Toutes ces méthodes d'évaluation de la performance épuratoire produisent des équations qui s'appliquent sur principalement à la DBO, DCO, aux germes pathogènes et à l'azote.

Dans ce projet on a opté pour les méthodes semi empiriques : celle de (Mara, 1997)

c) Dimensionnement

Le dimensionnement se basera sur les données suivantes :

Tableau 54: Données de dimensionnement des bassins du lagunage naturel

Paramètre	Unité	Valeur
Population	EH	2822
Consommation Eau potable	m ³ /j	0,075
Taux de restitution à l'égout	-	0,8
DBO5	g/EH/j	16
DCO	g/EH/j	30
MES	g/EH/j	33
NTK	g/EH/j	10
Coliformes fécaux influent	U/100 mL	1,0E+06
Œufs d'helminthes	U/L	1 000
Température de l'air du mois le plus froid	°C	8
Température de l'eau Usée du mois froid	°C	16
Taux d'évaporation	mm/j	10,00
Taux d'accumulation des boues	l/hab./an	40
Autonomie d'accumulation des boues (valeur fixée pour ce projet)	an	2

Source : PDAIRE 2013

i. Bassin anaérobie

Ce bassin sert à piéger et séparer gravitairement la matière à décanter des eaux usées brutes et à la décomposition des boues décantées par digestion anaérobie au fond des bassins.

▪ Critères de conception

Le dimensionnement doit respecter les consignes suivantes pour assurer une bonne performance épuratoire. Ces consignes sont :

- La température de mois le plus froid inférieur à 10°C ;
- La profondeur doit être comprise entre 2 et 5m

▪ Dimensionnement

La masse journalière en DOB5 est déterminée par : $M = Q_i \times C_{DBO5}$

Avec : Q_i = débit journalier et C_{DBO5} = la charge DBO5 en g/m³

Charge volumique maximale est donnée par : $C_{vmax} = 20 \times T - 100$

Avec T = la température de l'air du mois le plus froid.

Volume utile est donné par : $V_u = \frac{Q_i \times CDB05}{C_v}$

Le temps de séjour est donné par : $T_s = \frac{V_u}{Q_i}$

Le volume total (eau + boue) se calcule par la formule suivante :

$$V_t = V_u + \frac{Tab \times population \times Aab}{1000}$$

Avec : Tab= taux d'accumulation de boues et Aab= autonomie d'accumulation de boues.

Caractéristiques géométriques du bassin

Cette partie est la même pour tous les bassins qui vont suivre le bassin anaérobie

Volume par bassin est donné par la formule suivante : $V = h \cdot (A_s + A_f) / 2$ avec $A_s = L_s \cdot l_s$: section du bassin anaérobie à la surface de l'eau et $A_f = L_f \cdot l_f$: section du bassin anaérobie au fond. En prenant un rapport $L_s/l_f = 2$: $A_s = 2 \cdot l_s^2$ et $A_f = 2 \cdot l_f^2$. Soit n : la pente des berges du bassin et h : sa profondeur, on aura $L_f = l_s - 2 \cdot n \cdot h$ et $L_s = l_s + 2 \cdot n \cdot h$

Donc on écrit V en fonction de l'inconnu l_s et on résout l'équation (on utilise valeur cible de l'Excel pour résoudre l'équation).

L_s et l_s sont respectivement la longueur et la largeur de surface.

L_f et l_f sont respectivement la longueur et la largeur de fond.

La revanche est calculée par : $f = (\text{Log}(A_s))^{(0,5)} - 1$

Le nombre minimal de bassins anaérobies est 2:(1 fonctionnel et le 2ème fonctionne en cas de curage).

Le débit de l'effluent est donné par : $Q_{ef} = Q_i - A_s \cdot ETo \cdot 10$ avec A_s en hectare et ETo en mm/j.

Les résultats de dimensionnement sont dans le tableau ci-dessous :

Tableau 55: Résultats de dimensionnement du bassin anaérobie

Paramètres	Unités	Valeurs
DBO5	g/m ³	284,44
Qi	m ³ /j	158,74
M _{DBO5}	Kg/j	45,2
Charge Volumique	g/m ³ /j	60
Volume Utile	m ³	753
Temps de Séjour	j	4,7
Volume Total (Eau+Boues)	m ³	978
Profondeur	m	3
Pente des berges		2
Nombre de bassin		2
Volume par bassin	m ³	489
Largeur plan d'eau	m	13
Longueur plan d'eau	m	25
Superficie au plan d'eau	m ²	325
Largeur au fond	m	7
Longueur au fond	m	13
Superficie au Fond	m ²	91
Revanche, $f = (\text{Log}(A)^{(0,5)}) - 1$	m	0,5
Largeur au sol	m	15
Longueur au sol	m	27
Superficie au sol	m ²	405
Superficie au sol Totale	ha	0,08
Superficie au plan d'eau Totale	ha	0,06
Superficie au Fond Totale	ha	0,02
Débit de l'effluent	m ³ /j	152

Ce bassin permet de réduire la charge en microorganisme. Les microorganismes éliminés sont les coliformes fécaux et les œufs d'helminthes. Le rendement pour cette étape est synthétisé dans le tableau ci-dessous :

Tableau 56: Rendement du bassin anaérobie

VÉRIFICATION			
Charge volumique en DBO ₅	$C_{V \min} = M_{\text{DBO eb}} / V_{\text{an tot}} * 1000$	g/m ³ /j	46
	$C_{V \max} = M_{\text{DBO eb}} / V_{\text{utile}} * 1000$	g/m ³ /j	60,0
Temps de séjour	$t_{s \text{ an min}} = V_{\text{utile}} / Q_i$	j	2,4
	$t_{s \text{ an max}} = V_{\text{an tot}} / Q_i$	j	3,1
Charge surfacique en DBO ₅	$C_S = M_{\text{DBO eb}} / ((S_{S \text{ tot an}} + S_{F \text{ tot an}}) / 2)$	kg/ha/j	1 085
RENDEMENTS			
DBO ₅ (selon Mara/Pearson, 1987)	$h_{\text{DBO an}} = 2 * T_{\text{EU}} + 20$ (40 < h _{DBO} < 60)	%	52
Coliformes fécaux	$h_{\text{CF an}} = (1 - 1 / (K * t_{s \text{ min}} + 1)) * 100$	%	75,4
K (selon Marais, 1974 et Demillac, 1982)	$K = 2,6 * (1,19)^{(T_{\text{EU}} - 20)}$		1,30
Œufs helminthes (selon Mara et Al, 1992)	$h_{\text{hel an}} = 100 - 41 * e^{(-0,49 * t_s + 0,0085 * t_s * t_s)}$	%	86,5

La composition de l'effluent sortant du bassin anaérobie est résumée dans le tableau ci-dessous :

Tableau 57: Concentration de l'eau sortant du bassin anaérobie

CONCENTRATION DES EAUX TRAITÉES			
DBO₅	$C_{\text{DBO an}} = (1 - h_{\text{DBO an}}) * C_{\text{DBO eb}}$	mg/l	137
Coliformes fécaux	$C_{\text{CF an}} = (1 - h_{\text{CF an}}) * C_{\text{CF eb}}$	u/100ml	245 503
Œufs helminthes	$C_{\text{hel an}} = (1 - h_{\text{hel an}}) * C_{\text{hel eb}}$	u/l	5

ii. Bassin facultatif

Se trouvant en aval des bassins anaérobies, les bassins facultatifs sont des bassins de grandes dimensions. Dans ces derniers, se déroule l'essentiel de la bio-épuration grâce à une synergie algo-bactérienne.

▪ Critères de conception

La profondeur du bassin doit être comprise entre 1,5 et 2m. En plus de la profondeur, plusieurs autres critères viennent s'ajouter. Ces paramètres sont regroupés dans le tableau suivant :

Tableau 58: Critères de conception du bassin facultatif

CRITÈRES DE DIMENSIONNEMENT				
Charge surfacique en DBO ₅				
	Valeurs limites	C _s	kg/ha/j	100 - 300
	Calcul			
	a) Selon Mc Garry & Pescod	$C_{S \text{ maxi}} = 60,3 * (1,0993)^{T_a}$	kg/ha/j	128,6
	Facteur de sécurité	F	-	1,5
	Charge surfacique	$C_S = C_{S \text{ maxi}} / F$	kg/ha/j	85,7
	b) Selon Mara & Pearson (1987)			
	T _{air} < 10°C	C _S = 100	kg/ha/j	100,0
	10°C < T _{air} < 20°C	$C_S = 10 * T_{Air}$	kg/ha/j	
	T _{air} > 20°C	$C_S = 50 * (1,072)^{T_{Air}}$	kg/ha/j	
	c) Selon Mara (1987)	$C_S = 350 * (1,107 - 0,002T_{Air})^{T_{Air} - 25}$ (T > 10°C)	kg/ha/j	80
	Valeur retenue		kg/ha/j	80
Temps de séjour		t _{s fac}	j	15-30

▪ **Dimensionnement**

Le dimensionnement se fait de la même manière que celui du bassin anaérobie mais en utilisant des données de l'effluent sortant ce dernier.

Tableau 59: Dimensionnement du bassin facultatif

CARACTÉRISTIQUES DES LAGUNES FACULTATIVES				
Nombre d'unités		a (> 2)		2
Caractéristiques géométriques				
	Rapport Ls/l _s	$\alpha = L_s / l_s$		4
	Surface au plan d'eau (par bassin)	$A_S = 10 * C_{DBO} * Q_i / C_S$	m ²	1305
	Largeur l _s	$l_s = 0,5 * A_S^{0,5}$	m	18
	Longueur L _s	$L_s = \alpha * l_s$	m	72
	Profondeur	h	m	1,2
	Pente des talus	n		2,0
	Largeur au fond	$l_f = l_s - 2 * n * h$	m	13
	Longueur au fond	$L_f = L_s - 2 * n * h$	m	67
	Surface au fond	$A_f = L_f * l_f$	m ²	895
	Revanche	$f = \text{Log}(A_S)^{0,5} - 1$	m	0,5
	Longueur au sol par bassin	$L_o = L_s + 2 * n * f$	m	74,3
	Largeur au sol par bassin	$l_o = l_s + 2 * n * f$	m	20,1
	Volume du bassin	$V_{fa} = \frac{1}{2} * (A_S + A_f) * h$	m ³	1320

Le rendement pour cette étape en matière de dégradation des microorganismes et la matière organique, la synthèse se trouve dans le tableau ci-dessous :

Tableau 60: Rendement du bassin facultatif

VÉRIFICATION				
Charge surfacique en DBO ₅		$C_S = M_{DBO\ an} / ((A_{S\ tot\ fa} + A_{f\ tot\ fa})/2)$	kg/ha/j	24
Pertes par évaporation et infiltrations		$P_{\text{évap}} = A_{S\ tot\ fa} * p_{\text{évap}} * 10$	m ³ /j	13
Temps de séjour		$t_{s\ fa\ théor} = V_{fa} / Q_i$	j	9
Débit de l'effluent		$Q_e = 2 / (2 * Q_i - P_{\text{évap}})$		70
		$t_{s\ fa\ réel} = V_{fa} / Q_e$	j	19,0
Débit total de l'effluent				139,2
RENDEMENTS				
Efficienc				
	DBO ₅			
	a) K _T (selon Marais / Gloyna)	$K_T = 1,2 * 1,085^{(TEU-35)}$	-	0,255
	Rendement DBO ₅	$h_{DBO\ fa} = (1 - 1 / (K_T * t_s + 1)) * 100$	%	68,8
	b) K _T (selon Mara)	$K_T = 0,3 * 1,05^{(TEU-20)}$	-	0,122
	Rendement DBO ₅	$h_{DBO\ fa} = (1 - 1 / (K_T * t_s + 1)) * 100$	%	51,3
	c) Valeur retenue	$h_{DBO\ fa}$	%	51,3
	Coliformes fécaux	$h_{CF\ fa} = (1 - 1 / (K * t_s + 1)) * 100$	%	91,8
	K (selon Marais, 1974 et Demillac, 1982)	$K = 2,6 * (1,19)^{(TEU-20)}$		1,30
	Œufs helminthes (selon Mara et Al, 1992)	$h_{hel\ fa} = 100 - 41 * e^{(-0,49 * t_s + 0,0085 * t_s * t_s)}$	%	98,89

Avec :

K : cinétique de disparition de la matière organique, donnée par le modèle de MARA ;

P_{évap} = ETo ;

h_{cf fa} = Pourcentage de réduction ou le rendement des coliformes fécaux ;

h_{hel fa} = Pourcentage de réduction ou rendement des œufs d'helminthes.

La composition de l'effluent sortant du bassin facultatif est résumée dans le tableau ci-dessous :

Tableau 61: Concentration de l'eau sortant du bassin facultatif

CONCENTRATION DES EAUX TRAITÉES				
DBO ₅		$C_{DBO\ fa} = (1 - h_{DBO\ fa}) * C_{DBO\ an}$	mg/l	66,4
Coliformes fécaux		$C_{CF\ fa} = (1 - h_{CF\ fa}) * C_{CF\ an}$	u/100ml	20 055
Œufs helminthes		$C_{hel\ fa} = (1 - h_{hel\ fa}) * C_{hel\ an}$	u/l	0,052

iii. Bassin de maturation

Le dimensionnement des bassins de maturation est basé surtout sur l'élimination des germes pathogènes

▪ Critères de conception

La profondeur est comprise entre 0,8 et 1,5m et les autres paramètres sont dans le tableau ci-dessous :

Tableau 62: Critères de conception du bassin de maturation

BASSIN DE MATURATION PRIMAIRE					
Désignation			Formules	Unités	Valeurs
1. DONNÉES DE BASE					
	Débit moyen journalier		Q_i	m ³ /j	139,2
	Concentration de l'affluent				
		DBO ₅	$C_{DBO\ ma}$	mg/l	66
		Coliformes fécaux	$C_{CF\ ma}$	u/100ml	20055
		Œufs helminthes	$C_{hel\ ma}$	u/l	,0 149
	Charge de DBO ₅ à traiter		$M_{DBO\ ma}$	kg/j	9
	Température de dimensionnement				
		Air	T_{Air}	°C	8
		Eau	T_{EU}	°C	16
	Pertes par évaporation et infiltrations		$p_{évap}$	mm/j	10,0
	Constante K		$K = 2,6 * (1,19)^{(T_{EU}-20)}$		1,3
	Concentration de l'effluent en CF(on veut atteindre)		N_e	u/100ml	10
	Temps de séjour dans le BA		$t_{s\ A\ réel}$	j	5
	Temps de séjour dans le BF		$t_{s\ F\ réel}$	j	19
CRITÈRES DE DIMENSIONNEMENT					
	Temps de séjour		$t_{s\ M} < t_{s\ F}$	j	
			$t_{s\ M} > 3j$	j	
	Charge surfacique		$C_{s,M} < 0.75 * C_{s,F}$	kg/ha/j	60

▪ Dimensionnement

On doit procéder de la même manière que celui du bassin facultatif mais en utilisant des données de l'effluent sortant de ce dernier.

Une autre particularité avec ce bassin c'est le temps de séjour qui est donné par la formule suivante : $t_{s,M} = \left[\frac{Ni}{(Ne * (1+K * t_{s,A}) * (1+K * t_{s,F}))} \right]^{1/n} - 1 / K$

Avec :

Ne= Concentration de l'effluent en CF (on veut atteindre) et Ni= Concentration de l'effluent en CF de l'influent (provenant du bassin facultatif) ;

$t_{s,A}$ = temps de séjour du bassin anaérobie et $t_{s,F}$ = temps de séjour du bassin facultatif ;

K : cinétique de disparition de la matière organique, donnée par le modèle de MARA.

Tableau 63: Dimensionnement du bassin de maturation

CARACTÉRISTIQUES DES BASSINS DE MATURATION				
Nombre de Bassin de Maturation en série		n		1
Temps de séjour		$t_{s,M} = \left[\frac{Ni}{(Ne * (1+K * t_{s,A}) * (1+K * t_{s,F}))} \right]^{1/n} - 1 / K$	j	7,7
Caractéristiques géométriques				
	Nombre de bassin par étage			2
	Volume d'un bassin	$V_m = t_{s,M} * Q_i$	m ³	535
	Rapport Ls/l	$\alpha = L_s / l$		2
	penne des talus	n		2,0
	Profondeur	h	m	1,5
	Largeur ls		m	16
	Longueur Ls	$L_s = \alpha * l$	m	32
	Surface au plan d'eau	$A_s = L_s * l$	m ²	513
	Largeur au fond	$l_f = l - 2 * n * h$	m	10,0
	Longueur au fond	$L_f = L_s - 2 * n * h$	m	26
	Surface au fond	$A_f = L_f * l_f$	m ²	261
	Revanche	$f = \text{Log}(A_s)^{0,5} - 1$	m	0,5
	Longueur au sol	$L_o = L_s + 2 * n * f$	m	34
	Largeur au sol	$l_o = l + 2 * n * f$	m	18

Le rendement pour cette étape en matière de dégradation des microorganismes et la matière organique se trouve dans le tableau ci-dessous :

Tableau 64: Rendement du bassin de maturation

VÉRIFICATION				
Charge surfacique en DBO ₅		$C_S = M_{DBO_{an}} / ((S_{S_{tot M}} + S_{F_{tot M}}) / 2)$	kg/ha/j	59,8
RENDEMENTS				
Efficienc e d'abattem ent	DBO ₅			
	a) K _T (selon Marais / Gloyna)	$K_T = 1,2 * 1,085^{(TEU-35)}$	-	0,255
	Rendement DBO ₅	$h_{DBO M} = (1 - 1 / (K_T * t_s + 1)) * 100$	%	98,7
	b) K _T (selon Mara)	$K_T = 0,3 * 1,05^{(TEU-20)}$	-	0,142
	Rendement DBO ₅	$h_{DBO M} = (1 - 1 / (K_T * t_s + 1)) * 100$	%	94,8
	c) Valeur retenue	$h_{DBO M}$	%	96,8
	Coliformes fécaux	$h_{CF M} = (1 - 1 / (K * t_s + 1)) * 100$	%	91
	K (selon Marais, 1974 et Demillac, 1982)	$K = 2,6 * (1,19)^{(TEU-20)}$		1,30
	Œufs helminthes (selon Mara et Al, 1992)	$h_{hel M} = 100 - 41 * e^{-(0,49 * t_s + 0,0085 * t_s * t_s)}$	%	98,43

Avec :

K : cinétique de disparition de la matière organique, donnée par le modèle de MARA ;

Pévap= ETo ;

$h_{cf M}$ = Pourcentage de réduction ou le rendement des coliformes fécaux ;

$h_{hel M}$ = Pourcentage de réduction ou rendement des œufs d'helminthes.

La composition de l'effluent sortant du bassin de maturation est résumée dans le tableau ci-dessous :

Tableau 65: Concentration de l'eau sortant du bassin de maturation

CONCENTRATION DES EAUX TRAITÉES				
DBO ₅		$C_{DBO M} = (1 - h_{DBO M}) * C_{DBO F}$	mg/l	2,2
Coliformes fécaux		$C_{CF M} = (1 - h_{CF M}) * C_{CF F}$	u/100ml	1 829
Œufs helminthes		$C_{hel M} = (1 - h_{hel M}) * C_{hel F}$	u/l	0,000

Ces résultats théoriques montrent un abattement très important de la charge polluante et l'eau épurée pourrait même être utilisée pour irriguer certaines cultures. Ces cultures sont : cultures industrielles, fourrages, céréales et semences oléagineuses.

Si le traitement se limite à ce niveau, on pourrait estimer le coût de traitement :

Avec une population de 2822 habitants en 2030, et se référence du critère technique de l'analyse multicritère, le coût de traitement est évalué :

Tableau 66: Coût de traitement des eaux usées

STEP			
Coût	Unité	Proportion	Total
Caractéristiques des paramètres			
Equipement	Dh HT	20% CI	846637,32
Génie civil	Dh HT	80% CI	3386549,28
Coût total investissement (CI)	Dh HT	100%	4233186,6
Coût total entretien	Dh HT	2% CI	846637,32
Total STEP	Dh HT	-	5 079 823,92

Pour que l'eau épurée soit utilisable pour toutes les cultures, il faut apporter un traitement complémentaire. Mais ce traitement demandera un coût supplémentaire.

3. Traitement complémentaire

Dans le paragraphe traitement complémentaire de la partie bibliographie, on a mentionné les différentes méthodes de traitement adaptées au Maroc. En général, il y a deux méthodes de traitement complémentaire selon la destination de l'eau épurée. Elles sont :

- Méthodes d'élimination de l'azote et du phosphore qui sont généralement adaptées pour les eaux épurées destinées au rejet dans l'environnement ;
- Méthodes de désinfection pour les eaux épurées destinées à la réutilisation.

Dans ce projet, les eaux sont destinées à la réutilisation pour l'irrigation des surfaces agricoles alors l'élimination de l'azote et du phosphore n'est nécessaire car ils constituent une source d'engrais. Les méthodes de traitement tertiaire qui sont susceptibles d'être utilisées sont les méthodes de désinfection pour réduire la charge pathogène.

Les méthodes de désinfection sont :

- La chloration ;
- L'ozonation ;
- Le rayonnement ultraviolet ;
- Lagune de finition.

Il existe d'autres méthodes comme **l'acide peracétique et ultrafiltration** mais ce sont des technologies qui emploient de très gros moyens.

Connaissant donc ces quatre méthodes de désinfection qui sont facilement accessibles, il faut choisir une méthode plus adaptée à ce projet.

a) Etude comparative entre les méthodes de désinfection

Tableau 67: Etude comparative entre les méthodes de désinfection

Méthode	Avantage	Inconvénient
Chloration	Une technique simple, fiable et employant très peu d'équipement ; Coût très faible ; Disponible sur le marché ; Effet rémanent	Moins efficace face aux virus ; Elle génère des sous-produits toxiques ; Étroitement dépendante de la température, du pH.
Ozonation	Amélioration de la qualité de l'eau par oxygénation ; Détruit les bactéries, les virus et les protozoaires ; Un temps de contact réduit par rapport au chlore ; Pas de sous-produit.	Coûts d'investissement et d'exploitation sont élevés ; Procédé est complexe et nécessite une main d'œuvre qualifiée ; Dangereux pour l'homme car il y a un risque d'explosion.
Rayonnement ultraviolet	Procédé simple et compacte ; Un temps de contact réduit par rapport à l'ozonation (quelque seconde) ; Pas de sous-produit ; Ne nécessite ni transport ni stockage car c'est un procédé physique.	Coûts d'investissement et d'exploitation sont élevés par rapport à celui de l'ozonation ; Effet non rémanent ; Peut-être interrompu suite aux dépôts de sels (Ca^{2+} , Fe^{3+} , PO_4^{3-}) ou à la présence d'huiles, de graisses et de biofilms sur ces tubes qui entraînent une diminution de la transmittance des U.V ; Ne traite pas toute sorte d'eau comme des eaux fortement chargées en fer, calcium, phénols, avec une turbidité élevée.
Lagune de finition	Coûts d'investissement et d'exploitation faible ; Une bonne intégration paysagère ; Une bonne performance dans zones très ensoleillées et chaudes.	Prend beaucoup d'espace ; Sensible aux conditions météorologiques ; Son rendement est fortement lié au temps de séjour de l'eau.

b) Choix de la méthode de désinfection

La zone de projet est un douar où les moyens matériels, humains et financiers sont très limités. La zone est très ensoleillée et chaude surtout dans la période estivale. Il y a également de l'espace. En confrontant ces critères au tableau de l'étude comparative entre les méthodes de désinfection, on peut choisir le lagunage de finition pour le traitement complémentaire.

c) Dimensionnement de la lagune de finition

Le dimensionnement des bassins de finition est basé sur l'élimination plus ou moins totale des germes pathogènes comme les bassins de maturation.

▪ Critères de conception

La lagune de finition est un bassin peu profond en général 0,5 à 1,5m et les autres paramètres sont dans le tableau ci-dessous :

Tableau 68: Critères et données de base de la lagune de finition

BASSIN DE FINITION					
Désignation			Formules	Unités	Valeurs
1. DONNÉES DE BASE					
	Débit moyen journalier		Qi	m ³ /j	134,1
	Concentration de l'affluent				
		DBO ₅	C _{DBO ma}	mg/l	2
		Coliformes fécaux	C _{CF ma}	u/100ml	1829
		Œufs helminthes	C _{hel ma}	u/l	,0 0
	Charge de DBO ₅ à traiter		M _{DBO ma}	kg/j	0
	Température de dimensionnement				
		Air	T _{Air}	°C	8
		Eau	T _{EU}	°C	16
	Pertes par évaporation et infiltrations		p _{évap}	mm/j	10,0
	Constante K		K = 2,6 * (1,19) ^(TEU-20)		1,3
	Concentration de l'effluent en CF(on veut atteindre)		Ne	u/100ml	1
	Temps de séjour dans le BF		t _{s F réel}	j	19
	Temps de séjour dans le BM		t _{s M réel}	j	8
CRITÈRES DE DIMENSIONNEMENT					
	Temps de séjour		t _{s Mf} < t _{s M}	j	
			t _{s Mf} > 3j	j	
	Charge surfacique		C _{s,Mf} < 0.75*C _{s,M}	kg/ha/j	45

▪ Dimensionnement

Il faut adopter le même principe de dimensionnement que celui du bassin maturation mais en utilisant des données de l'effluent sortant de ce dernier.

Pour ce bassin, le temps de séjour est donné par la formule suivante :

$$t_{sMf} = \left[\frac{Ni}{(Ne * (1 + K * t_{s,F}) * (1 + K * t_{s,M}))} \right]^{1/n} - 1 / K$$

Avec :

Ne= Concentration de l'effluent en CF (on veut atteindre) et Ni= Concentration de l'effluent en CF de l'influent (provenant du bassin de maturation) ;

$t_{s, F}$ = temps de séjour du bassin facultatif et $t_{s, M}$ = temps de séjour du bassin de maturation ;

K : cinétique de disparition de la matière organique, donnée par le modèle de MARA.

Tableau 69: Dimensionnement de la lagune de finition

CARACTÉRISTIQUES DES BASSINS DE LAGUNAGE DE FINITION				
Nombre de Bassin de Maturation en série		n		1
Temps de séjour		$t_{S, Mf} = \frac{[Ni/(Ne*(1+K* t_{s,f})*(1+K* t_{S,M}))]^{1/n}-1}{K}$	j	4,3
Caractéristiques géométriques				
	Nombre de bassin par étage			2
	Volume d'un bassin	$V_m = t_{s,Mf} * Q_i$	m ³	285
	Rapport Ls/l	$\alpha=Ls/l$		3
	Pente des talus	n		2,0
	Profondeur	h	m	1,5
	Largeur ls		m	10
	Longueur Ls	$Ls = \alpha * ls$	m	31
	Surface au plan d'eau	$As= Ls * ls$	m ²	323
	Largeur au fond	$lf =ls-2*n*h$	m	4,4
	Longueur au fond	$Lf =Ls-2*n*h$	m	25
	Surface au fond	$Af= Lf * lf$	m ²	110
	Revanche	$f= \text{Log}(As)^{0,5} -1$	m	0,5
	Longueur au sol	$Lo=Ls+2*n*f$	m	33
	Largeur au sol	$lo=ls+2*n*f$	m	12

Le rendement pour cette dernière étape de traitement en matière de dégradation des microorganismes et la matière organique est synthétisé dans le tableau ci-dessous :

Tableau 70:Rendement de la lagune de finition

VÉRIFICATION				
Charge surfacique en DBO ₅		$C_S = M_{DBO_{an}} / ((S_{S_{tot}} + S_{F_{tot}}) / 2)$	kg/ha/j	3,3
RENDEMENTS				
Efficience d'abattement	DBO ₅			
	a) K _T (selon Marais / Gloyna)	$K_T = 1,2 * 1,085^{(TEU-35)}$	-	0,255
	Rendement DBO ₅	$h_{DBO_{Mf}} = (1 - 1 / (K_T * t_s + 1)) * 100$	%	94,7
	b) K _T (selon Mara)	$K_T = 0,3 * 1,05^{(TEU-20)}$	-	0,285
	Rendement DBO ₅	$h_{DBO_{Mf}} = (1 - 1 / (K_T * t_s + 1)) * 100$	%	95,8
	c) Valeur retenue	$h_{DBO_{M}}$	%	95,3
	Coliformes fécaux	$h_{CF_{Mf}} = (1 - 1 / (K * t_s + 1)) * 100$	%	85
	K (selon Marais, 1974 et Demillac, 1982)	$K = 2,6 * (1,19)^{(TEU-20)}$		1,30
	Œufs helminthes (selon Mara et Al, 1992)	$h_{hel_{Mf}} = 100 - 41 * e^{-(0,49 * t_s + 0,0085 * t_s * t_s)}$	%	94,06

Avec :

K : cinétique de disparition de la matière organique, donnée par le modèle de MARA ;

Pévap= ETo ;

$h_{cf_{Mf}}$ = Pourcentage de réduction ou le rendement des coliformes fécaux ;

$h_{hel_{Mf}}$ = Pourcentage de réduction ou rendement des œufs d'helminthes.

La composition de l'effluent sortant du bassin de finition est résumée dans le tableau ci-dessous :

Tableau 71: Concentration de l'eau sortant de la lagune de finition

CONCENTRATION DES EAUX TRAITÉES				
DBO ₅		$C_{DBO_{Mf}} = (1 - h_{DBO_{Mf}}) * C_{DBO_{M}}$	mg/l	0,1
Coliformes fécaux		$C_{CF_{Mf}} = (1 - h_{CF_{Mf}}) * C_{CF_{M}}$	u/100ml	281
Œufs helminthes		$C_{hel_{Mf}} = (1 - h_{hel_{Mf}}) * C_{hel_{M}}$	u/l	0,000

Les résultats théoriques de cette dernière étape montrent clairement que l'eau épurée peut être maintenant appliquée à plusieurs cultures vues que les normes nationales et internationales sont respectées.

4. Gestion de la boue

Au niveau des oasis, l'ensoleillement est très important ce qui facilitera la déshydratation des boues. En plus le lagunage naturel produit moins de boues par rapport aux autres procédés par conséquent un lit de séchage paraît comme un moyen efficace pour la gestion de la boue dans la station vu sa simplicité et son très faible coût d'investissement.

Lit de séchage

Les lits sont destinés au ressuage de l'eau interstitielle contenue dans les boues extraites des bassins de stabilisation (bassins anaérobies surtout). La durée de séchage dépend des conditions climatiques et des caractéristiques de la boue à déshydrater.

Dimensionnement

Le taux d'accumulation de la boue est de 40 l/hab./an et une autonomie d'accumulation de 2 ans.

Le volume de la boue est de : $V_b = \frac{Tab \times population \times Aab}{1000}$

Avec : Tab= taux d'accumulation de boues et Aab= autonomie d'accumulation de boues.

On va supposer que le curage sera rotatif, c-à-d chaque année on procèdera au curage d'une partie des bassins anaérobies et l'autre partie pour la deuxième année, alors le volume nécessaire des lits devient : $V_{lit} = 0,5 * V_b$.

La surface totale est : $S_t = V_{lit} / e$ avec e = épaisseur de la boue.

La surface par lit est de $S_{lit} = S_t / Nb$ avec Nb= nombre de lits.

Les résultats de dimensionnement sont consignés sur le tableau :

Tableau 72: Dimensionnement du lit de séchage

Paramètres	Désignation	Unité	Horizon	
			2020	2030
Caractéristiques des paramètres				
Population	Pop	EH	2567	2822
Taux d'accumulation des boues	Tab	l/EH/an	40	40
Autonomie d'accumulation des boues	Aut	an	2	2
Fréquence de curage	F	an	1	1
Epaisseur de boue	e	m	0,8	0,8
Dimensionnement				
Volume de boue	$V_b = Pop * Tab * Aut / 1000$	m ³	205,33	225,77
Surface totale	$S = V_b * 0,5 / e$	m ²	128,33	141,11
Nombre de lit	Nb	u	2	2
Surface d'un lit	$S_l = S / Nb$	m ²	64,16	70,55

5. Conclusion

La position géographique place ce douar dans une position très délicate. En effet, le douar est placé au-dessus d'une source d'eau et en même temps il est encerclé par les bras d'un oued. Sans traitement, ses eaux usées pourraient nuire à toute la population environnante.

Etant donné que le douar ne possède pas suffisamment de moyens humains et financiers mais le procédé de traitement étudié est bien adapté à son climat, les résultats de dimensionnement obtenus peuvent être exploités et appliqués pour l'installation d'une station d'épuration de type lagunage naturel.

L'agriculture étant parmi les principales activités de la population du douar, les produits d'épuration dont les eaux épurées et les boues extraites par curage des bassins de la future station, pourraient être réutilisés dans ce domaine d'agriculture en tant qu'une eau d'irrigation et fertilisant pour les terres agricoles du douar c'est d'ailleurs l'objectif principal de ce projet.

1. Gestion des eaux pluviales

Après la collecte des eaux pluviales, il faut un système de gestion pour éviter que cette soit perdue car dans cette région, les ressources se vont de plus en plus rares. Ce système de gestion sera donc un bassin de rétention situé parallèlement à la STEP et qui va recevoir temporairement les eaux pluviales.

Bassin de rétention

a. Définition

Il sera destiné à contenir le surplus d'eaux de pluie et de ruissellement généré par le douar en fonction d'un débit d'évacuation régulé vers un exutoire. Cet exutoire est celui du réseau collectif.

b. Avantages de ce bassin

Les bassins de rétention offrent de multitudes avantages comme :

- Bonne intégration paysagère ;
- La réduction des débits de pointe à l'exutoire ;
- Assurer une dépollution efficace des eaux pluviales par décantation des particules ;

Cette méthode de gestion des eaux pluviales n'a pas que des avantages, elle présente aussi des inconvénients.

c. Inconvénients du bassin de rétention

Les inconvénients de ces bassins sont :

- Une grande emprise sur le sol ;
- Assurer des travaux de curage pour éviter la diminution de volume utile ;
- Dépôts flottants qui sont fonction de la nature des eaux retenues dans le bassin et de la présence ou non d'un système de « dégrillage » en amont.

d. Contraintes de gestion de ce bassin

Pour le bon fonctionnement d'un bassin de rétention, il faut respecter ces consignes suivantes :

- Un temps de vidange record inférieur à 6 heures afin de bassin soit de nouveau prêt pour un autre évènement pluvieux ;
- Prévoir des moyens de protection, de prévention et des informations sur le fonctionnement ;
- Un entretien permanent.

e. Dimensionnement du bassin

Pour dimensionner un bassin de rétention, il existe deux méthodes qui sont : la méthode des pluies et celle de volumes.

Pour ce projet, on a opté pour la méthode des volumes.

La durée critique de la pluie en minute est donnée par :

$$T = \left(\frac{10 \times a \times S \times C \times (1 - b)}{Q} \right)^{\frac{1}{b}}$$

Avec :

Q : Débit de fuite en m³/min ;

C = Coefficient de ruissellement moyen global ;

S = La surface du bassin versant en Ha ;

a & b : Coefficients de Montana, avec b>0.

Le volume cumulé est calculé par la formule suivante :

$$V = 10 \times C \times S \times a \times T^{1-b} - Q \times T$$

Avec :

T =Durée critique de la pluie en min,

Les caractéristiques géométriques sont calculées de la même façon que celles des bassins de la STEP.

Les résultats de dimensionnement sont le tableau suivant :

Tableau 73: Résultats de dimensionnement du bassin de rétention

Méthode des Volumes				
Paramètres	Symbole	Unité	Valeur	
Débit de fuite admissible à l'aval	q	m ³ /s	0,04	
		L/s	37	
		m ³ /min	2,2	
Débit de fuite admissible à l'aval à hauteur de Sa	Qsa	L/s/ha	0,8	
Perméabilité minimum	Cm	m/s	0,000005	
Coefficient de ruissèlement	C	-	0,5	
Surface tot Bassin Versant	S	ha	44,43	
Durée Critique de pluie	T	min	4766	
Volume de Stockage	V	m ³	19767	
Surface Bassin de Rétention	Sb	ha	0,7	
		m ²	7411	
Hauteur du bassin	H	m	2,7	
Caractéristiques géométriques				
	Nombre de bassin par étage		1	
	Volume d'un bassin	$V_m = V_{stockage}$	m ³	19767
	Rapport Ls/l _s	$\alpha = L_s / l_s$		3
	Pente des talus	n		0,5
	Profondeur	h	m	3,0
	Largeur l _s		m	47
	Longueur L _s	$L_s = \alpha * l_s$	m	142
	Surface au plan d'eau	$A_s = L_s * l_s$	m ²	6737
	Largeur au fond	$l_f = l_s - 2 * n * h$	m	44,4
	Longueur au fond	$L_f = L_s - 2 * n * h$	m	139
	Surface au fond	$A_f = L_f * l_f$	m ²	6178
	Revanche	$f = \text{Log}(A_s)^{0,5} - 1$	m	0,5
	Longueur au sol	$L_o = L_s + 2 * n * f$	m	143
	Largeur au sol	$l_o = l_s + 2 * n * f$	m	48
	Surface au plan d'eau	$A_s = L_s * l_s$	ha	0,67

f. Coût du bassin de rétention

Le coût du bassin est fonction :

- Du coût de terrassement ;
- Du coût de la géomembrane ;
- Du coût des autres équipements comme les vannes de vidange, les équipements de protection et autres.

Tableau 74: Estimation de coût du bassin de rétention

Bassin de rétention			
Coût	Unité	Proportion	Total
Caractéristiques des paramètres			
Terrassement	Dh HT	165Dh/m ³	3900175,606
Géomembrane	Dh HT	144Dh/m ²	1152000
Autres équipements	Dh HT		252608,7803
Coût total Investissement	Dh HT	-	5304784,387
Coût total Entretien	Dh HT	7%CI	371334,9071
Total STEP	Dh HT	-	5 676 119,3

V. Bilan du projet

Le bilan de projet se présente comme suit :

Tableau 75: Bilan du mini-projet

Paramètre	Unité	Valeur
STEP		
Temps de séjour total	j	36
Superficie totale	m ²	5074
	ha	0,51
Débit a l'entrée	m ³ /j	158,74
Débit a la sortie	m ³ /j	97,16
	m ³ /mois	2914,78
Volume à la sortie	m ³	12403,73
Bassin de rétention		
Superficie totale	m ²	7411
	ha	0,74
Débit a l'entrée	m ³ /s	9,24
Débit a la sortie	m ³ /s	
Volume à la sortie	m ³	19767
Ensemble		
Superficie totale	ha	1,25
Coût total	Dh HT	23 527 757,6
Coût total par hab.	Dh HT/hab.	8 337

VI. Délimitation du périmètre de réutilisation

Pour ce projet, l'emplacement de la STEP nous offre une meilleure opportunité de réutilisation. En effet, juste à l'aval de la STEP, se trouve une seguia qui capte les eaux provenant d'un khetaras situé à son amont. Mais la plupart des temps cette seguia à sec faute de manque d'eau c'est ainsi qu'on a proposé de l'injecter l'eau épurée afin d'assurer une irrigation permanente des exploitations se trouvant en aval.



Figure 47: Localisation de la STEP et son exutoire

VII. Enjeux du projet

VII.1 Enjeux environnementaux

Les oasis sont très menacées par le changement climatique : les précipitations se font de plus en plus rares, la température augmente par conséquent une augmentation de l'évapotranspiration. Les eaux souterraines et de surface sont de plus en plus polluées par suite l'accroissement de la population. La demande en eaux s'accroît gravement. Un projet de ce genre pourrait être une meilleure solution pour résoudre la plupart des problèmes énumérés ci-dessus.

Dans cette région, il y a disparition progressive des palmiers dattiers dans certaines parties suite au manque d'eau. La réutilisation des eaux usées épurées pourrait donc permettre de réinstaurer ces plantations en voie de disparition.

VII.2 Enjeux sociaux

La réutilisation des eaux usées épurées peut être mal perçue par la population de la zone de projet par conséquent son acceptabilité peut être difficile c'est pourquoi il est nécessaire de mener une campagne de sensibilisation sur de l'importance de la réutilisation pour l'économie de l'eau.

VII.3 Enjeux économiques

La réutilisation des eaux usées épurées permettra de garantir une ressource renouvelable qui permettra aux agriculteurs d'intensifier leurs cultures donc augmenter leur chiffre d'affaire.

La réutilisation permet de faire une économie très importante en matière d'apport d'engrais.

Les responsables de l'assainissement et du traitement des eaux peuvent bénéficier du prix de vente de l'eau traitée et des produits dérivés au lieu de la rejeter directement dans le milieu naturel (Lazarova et Brissaud, 2007).

VIII. Etude d'impact du projet

VIII.1 Phases susceptibles de produire des impacts sur le milieu

Les impacts du projet sont observés dès le début de sa réalisation jusqu'à la fin de son cycle de vie. Les impacts du projet sont repartis sur trois phase :

Phase 1 : les travaux préliminaires qui englobent tous les travaux de topographie, de réalisation de sondages géotechniques ainsi que des travaux d'installation des chantiers.

Phase 2 : la réalisation proprement dite, ça concerne les travaux de réalisation du réseau de collecte d'interception, la réalisation des ouvrages ponctuels (conduites), les travaux de réalisation de la STEP, du bassin de rétention, d'aménagement de la surface agricole et les ouvrages annexes et le repliement du chantier et la remise en état des lieux.

Phase 3 : l'exploitation et l'entretien des ouvrages et des équipements.

VIII.2 Impacts positifs

La réalisation de ce projet aura plusieurs impacts positifs au sein du douar et de son environnement. Ces impacts seront observés au niveau :

- L'amélioration de la qualité de l'air dû à l'élimination des nuisances olfactives ;
- La qualité des eaux de l'oued H'ssiya et l'eau de la nappe qui sera très prochainement améliorée en cas de réalisation ;
- La qualité de la vie : l'assainissement et l'épuration des eaux usées sont en quelque sorte devenue indispensable dans vie et ils sont cruciales dans développement durable, ils permettent l'amélioration du cadre de vie, des conditions sanitaires et de salubrité du douar ;
- De l'environnement : l'assainissement et la réutilisation permettent de préserver l'environnement de la pollution et de sa dégradation ;
- De l'agriculture : la boue et l'eau usée épurée constituent une importance source d'engrais et en même temps une ressource renouvelable qui permettent d'intensifier l'agriculture ;
- Socio-économie : les projets de ce genre peuvent réinstaurer les lieux touristiques qui étaient en vie de disparition suite à la pollution de l'environnement ou à la rareté de l'eau.
- Amélioration des revenus des agricultures.

Evaluation du revenu des agriculteurs

Avec un volume régularisé de 10391,58 m³/mois (y compris les eaux pluviales), on peut irriguer une superficie de 20,6 ha. En maintenant donc l'assolement actuel on aura :

Tableau 76: Evaluation du revenu brut des agriculteurs du projet de réutilisation

Culture	Assolement (%)	SAU irr en EU (ha)	Rendement	Unité	Prix unitaire (Dh/Kg)	Revenu agricole brute (Dhs)
Olive	8	1,8	0,3	T/ha	3,5	1878
Palmier dattier	12	2,7	3	T/ha	6	48288
Céréales	40	8,9	24	qx/ha	3	64384
Maraichage	12	2,7	40	qx/ha	2	21461
Cultures fourragères	28	6,3	70	T/ha	0,5	219085

Avec Revenu= SAU_{culture}*Rendement*Prix unitaire

Les charges liées à la production sont :

Tableau 77: Evaluation des charges de production du projet de réutilisation

Culture	Quantité Engrais (Kg/ha)	Prix unitaire (Dh/Kg)	Prix engrais (DH)	Prix Main d'œuvre (DH)
Olive			0	13038
Palmier dattier			0	2790,0
Céréales	400	4,4	15738	32192
Maraichage	300	4	3219	9658
Cultures fourragères	430	3,5	9421	22534

Avec Prix de l'engrais= Quantité*Prix unitaire * SAU_{culture}

Prix de la main d'œuvre est fonction du nombre de journée de travail.

Connaissant le revenu brute et la charge liée à la production de chaque culture, on a pu estimer le revenu net par culture et pour l'ensemble de la SAU.

Revenu net sans REUT= Revenu brute- Prix de l'engrais- Prix de la main d'œuvre.

Revenu net avec REUT= Revenu brute- Prix de la main d'œuvre.

Tableau 78: Estimation de revenu des agriculteurs du projet de réutilisation

Culture	SAU irr en EU	Revenu agricole brute (Dhs)	Revenu agricole net (Dhs)	
			Sans REUT	Avec REUT
Olive	1,8	1878	-11160	-11160
Palmier dattier	2,7	48288	45498	45498
Céréales	8,9	64384	16454	32192
Maraichage	2,7	21461	8585	11804
Cultures fourragères	6,3	219085	187130	196551
Total	20,6	355097	246 507	274 885

Les résultats de ce tableau montrent que rien qu'avec le même assolement, on a une amélioration intéressante des revenus des agriculteurs qui est donc de 12%. Si les agriculteurs optent pour des cultures plus valorisantes, on aura encore d'amélioration.

VIII.3 Impacts négatifs

Dans la phase chantier, les impacts du projet sont :

- Emissions sonores : lors de la réalisation des travaux, les engins de transport, les pelles mécaniques, les grues ..., émettent énormément de bruits dans la nature ;
- Emissions olfactive qui concernent les travaux de terrassement et aussi les engins de transport sur les pistes rurales ;
- Les eaux de surface : ces eaux de surface peuvent être également affectées en cas d'évènement pluvial au cours des travaux ;
- Certains milieux physiques (terres agricoles ou le sol) peuvent être affectés suite aux déchets engendrés par les matériaux de construction ;
- Sur le plan humain : il aura une augmentation de trafic sur les routes qui relient ce douar aux agglomérations plus proches. Il faut aussi mentionner la possibilité d'avoir des problèmes liés à la sécurité publique dû au non-respect des règles relatives à la

limitation de l'accès du public au chantier, au port de casques, de gants et des chaussures.

Pendant la phase d'exploitation du projet, les impacts seront :

- Emissions sonores : même après les travaux de réalisation du projet, il aura des bruits suite aux opérations d'entretiens ;
- Emissions olfactives : les eaux usées et la boue de STEP dégagent des odeurs qui peuvent aller loin et cela peut nuire à la population environnante ;
- Dégradation des matériels d'irrigation en cas de dysfonctionnement de la STEP.

VIII.4 Les mesures d'atténuation des impacts négatifs du projet

Dans la phase chantier certaines mesures d'atténuation des impacts négatifs pourraient être envisageables telles que :

- Pour les émissions sonores le mieux serait d'utiliser un matériel avec un bon état de fonctionnement, un itinéraire de circulation pour ceux des plus bruyant et des horaires de fonctionnement coïncidant aux heures diurnes ;
- Les émissions olfactives quant à elles pourront être atténuées par un arrosage régulier des zones de terrassement ;
- Pour conserver la qualité et la santé de la vie humaine, les déchets seront évacués vers les lieux d'élimination.

Dans la phase d'exploitation pour atténuer ces impacts négatifs :

- Les émissions sonores peuvent être évitées en adoptant des technologies munies d'isolation phonique pour amoindrir le bruit émanant de certaines machines.
- Les nuisances olfactives peuvent être atténuées avec la mise en place d'une unité de traitement des odeurs pouvant permettre un traitement plus aigü de l'air provenant des unités de traitement susceptible de générer des odeurs nauséabondes.

IX. Financement du projet

Le financement du projet se fera en deux temps :

- Coût d'investissement : le projet pourrait s'insérer dans le PNAM (Programme National d'Assainissement Mutualisé), le financement sera assuré à hauteur de 50% par les subventions de l'Etat et le reste est assuré par les régions ou la commune. Sinon le projet peut être soumis aux bailleurs de fonds et aussi aux ONG. Dans la région, il y a même une ONG belge qui encourage ces genres de projet par conséquent cela pourrait être une opportunité pour le financement de ce projet.
- Coût d'exploitation : Le coût d'analyse de la qualité de l'eau traitée, de la main d'œuvre et d'entretien doit être assuré par les usagers de l'eau usée traitée. Pour cela, un compromis doit être trouvé entre les agriculteurs et l'organisme en charge de la gestion de la STEP. Il faut donc mener une enquête pour recueillir l'avis des agriculteurs et leur souhait d'utiliser cette eau usée traitée.

CONCLUSION GÉNÉRALE ET RECOMMANDATION

Au terme de notre présent travail dont les objectifs majeurs furent une étude de diagnostic de la région en termes d'assainissement et de réutilisation des eaux usées épurées, une élaboration d'un système d'information géographique et d'outil d'aide à la prise de décision en matière d'assainissement et de réutilisation des eaux usées, et une élaboration d'un mini projet d'assainissement et de réutilisation des eaux usées, nous pouvons retenir que la région oasienne est fortement exposée aux changements climatiques qui non seulement affectent son économie mais également ces ressources et son potentiel agricole. Pour pallier à cela, les projets de réutilisation des eaux usées s'avèrent pertinents compte tenu du fort potentiel en eaux usées dont bénéficie également la région.

L'élaboration d'un tel projet s'est basée sur :

- Une étude préalablement de l'assainissement liquide de la zone et des enjeux du projet ;
- Une analyse multicritère pour le choix de la zone cible d'établissement du projet et le choix du type de procédé ;
- Un dimensionnement du réseau d'assainissement et de la station d'épuration ;
- Une détermination du potentiel de réutilisation ;
- Une estimation du coût de projet suivie d'une étude de faisabilité technico-économique et de financement.

Un tel projet de réutilisation pourrait être très avantageux pour la région de Draa Tafilalet compte tenu des conditions climatiques qui s'y trouve et qui va de mal et pis, ça pourrait donc aider la région à atténuer les effets mais également à diminuer la pression qu'exerce la population locale sur les ressources en eau. A cela s'ajoute la préservation de la santé publique et de l'environnement avec la mise en place du système d'assainissement qui est préalable au traitement et à la réutilisation des eaux usées. Nonobstant notre manque de travail sur le terrain, l'aspect social d'un projet de réutilisation n'a pas manqué d'être étudié face à quoi nous pouvons retenir qu'il pourrait facilement être accepté par les habitants qui en cas d'arrêt de lâcher de barrage utilisent les eaux usées épurées prédestinées au rejet comme c'est le cas avec les riverains de la STEP d'Errachidia. Et comme tout projet de réutilisation il sera aussi sujet à certains impacts négatifs auquel nous avons suggéré des mesures d'atténuations.

A l'issue de ce travail, nous avons jugé nécessaire de prodiguer quelques recommandations établies comme suit :

En matière d'assainissement :

- L'Etat doit établir des réglementations sur l'assainissement autonome ;
- Accorder beaucoup plus de subventions au projet d'assainissement autonome pour pouvoir pallier au déficit constaté au niveau des douars.

En matière de ressource en eau :

- Encourager les investissements privés sur les projets de réutilisation des eaux usées ou des projets de sauvegarde des ressources en eau ;

- Etant donné que la région n'est pas proche de la mer, les projets de dessalements ne sont pas envisageables pour cela il faut sensibiliser la population locale pour une utilisation efficace des ressources en eau ;
- Les projets de transfert d'eau interbassin sont envisageables dans le pire des cas mais ce sont des projets qui coûtent extrêmement chers.

Pour le projet d'assainissement et de réutilisation des eaux usées traitées :

- Réhabiliter les séguias des zones agricoles des Douars de sorte à ce qu'elles soient aptes à recueillir les eaux usées épurées destinées à l'irrigation ;
- Nommer des comités de gestion, de contrôle et de suivi des travaux d'assainissement et de la station d'épuration afin de garantir une performance dans le long terme ainsi qu'une durabilité du projet ;
- Impliquer la population locale dans la mesure du possible selon les préceptes de l'approche GIRE afin de cerner leur point de vue sur les projets de réutilisation mais également de les sensibiliser quant aux enjeux liés à l'assainissement et à la préservation des ressources et de l'environnement.

Pour la base de données :

- Compléter la base de données en menant des enquêtes sur le terrain auprès des agriculteurs pour avoir leur avis sur la réutilisation des eaux usées traitées ce qui permettra de délimiter un périmètre de réutilisation où les agriculteurs seront vraiment prêts à recevoir cette ressource ;
- Compléter la base de données en effectuant des visites sur chaque localité pour avoir une idée sur la faisabilité du système d'assainissement proposé au niveau de cette dernière ;
- Étendre cette base de données sur le reste de la région.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

Ministère de l'Intérieur Direction Générale des Collectivités Locales (2015), La Région de Drâa-Tafilalet : MONOGRAPHIE GENERALE.

GUIDE D'ASSAINISSEMENT DURABLE EN MILIEU RURAL MAROCAIN, (Février 2020), Programme AGIRE Appui à la Gestion Intégrée des Ressources en Eau Catalogue des techniques et outils d'aide à la décision.

IAV Assainissement liquide (Octobre 1999), Manuel de référence destiné aux élus et techniciens communaux du Maroc.

El Mekkassi youssoufi Ehssan (Janvier 2020), Cours de Réutilisation des eaux usées GR3

GUIDE DES PROCÉDES EXTENSIFS D'ÉPURATION DES EAUX USEE

FAO, (Septembre 2003), l'irrigation avec des eaux usées traitées.

FAO et ONEP, (Septembre 2007), Guide technique de réutilisation en agriculture des eaux usées épurées et des boues des stations d'épuration.

Institut national de l'économie circulaire, France, (Mai 2018), L'économie circulaire dans le petit cycle de l'eau : la réutilisation des eaux usées traitées.

Ministère de l'Agriculture, de la Pêche Maritime, du Développement Rural et des Eaux et Forêts (MAPMDREF), Climate Changes Adaptation Project in Oasis Zones (PACCZO).

PNUD Maroc, (2014), Programme de développement territorial durable des oasis du Tafilalet (POT).

PNAR, (Janvier 2015), Rapport de synthèse du PNAR.

ONEMA (office national de l'eau et des milieux aquatiques), (2012), Techniques de réduction des pollutions.

Ministère de l'Équipement du Transport, de la Logistique et de l'Eau, Stratégie de l'eau au Maroc.

DE CAEVEL B., DE VOS M., CHABRIER J.-P., POLLET O., (septembre 2007), Revue des filières de traitement/valorisation des boues.

Krouchi C., (2016), Effets de l'irrigation par les eaux usées domestiques traitées sur la fertilité des sols.

AFGANE R., (Juin 2016), Valorisation des boues de la station d'épuration des eaux usées Fès (STEP-Fès).

AIT AYANE K., SOUFIYA D., (Juillet 2009), Valorisation agricole et énergétique des boues issues de l'épuration des eaux usées de la ville de Marrakech.

ONEE-Branche eau (2015), Rapport AEP rural.

Euronet Consortium, (décembre 2012), Étude d'assainissement en milieu rural au Maroc.

LAMZOURI K., BARTALI E., LATRACH L., MAHI M., OUATTAR S., MANDI L., (Septembre 2015), Les enjeux de l'accès à l'assainissement en milieu rural au Maroc.

AIT HAMZA M., EL FASKAOUI, ALFONS F. (2010), Rupture des équilibres environnementaux et stratégies migratoires.

DUBOST D., MOGUEDET G. (2002), La révolution hydraulique dans les oasis impose une nouvelle gestion de l'eau dans les zones urbaines.

DERMOUCHE F. Chimie des eaux

AZOUZZI M., AIT YOUNS O., (juin 2012), Valorisation des boues de la station d'épuration de la ville de Marrakech.

BOUSSLAMA N., CHAKOUR N., (Juillet 2015), Gestion du problème de la salinité des eaux usées industrielles et étude de son influence sur les performances épuratoires de la STEP.

EI AKARI I., (Janvier 2016), Elaboration de l'avant-projet d'assainissement liquide et de son étude d'impact de la commune rurale d'Ech-chellalate (province de Mohamedia).

HAMIDI Y., (Septembre 2016), Développement d'une application d'aide à la décision pour la planification des projets d'assainissement liquide sur un SIG.

KEJJI S., ZAHRI M., (MARS 2017), Le digesteur agricole à dôme hémisphérique : peut-il être une solution durable pour le traitement des eaux usées domestiques en milieu rural marocain ?

ZENATI F., (Février 2017), Estimation des émissions de gaz à effet de serre liées au traitement des eaux usées au Maroc.

SEBAOUI Z., (Septembre 2019), Diagnostic des systèmes d'assainissements liquides et solides dans les Oasis Sud-Est Marocain pour la création d'une start-up de gestion et de recyclage des déchets ménagers Cas de la décharge intercommunale de groupement des communes « Gheriss- Ferkla ».

HCP, (2014), Annuaire statistique régional de Draa-Tafilalet

BASSINS DE GUIR – GHRIS – ZIZ ET MAIDER, (Mars 2011), Actualisation du Plan Directeur d'Aménagement Intégré des Ressources en Eau des bassins de GUIR – GHRIS – ZIZ ET MAIDER

ABH-GZR, (janvier 2012), Etude de réutilisation des eaux usées épurées au niveau de la ville d'Er-Rachidia.

Ministère de l'Aménagement du Territoire et de l'Environnement (France), (Mai 1991), Guide des procédés extensifs d'épuration des eaux usées adaptés aux petites et moyennes collectivités (500-5000 eq-hab.).

Edeline F., (mai 1993), L'épuration biologique des eaux.

VALIN M., Le dimensionnement des réseaux d'assainissement des agglomérations.

DEKRA INDUSTRIAL, (septembre 2017), Bassin de rétention des eaux pluviales.

BOUGHANZAI L., MERZOUKI M., OUZINA A., (2012), Dimensionnement d'une station d'épuration de type lagunage naturel au centre d'ain cheggag, fès, Maroc.

EFFEBI K., (Mars 2009), Lagunage anaérobie : modélisation combinant la décantation primaire et la dégradation anaérobie.

JANATI A., Les cultures fourragères dans les oasis.

Dr. SALGHI R., Dimensionnement d'une station d'épuration par boues activées

REFERENCES WEBOGRAPHIQUES

Gestion de la sécheresse et inondation,<https://www.leconomiste.com/article/998327-bassin-de-maider-des-pistes-pour-gerer-la-secheresse-et-les-inondations>

Dimensionnement de STEP, <http://www.ensa-agadir.ac.ma/wp-content/uploads/2017/04/Support-de-cours-Dimensionnement-STEP-GPEE-5.pdf>

Dessableur-déshuileur, <http://hmf.enseiht.fr/travaux/bei/beiere/content/dimensionnement-du-dessableur-deshuileur>

Système d'assainissement, <http://hydrauliqueformation.blogspot.com/2013/06/systeme-pseudo-separatif.html>

Réseau d'assainissement, <https://www.soudureplastique.ma/des-reseaux-unitaires-ou-des-reseaux-separatifs-pour-lassainissement/>

Traitement des eaux usées, <http://www.transaqua.ca/fr/traitement-des-eaux-usees/les-avantages-du-traitement-des-eaux-useess>

ABH de GUIR – GHRIS – ZIZ et MAIDER, <http://81.192.10.228/ressources-en-eau/agence-de-bassins-hydrauliques-abh/abh-guir-ziz-rheriss-et-draa/>

Prix des ouvrages, <http://www.maroc.prix-construction.info/>

Haut-Commissariat au Plan, <https://www.hcp.ma/draa-tafilalet/?start=3>

Réutilisation des eaux usées en agriculture, <https://www.agrimaroc.net/2018/06/17/reutilisation-des-eaux-usees-en-agriculture-au-niveau-des-petites-et-moyennes-communes/4/>

ONEE- branche eau, <http://www.onep.ma/>

ANNEXES

Annexe 1 : Revue bibliographique

Normes de qualité des eaux destinées à l'irrigation sont fixées dans l'arrêté n° 1276-01 du 17 octobre 2002.

Tableau 79 : Valeurs limites des paramètres bactériologiques pour la réutilisation

Paramètres Bactériologiques	Valeurs Limites
Coliformes fécaux	1000/100 ml
Salmonelle	Absence dans 5 l
Vibron Cholérique	Absence dans 450 ml

Tableau 80 : Normes parasitologiques de réutilisation

Paramètres Parasitologiques	
Parasites pathogènes	Absence
Œufs, Kystes de parasites	Absence
Larves d'Ankylostomides	Absence
Fluococercaires de Schistosomahematobium (Bilharziose)	Absence

Tableau 81 : Valeurs limites des paramètres toxiques pour la réutilisation

Paramètres Toxiques	
Mercure (Hg) en mg/l	0,001
Cadmium (Cd) en mg/l	0,01
Arsenic (As) en mg/l	0,1
Chrome total (Cr) en mg/l	0,1
Plomb (Pb) en mg/l	5
Cuivre (Cu) en mg/l	0,2
Zinc (Zn) en mg/l	2
Sélénium (Se) en mg/l	0,02
Fluor (F) en mg/l	1
Cyanures (Cn) en mg/l	1
Phénols en mg/l	3
Aluminium (Al) en mg/l	5
Béryllium (Be) en mg/l	0,1
Cobalt (Co) en mg/l	0,05
Fer (Fe) en mg/l	5
Lithium (Li) en mg/l	2,5
Manganèse (Mn) en mg/l	0,2
Molybdène (Mo) en mg/l	0,01
Nickel (Ni) en mg/l	0,2
Vanadium (V) en mg/l	0,1

Tableau 82 : Valeurs limites des paramètres Physico-Chimiques pour la réutilisation

Paramètres Physico-Chimique	
Salinité totale (STD) en mg/l	7680
Conductivité électrique (CE) mS/cm à 25°C	12
Coefficient d'Absorption de Sodium (SAR)	
0 – 3 et CE=	< 0,2
3 – 6 et CE=	< 0,3
6 – 12 et CE=	< 1,3
20 – 40 et CE=	< 3

Tableau 83 : Valeurs limites des ions toxiques pour la réutilisation

Ions toxiques (affectant les cultures sensibles)	
Sodium (Na)	
Irrigation de surface (SAR)	9
Irrigation par aspersion (mg/l)	69
Chlorure (Cl)	
Irrigation de surface (mg/l)	350
Irrigation par aspersion (mg/l)	105
Bore (B) en mg/l	3

Tableau 84 : Normes de réutilisation relatives à divers paramètres

Effets divers (affectant les cultures sensibles)	
Températures en °C	35
PH	6,5 – 8
Matières en suspension en mg/l	
Irrigation de surface	2.000
Irrigation par aspersion et localisée	100
Azote nitrique (N-NO3-) en mg/l	30
Bicarbonate (HCO3-) irrigation par aspersion en mg/l	518
Sulfate (SO42-) en mg/l	250

Partie 2 : Autres éléments de revue bibliographique

Tableau 85: Comparaison entre les types d'assainissement

Mode d'assainissement	Avantages	Inconvénients
Assainissement Collectif	<ul style="list-style-type: none"> ❖ Suppression des nuisances dans le site urbain ; ❖ Facilité de contrôle des rejets ❖ Confort important ; ❖ Longue durée de vie du dispositif ❖ Evacuation permanente de la pollution loin du lieu de vie des populations ; ❖ Adapté pour les zones de fortes 	<ul style="list-style-type: none"> ❖ Coût élevé en investissements et exploitation ; ❖ Concentration de la pollution en un point d'où la nécessité de l'épuration ; ❖ Conception et construction nécessitent l'appui d'une expertise de haut niveau ; ❖ Entretien et maintenance ;

	densités et de production importante d'eaux usées.	❖ Nécessitent une main d'œuvre qualifiée.
Assainissement Non-Collectif	<ul style="list-style-type: none"> ❖ Suppression du cout du réseau ❖ Souplesse d'adaptation à l'évolution des besoins ; ❖ Coûts d'investissements Faibles ; ❖ Construction et réparation possibles avec des matériaux locaux ; ❖ Techniques maîtrisables localement (ne nécessitent pas d'expertise technique lourde) ; ❖ Source d'eau permanente non indispensable. 	<ul style="list-style-type: none"> ❖ Charge financière pour les usages ; ❖ Nécessité d'un contrôle de fonctionnement ; ❖ Coûts nécessaires pour la vidange ; ❖ Risques sanitaires liés aux boues si elles ne sont pas hygiénisées ; ❖ Risques de pollutions souterraines.
Assainissement Semi-Collectif	<ul style="list-style-type: none"> • Coûts d'investissement et de fonctionnement moyens ; • Confort important ; • Extension possible en cas d'évolution de la population ; • Evacuation permanente de la pollution loin du lieu de vie des populations. 	<ul style="list-style-type: none"> • Conception et construction nécessitent un appui d'experts ; • Entretien et maintenance nécessitent une main-d'œuvre qualifiée.

Source : Manuel technique d'assainissement destiné aux élus et techniciens communaux du Maroc)- Etude de l'assainissement en milieu rural de la zone d'action de l'agence du bassin hydraulique du Bouregreg et de la Chaouia (2sources)

Tableau 86: Récapitulatif des étapes de traitement des eaux usées

Etapes	Procédés Utilisés	Paramètres Eliminés
Prétraitement	<p>Dégrillage</p> <p>Dessablage</p> <p>Dégraissage</p> <p>Tamissage</p>	<p>Déchets Indésirables</p> <p>Déchets de taille > 1 cm</p> <p>Sables</p> <p>Graisses</p> <p>Déchets de taille < 1 cm</p>
Traitement Primaire	<p>Décanteur primaire (avec ou sans lamelle)</p> <p>Sans ajout de réactifs</p> <p>Avec ajout de réactifs (traitement</p>	<p>Pollution particulière</p> <p>60% des MES ; 30% de la DB05 et de la DCO</p> <p>90% des MES ; 60-70% de la DB05 et</p>

	physico-chimique)	de la DCO
Traitement Secondaire	<p>Par cultures fixées : lit bactérien, disques biologiques, lit d'infiltration - percolation</p> <p>Par cultures libres : lagunage naturel, Lagunage aéré, boue activée faible charge</p>	Pollution dissoute (DB05, DCO, N, P)
Traitement Tertiaire	<p>Affinage de la teneur en MES : lagunage tertiaire, filtration sur sable</p> <p>Elimination de la pollution minérale</p>	MES, N, P
Traitement Quaternaire	Elimination des germes de contamination fécale	Coliformes fécaux et totaux, streptocoques fécaux, virus, polluants chimiques (métaux, . . .)

Tableau 87: Etude comparative entre les procédés de traitement des boues

Procédé	Contraintes	Ordre de grandeur des couts	Besoin en énergie	Rendement
Déshydratation mécanique	Colmatage des filtres Sensibilité des filtres à l'abrasion Encombrement, bruit, odeur Consommation d'eau et réactifs chimiques	Investissement : 150.0000 à 450.0000 Dhs/t MS Exploitation : 1200 à 1600 DHS/t MS	Electricité : Filtre à bandes : 10 à 25 kWh/t MS Filtre centrifuge : 60 à 80 kWh/t MS Filtre presse : 25 à 35 kWh/t MS	Le résultat est fonction de la filière de valorisation. La siccité obtenue oscille entre 15 et 30%.
Séchage thermique	Risque de méconnaissance de la boue ; Personnels expérimentés ; Odeurs, risque de sécurité.	Investissement : 10 à 25 MDhs par tonne/heure d'eau évaporée Exploitation : 500 à 1000Dhs par tonne d'eau évaporée	Consommation thermique de 1000 kWh par tonne d'eau évaporée à plus ou moins 20% près.	Boues séchées de 40 à plus de 90% de siccité.
Séchage solaire	Séchage limité en hiver ; Surface nécessaire ; Boues séchées de qualité médiocre ;	Pas comparable avec le séchage thermique car les quantités sont différentes ; Conditionné par le	Electricité 20 à 40 kWh/tonne d'eau évaporée	Boues à siccité entre 60 et 70% voire 90% pour les plus

	Place pour stockage ; Nécessité d'un état pâteux avant l'étalement.	prix du terrain.		performantes
Stabilisation chimique par chaulage	Qualité du mélange Conservation de la chaux vive.	Investissement de 300.000 à 800.000 Dhs Exploitation : Chaulage : environ 150 Dhs par tonnes de boues à environ 20% de siccité Avec chauffage externe : 600 à 850 Dhs tonnes de boues à 20%MS	Chaulage : électricité 1 kWh/m ³ de boues déshydratées Chauffage externe : chauffage en plus	Hygiénisation de la boue
Digestion en aérobie	Odeurs suite aux NH ₃ Production de mousse Optimisation du procédé (personnel qualifié)	Investissement de 1.500.000 à 10.050.000 Dhs (0,2 à 1.1 t MS/j)	500 kWh/t MS	Boues liquides stabilisées
Digestion en anaérobie	Pas de composés toxiques (pour biomasse). Teneurs en CN-, métaux lourds et détergents. Risques faibles d'odeurs. Personnel expérimenté	Investissement de 4.500.000 à 60.000.000 Dhs (pour 2 à 13t MS/j)	50 à 100 kWh/t MS (faible par rapport à la digestion aérobie)	Boues liquides stabilisées si procédé mésophile simple ou hygiénisé si procédé thermophile et/ou si précédé d'une phase d'hydrolyse.

Annexe 2 : Présentation de la zone d'étude

Tableau 88 : Les communes rurales concernées par le projet

Région	Province	Commune Rural	Douars	Surface (Km ²)	Densité (Hbt/km ²)	Population 2014(hbt)	Population 2020(hbt)	Population 2030(hbt)
Draa-Tafilalet		Aghbalou	Aghbalou	0,271	1294,66	351	370	405
			Igoudmane	1,034	1537,69	1590	1678	1835
			Igourguit	0,054	2325,41	139	146	160
			Taourirt	0,53	2325,41	111	117	128
			Irbibene	0,097	2636,29	255	269	294

Errachidia	N'kerdous	Taldounte	0,13	2325,41	333	352	385
		Timitit	0,498	2536,68	1264	1334	1459
		Ouln'			275		
		Tamayoust	0,068	4059,04		290	317
		Ifghe	0,284	2325,41	725	766	837
	Taoudaate	0,715	1888,13	1350	1425	1558	
	Tinjedad	Ait ben omar	0,094	7407,83	766	808	884
		Kser Leksiba	0,171	7407,83	1390	1467	1605
		Qtaa El Oued	0,39	7407,83	3179	3354	3669
		Ait Maamer Akdim-Zaouiet Sidi EL Houari	0,188	7407,83	1528	1612	1763
		Tigheffart-Ksar Talalet-Tayarza	0,193	7407,83	1576	1663	1819
	Ferkla El Oulia	Tamerdoulte	0,522	3981,25	2287	2413,31	2639,519
		El Khortbate	0,183	7407,83	1492	1574	1722
		Ait er Roum	0,081	7407,83	661	697	763
		Ait oulghoum	0,034	7407,83	279	294	322
		Izilf	0,082	7407,83	668	705	771
		Ait Mamoun	0,114	7407,83	924	975	1066
		Asrir	0,303	7407,83	2471	2608	2852
		Une partie de Tinjedad	3,408	7407,83	27766	29299	32046
		Ait M'hamed	0,049	10834,4	526	555	607
	Ferkla Es Soufla	Lhandar	0,025	7407,83	207	218	239
		Taghia	0,05	7407,83	407	429	469
		Azreg	0,037	7407,83	301	318	348
		Tinfift	0,065	7407,83	534	563	616
		Asemmam	0,112	7407,83	917	968	1059
		Toughouchte	0,046	7407,83	377	397	435
	Ait Hani	Ksar Ait Hani	0,713	718,47	512	540	591
Ksar assineg		0,229	2476,51	568	599	656	
Toumillit		0,23	4228,47	971	1025	1121	
Tiidrine		0,25	4425,72	1105	1166	1275	
Tamtetouch		1,094	2590,67	2833	2989	3270	

Tinghir	t	Ait daoud ou azzia	0,184	5462,93	1003	1058	1158
		Timoula	0,096	8899,06	971	1025	1121
		Ville de Tinghir	-	13,052	1666,79	21755	22957
	Taghzoute N'ait Atta	Agoudim	0,402	5489,4	2433	2567	2808
		Tadafalte	0,238	4636,58	1103	1164	1273
		Tabesbaste	0,718	1192,58	856	903	988
		Tmit	0,011	3392,65	42	44	48
		Ghallil Ait isfoul	0,074	3392,65	275	290	318
		Ighrem Amzdar	0,239	3392,65	898	948	1037
		Ighrem Agoudin	0,064	3392,65	241	255	278
		Ait Khoukheden	0,116	3392,65	435	459	502
		Centre Ait El Farsi	0,252	3392,65	994	1049	1147
		Ait El Farsi	0,432	3392,65	1616	1705	1865
		Toudgha El Oulia	Ait baha	0,215	1211	260	274
	Ait Snan		0,612	1211	817	863	943
	Toudgha Es Soufla	Ait ijjou et ojana	0,868	1211	1159	1223	1338
		Cite Ait Mhamed	1,078	1716	2040	2153	2355
		Ksar hart el morabistine	1,712	3564	6101	6438	7041
		Ait Hmou	0,406	1992	891	940	1028
		Ait Aïssa ou Brahim	0,682	2099	1578	1665	1821
		Touluine	0,242	2252,06	545	575	629
		Ouaklim	0,451	2099	1045	1102	1206
		Tighremte	0,805	2099	1862	1965	2149
		Village Lhara	0,929	2099	2150	2269	2482
		Taghzoute	2,018	2099	4671	4929	5391
		Village de Tarya	0,201	2099	465	490	536
		Tafraout	0,635	2099	1471	1552	1697
		Boutaghat	0,124	2099	287	303	331
		Achdad	0,628	2099	1454	1534	1678
		Tloulte	0,127	2099	295	311	340
		La cite i adwan	0,992	2099	2297	2424	2651
		Ait el meskine	0,34	1125	382	403	441

Annexe 3 : Elaboration d'un système d'information géographique et d'outil d'aide à la prise de décision en matière d'assainissement et de réutilisation des eaux usées

Tableau 89: système d'assainissement adapté à chaque douar

Localité	Type de Douars	Population_2014(hab.)	Découpage adm (Km2)	Densité (hab./Km2)	Système d'assainissement adapté
Azreg	Groupé	301	1,56	193,05	Individuel
Tinfift	Groupé	534	0,8	667,02	Pseudo-collectif
Asemmam	Dispersé	917	1	917,19	Pseudo-collectif
Taghouchte	Groupé	377	0,3	1255,31	Individuel
Taghia	Groupé	407	0,21	1937,06	Individuel
Ihandar	Groupé	207	0,7	295,47	Individuel
Ait M'hamed	Dispersé	526	3,99	131,83	Pseudo-collectif
Izilf	Groupé	668	1,69	395,05	Pseudo-collectif
Ait Mamoun	Groupé	924	0,46	2008,81	Pseudo-collectif
Ait er Roum	Groupé	661	1,29	512,22	Pseudo-collectif
Ait oulghoum	Groupé	279	0,67	416,04	Individuel
Asrir	Groupé	2471	0,41	6027,07	Collectif
Tamerdoulte	Groupé	2287	0,86	2659,53	Collectif
El Khortbate	Groupé	1492	0,48	3107,63	Collectif
Ville de Tinejdad	Ville	16659	3,828	4352,01	Réseau existant
Ville de Tinejdad 2	Ville	11107	2,552	4352,08	Réseau existant
Ait Ben Omar	Groupé	765	0,36	2125,00	Pseudo-collectif
Kser leksiba	Groupé	1390	1,29	1077,73	Collectif
Qtaa EL Oued	Groupé	3179	0,66	4816,17	Collectif
Ait Maamer Akdim et Zaouiet Sidi El Houari	Groupé	1528	0,6	2546,58	Collectif
Tigheffart-Ksar Talalet-Tayarza1	Groupé	946	0,906	1043,68	Pseudo-collectif
Tigheffart-Ksar Talalet-Tayarza2	Groupé	630	0,604	1043,76	Pseudo-collectif
Ighe-Irbibene-Timkitel	Groupé	1122	1,69	664,04	Collectif
Ighe-	Groupé	1122	1,69	663,91	Collectif

Irbibene-Timkike2					
Ouln' Tamayoust	Groupé	275	0,26	1057,69	Pseudo-collectif
Igourguid	Groupé	139	0,76	182,59	Individuel
Igoudmane	Groupé	1590	1,4	1135,71	Pseudo-collectif
Taoudaate	Groupé	1350	1,26	1071,43	Collectif
Aghbalou N'kerdouss	Groupé	351	2,12	165,57	Individuel
Taurirt	Groupé	1232	0,55	2240,85	Collectif
Taldounte	Dispersé	333	0,35	952,60	Individuel
Toumililine et Ait Daoud Ou Azzi	Groupé	1974	6,38	309,40	Collectif
Tamtetoucht	Groupé	2833	2,16	1311,57	Collectif
Timoula et Ikadane	Groupé	971	0,43	2258,14	Pseudo-collectif
Ait Hani	Dispersé	512	0,77	664,94	Pseudo-collectif
Assineg	Groupé	568	0,4	1420,00	Collectif
Tiidrine	Groupé	1105	2,43	454,73	Collectif
Ait Snan-Ait ijjou-Ojana	Groupé	1977	0,5	3953,30	Collectif
Ait Baha- Ait Oussalem-Ait Tizgui	Groupé	260	0,23	1130,43	Collectif
Tinghir2	ville	14063	32	439,48	Réseau existant
Tinghir	ville	7692	31,33	245,53	Réseau existant
ouaklim	Groupé	946	8,12	116,56	Pseudo-collectif
Toulouine	Groupé	545	2,98	182,89	Pseudo-collectif
village de tarya	Groupé	465	0,8	580,66	Collectif
Achdad	Groupé	1454	0,71	2047,73	Collectif
village Ihara	Groupé	2150	1,68	1280,05	Pseudo-collectif
Ksar hart el morabidine	Groupé	6101	2,38	2563,45	Collectif
Ait Aissa Ou Brahim	Groupé	1431	1,88	761,41	Pseudo-collectif
Timit	Dispersé	42	0,85	49,15	Individuel
Igherem Amzdar	Groupé	898	0,57	1575,59	Pseudo-collectif
Agoudim Nikhertane	Groupé	2433	1,6	1520,65	Pseudo-collectif
CCR Ait EL farsi	Groupé	2560	0,2	12799,41	Collectif
Tadafalte	Groupé	1103	1,23	896,75	Pseudo-collectif
Taghezoute	Groupé	4671	5,56	840,12	Collectif
Agoudim	Groupé	2204	0,49	4497,96	Collectif
Tabesbaste	Groupé	856	1,45	590,34	Pseudo-collectif
Ghallil Ait	Groupé	275	0,17	1618,41	Individuel

Isfoul					
Ighrem Agoudim	Dispersé	2445	2,14	1142,65	Collectif

Tableau 90 : Volume des eaux usées produit en m³/j au niveau de la zone d'étude

Commune	Douars	Volume d'eau Usée (m ³ /j)	
		2020	2030
Tinejda	Ait ben omar 1	29,71	32,50
	Ait ben omar 2	1,85	2,02
	kSERLEKSIBA	96,83	105,90
	Ait ben omar 3	21,72	23,75
	Qtaa El Oued	221,38	242,13
	Ait Maamer AKDIM ET Zaouiet Sidi EL Houari	106,41	116,39
	Tigheffart-Ksar Talalet-Tayarza	109,76	120,05
Ferkla Es Soufla	Lhandar	14,40	15,75
	Taghia	28,33	30,99
	Azreg	20,97	22,94
	Tinfift	37,16	40,65
	Asemmam	63,88	69,87
	Toughouchte	26,23	28,69
Ferkla El Oulia	Une partie de la Ville de Tinejda	1933,75	2115,01
	Asrir	172,10	188,23
	Tamerdoulte	97,50	106,64
	Tamerdoulte2	61,79	67,58
	El Khortbate	103,89	113,62
	Izilf	46,50	50,86
	Ait er Roum	46,02	50,33
	Ait M'hamed	36,63	40,07
	AIT Mamoun	64,36	70,39
	Ait oulghoum	19,41	21,23
Aghbalou N'kerdous	ifghe	50,52	55,26
	Irbibene	17,76	19,42
	Timkite	88,03	96,28
	Ouln' Tamayoust	19,15	20,95
	Igourguid	9,66	10,57
	Igoudmane	110,74	121,12
	taourirt	7,74	8,46

	Taoudaate	94,02	102,83	
	Aghbalou N'kerdouss	24,45	26,74	
	Taldounte	23,22	25,40	
Taghzoute N'Ait Atta	Agoudim Nihertane1	75,70	82,80	
	Agoudim Nihertane2	93,75	102,53	
	Ait El Farsi	112,52	123,07	
	Ctre Commune Rurale Ait El Farsi 1	46,18	50,50	
	Ctre Commune Rurale Ait El Farsi 2	19,59	21,42	
	Ait Khoukheden	30,27	33,10	
	Ighrem Agoudin	16,80	18,38	
	Tadafalte	76,82	84,02	
	Tabesbaste	59,62	65,20	
	Igherem Amzdar	62,55	68,41	
	Ghallil Ait Isfoul	19,16	20,96	
	timit	2,91	3,18	
	Toudgha Es Soufla	Taghezoute	325,32	355,81
		Village de Tarya	32,35	35,38
Village Lhara		149,77	163,81	
Ait El Meskine		26,60	29,10	
Ksar hart el morabidine		424,90	464,73	
Boutaghat		20,00	21,88	
Ait Aissa Ou Brahim		109,91	120,21	
Tighremte		129,71	141,87	
Tafraout		102,43	112,03	
Achdad		101,26	110,75	
Tloulte		20,54	22,47	
Ait Hmmou2		52,22	57,12	
La cite i adwan		159,99	174,99	
La cite Ait Mhamed1		142,11	155,43	
Toulouine		37,96	41,51	
Ait hmmou		9,84	10,76	
Ouaklim	72,76	79,58		
Toudgha El Oulia	ait baha	18,11	19,81	
	Ait Snan	56,93	62,26	
	ait ijjou et ojana	80,74	88,31	
Ait Hani	Tamtetoucht	197,30	215,80	
	ait Hani	35,66	39,00	
	Timoula	67,63	73,96	
	Ait Daoud Ou Azzi	69,85	76,40	
	Tiadrine	76,96	84,17	
	Toumliline	67,63	73,96	

	Assineg	39,56	43,27
Ville Tinghir		1515,18	1657,20
	Totale	8564,92	9367,74

Tableau 91 : Inventaire des Zones Agricoles reliées à un PMH

Localité	SAU (ha)	Système d'irrigation	Présence d'Oued	Nom du périmètre
Azreg	12,10	Gravitaire	Oui	-
Tinfift	31,51	Gravitaire	Oui	-
Asemmam	65,18	Gravitaire	Oui	-
Taghouchte	15,13	Gravitaire	Oui	Taghouchte
Taghia	24,04	Gravitaire	Oui	Taghia
Lhandar	57,93	Gravitaire	Oui	Lhandar
Ait M'hamed	444,59	Gravitaire	Oui	Ait M'Hamed
Izilf	93,83	Gravitaire	Oui	Izilf
Ait Mamoun	31,09	Gravitaire	Non	Tizgaghine
Ait er Roum	85,64	Gravitaire	Oui	Dar Oummera Ait Oulghoum
Ait oulghoum	21,50	Gravitaire	Oui	Ait Oulghoum
Asrir	197,22	Gravitaire	Oui	Asrir
Tamerdoulte	27,22	Gravitaire	Oui	Asrir
El Khortbate	113,14	Gravitaire	Oui	Tamazirt
Ville de Tinjedad	2223,36	Gravitaire	Oui	Ait Assam
Ville de Tinjedad 2	48,40	Gravitaire	Oui	Ait Assam
Ait Ben Omar	172,89	Gravitaire	Oui	Ait Ben Omar
Kser Leksiba	91,08	Gravitaire	Oui	-
Qtaa EL Oued	18,28	Gravitaire	Oui	Zaouia
Ait Maamer Akdim et Zaouiet Sidi El Houari	104,87	Gravitaire	Oui	Zaouia
Tigheffart- Ksar Talalet-Tayarza1	51,97	Gravitaire	Oui	Tighffart
Tigheffart- Ksar Talalet-Tayarza2	121,23	Gravitaire	Oui	Tighffart
Ifghe-Irbibene-Timkitel1	215,56	Gravitaire	Oui	Ifghe
Ifghe-Irbibene-Timkike2	12,12	Gravitaire	Oui	Ifghe
Ouln' Tamayoust	7,87	Gravitaire	Oui	Ounln' Tamayoust

Igourguid	15,22	Gravitaire	Oui	Igourguid
Igoudmane	148,38	Gravitaire	Oui	Igoudmane
Taoudaate	171,51	Gravitaire	Oui	Taoudaate
Aghbalou N'kerdouss	232,87	Gravitaire	Non	Aghbalou N'Kerdouss
Taurirt	31,18	Gravitaire	Non	Tourtite
Taldounte	7,35	Gravitaire	Oui	Taldounte
Toumililine et Ait Daoud Ou Azzi	144,45	Gravitaire	Oui	Toumliline - Ait Daoud
Tamtetoucht	100,00	Gravitaire	Oui	Tamtatoucht
Timoula et Ikadane	45,66	Gravitaire	Oui	Ait Hani
Ait Hani	86,50	Gravitaire	Oui	Ait Hani
Assineg	69,78	Gravitaire	Oui	Assineg - Tidrine
Tiidrine	81,82	Gravitaire	Oui	Assineg - Tidrine
Ait Snan-Ait ijjou-Ojana	238,79	Gravitaire	Oui	Toudgha
Ait Baha- Ait Oussalem-Ait Tizgui	44,13	Gravitaire	Non	Toudgha
Tinghir2	55,61	Gravitaire	Oui	Toudgha
Tinghir	906,60	Gravitaire	Oui	Toudgha
ouaklim	121,75	Gravitaire	Oui	-
Toulouine	136,32	Gravitaire	Oui	-
village de tarya	62,83	Gravitaire	Oui	Toudgha
Achdad	79,92	Gravitaire	Oui	Toudgha
village Ihara	600,79	Gravitaire	Oui	Toudgha
Ksar hart el morabidine	309,00	Gravitaire	Oui	Toudgha
Ait Aïssa Ou Brahim	383,66	Gravitaire	Oui	Toudgha
Timit	25,78	Gravitaire	Oui	Timit
Ighrem Amzdar	29,44	Gravitaire	Non	Timit
Agoudim Nikhertane	85,72	Gravitaire	Oui	Agoudim Nikhertane
CCR Ait EL farsi	225,77	Gravitaire	Oui	Ait el farsi
Tadafalte	213,37	Gravitaire	Oui	Toudgha
Taghezoute	165,39	Gravitaire	Oui	Toudgha
Agoudim	101,78	Gravitaire	Oui	Toudgha
Tabesbaste	111,85	Gravitaire	Non	Toudgha
Ghallil Ait Isfoul	48,63	Gravitaire	Non	Ghellil
Ighrem Agoudim	39,69	Gravitaire	Oui	Toudgha

Tableau 92 : Assolement des PMH de la Zone d'Etude

Nom du PMH	Superficie Totale (ha)	Arboriculture (%)	Céréales (%)	Maraîchage (%)	Cultures Fourragères (%)
Taourirt	1	9	77	2	11
Ounln' Tamayoust	6	9	77	2	11
Asrir	360	31	49	7	11
Tighffart	115	43	45	1	11
Zaouia	55	43	45	1	11
Ait Ben Omar	143	43	45	1	11
Ait Oulghoum	12	31	49	7	11
Ghellil	3543	31	49	7	11
Tamazirt	86	31	49	7	11
Ait Assam	103	31	49	7	11
Taourirt	28	13	67	7	13
Dar Oummera Ait Oulghoum	91	31	49	7	11
Taghouchte	15	33	54		12
Tizgaghine	184	24	62	1	11
Tamtatoucht	134	2	78	3	16
Taoudaate	156	9	77	2	11
Igoudmane	114	9	77	2	11
Igourguid	14	9	77	2	11
Tourtite	20	9	77	2	11
Ifghe	216	9	77	2	11
Taghia	26	33	54		12
Ihandar	50	33	54		12
Izilf	129	24	62	1	11
Toumliline - Ait Daoud	201	2	78	3	16
Aghbalou N'Kerdouss	384	9	77	2	11
Ihandar	16	6	87	2	3
Ait Hani	138	2	78	3	16

Assineg Tidrine	–	192	2	78	3	16
Toudgha		4111	20	40	12	28
Ghellil		3070	20	40	12	28
Agoudim nikhertane		577	8	80	2	10
Ait elfarsi		1172	8	80	2	10
Timit		580	8	80	2	10
Ait M'Hamed		586	31	49	7	11

Tableau 93 : Aperçu sur le Potentiel de Réutilisation de la zone d'Etude

Localité	SAU (ha)	Volume EU_2030(m3/mois)	Besoin des cultures(m3/ha/mois)	SAU irrigable avec EU (ha)		Traitement
				Sans stock	Avec stock	
Azreg	12,10	688,22	430,78	1,60	3,20	Fosse septique compacte
Tinfift	31,51	1219,43	430,78	2,83	5,66	STEP
Asemmam	65,18	2095,97	430,78	4,87	9,73	STEP
Taghouchte	15,13	860,59	425,36	2,02	4,05	Fosse septique compacte
Taghia	24,04	929,58	425,36	2,19	4,37	Fosse septique compacte
Ihandar	57,93	472,65	425,36	1,11	2,22	Fosse septique compacte
Ait M'hamed	444,59	1202,01	425,04	2,83	5,66	STEP
Izilf	93,83	1525,68	418,14	3,65	7,30	STEP
Ait Mamoun	31,09	2111,64	418,14	5,05	10,10	STEP
Ait er Roum	85,64	1509,97	425,04	3,55	7,11	STEP
Ait oulghoum	21,50	636,99	425,04	1,50	3,00	Fosse septique compacte
Asrir	197,22	5646,95	425,04	13,29	26,57	STEP
Tamerdoulte	27,22	5226,69	425,04	12,30	24,59	STEP

El Khortbate	113,14	3408,74	425,04	8,02	16,04	STEP
Ville de Tinejda	2223,36	38070,21	425,04	89,57	179,14	STEP
Ville de Tinjedad 2	48,40	25380,60	425,04	59,71	119,43	STEP
Ait Ben Omar	172,89	1748,18	430,97	4,06	8,11	STEP
kser leksiba	91,08	3177,04	430,97	7,37	14,74	STEP
Qtaa EL Oued	18,28	7263,89	430,97	16,85	33,71	STEP
Ait Maamer Akdim et Zaouiet Sidi El Houari	104,87	3491,67	430,97	8,10	16,20	STEP
Tigheffart- Ksar Talalet-Tayarza1	51,97	2160,81	430,97	5,01	10,03	STEP
Tigheffart- Ksar Talalet-Tayarza2	121,23	1440,66	430,97	3,34	6,69	STEP
Ifghe-Irbibene-Timkite1	215,56	2564,52	419,17	6,12	12,24	STEP
Ifghe-Irbibene-Timkike2	12,12	2563,99	419,17	6,12	12,23	STEP
Ouln' Tamayoust	7,87	628,43	419,17	1,50	3,00	Fosse septique
Igourguid	15,22	317,12	419,17	0,76	1,51	Fosse septique compacte
Igoudmane	148,38	3633,46	419,17	8,67	17,34	STEP
Taoudaate	171,51	3085,02	419,17	7,36	14,72	STEP
Aghbalou N'kerdouss	232,87	802,10	419,17	1,91	3,83	Fosse septique compacte
Taurirt	31,18	2816,44	419,17	6,72	13,44	STEP
Taldounte	7,35	761,91	419,17	1,82	3,64	STEP
Toumililine et Ait Daoud Ou Azzi	144,45	4510,98	427,16	10,56	21,12	STEP
Tamtetoucht	100,00	6473,97	427,16	15,16	30,31	STEP
Timoula et Ikadane	45,66	2218,93	427,16	5,19	10,39	STEP
Ait Hani	86,50	1170,02	427,16	2,74	5,48	Fosse septique
Assineg	69,78	1297,99	427,16	3,04	6,08	Fosse septique
Tiidrine	81,82	2525,14	427,16	5,91	11,82	STEP
Ait Snan-Ait ijjou-Ojana	238,79	4517,04	464,83	9,72	19,44	STEP

Ait Baha- Ait Oussalem-Ait Tizgui	44,13	594,15	464,83	1,28	2,56	Fosse septique
Tinghir2	55,61	32137,43	464,83	69,14	138,28	STEP
Tinghir	906,60	17578,59	464,83	37,82	75,63	STEP
ouaklim	121,75	2162,84	464,83	4,65	9,31	STEP
Toulouine	136,32	1245,43	464,83	2,68	5,36	Fosse septique
village de tarya	62,83	1061,54	464,83	2,28	4,57	Fosse septique
Achdad	79,92	3322,43	464,83	7,15	14,30	STEP
village Ihara	600,79	4914,30	464,83	10,57	21,14	STEP
Ksar hart el morabistine	309,00	13941,99	464,83	29,99	59,99	STEP
Ait Aissa Ou Brahim	383,66	3271,16	464,83	7,04	14,07	STEP
Timit	25,78	95,47	421,13	0,23	0,45	Fosse septique compacte
Igherem Amzdar	29,44	2052,31	421,13	4,87	9,75	STEP
Agoudim Nihertane	85,72	5559,98	421,13	13,20	26,41	STEP
CCR Ait EL farsi	225,77	5849,84	421,13	13,89	27,78	STEP
Tadafalte	213,37	2520,57	464,83	5,42	10,85	STEP
Taghezoute	165,39	10674,37	464,83	22,96	45,93	STEP
Agoudim	101,78	5036,58	464,83	10,84	21,67	STEP
Tabesbaste	111,85	1956,13	464,83	4,21	8,42	STEP
Ghallil Ait Isfoul	48,63	628,72	464,83	1,35	2,71	Fosse septique compacte
Ighrem Agoudim	39,69	5587,91	464,83	12,02	24,04	STEP

Annexe 4 : Elaboration d'un projet d'assainissement et de réutilisation des eaux usées

Tableau 94: critères techniques du choix de la STEP

Procédé	Performances épuratoire		Entretien	Consommation en Energie électrique	Besoin en surface
	Paramètre	Valeur théorique à la	Aucune main d'œuvre	Nécessite	Beaucoup de surface

Lagunage naturel		sortie	qualifié n'est nécessaire	moins d'énergie électrique	
	DCO (mg/l)	75,00			
	DBO5(mg/l)	40,00			
	MES (mg/l)	82,5			
	Azote(mg/l)	50,00			
	Phosphore(mg/l)	6,6			
Lagunage aéré	DCO (mg/l)	50,00	Main d'œuvre qualifié et nécessite aussi beaucoup de temps		
	DBO5(mg/l)	26,67			
	MES (mg/l)	82,5			
	Azote(mg/l)	116,67			
	Phosphore(mg/l)	7,7			
Boue activée	DCO (mg/l)	10	Personnel fortement qualifié	Nécessite beaucoup d'énergie électrique	Moins de surface
	DBO5(mg/l)	5,3			
	MES (mg/l)	11			
	Azote(mg/l)	3,3			
	Phosphore(mg/l)	0,2			
Lit bactérien	DCO (mg/l)	125	Personnel fortement qualifié		
	DBO5(mg/l)	35			
	MES (mg/l)	30			
	Azote(mg/l)	-			
	Phosphore(mg/l)	-			
Procédé	Performances épuratoire		Entretien	Consommation en Energie électrique	Besoin en surface
Lagunage naturel	Paramètre	Valeur théorique à la sortie	Aucune main d'œuvre qualifié n'est nécessaire	Nécessite moins d'énergie électrique	Beaucoup de surface
	DCO (mg/l)	75,00			
	DBO5(mg/l)	40,00			
	MES (mg/l)	82,5			
	Azote(mg/l)	50,00			
	Phosphore(mg/l)	6,6			
Lagunage aéré	DCO (mg/l)	50,00	Main d'œuvre qualifié et nécessite aussi beaucoup de temps		
	DBO5(mg/l)	26,67			
	MES (mg/l)	82,5			
	Azote(mg/l)	116,67			
	Phosphore(mg/l)	7,7			
Boue activée	DCO (mg/l)	10	Personnel fortement qualifié	Nécessite beaucoup d'énergie	Moins de surface
	DBO5(mg/l)	5,3			
	MES (mg/l)	11			
	Azote(mg/l)	3,3			

	Phosphore(mg/l)	0,2		électrique	
Lit bactérien	DCO (mg/l)	125	Personnel fortement qualifié		
	DBO5(mg/l)	35			
	MES (mg/l)	30			
	Azote(mg/l)	-			
	Phosphore(mg/l)	-			

Tableau 95: Assemblage des bassins versants EU

Solution 1		Solution 2	
Collecteur	QpDim (m3/s)	Collecteur	QpDim (m3/s)
Col1	0,00124273	ColA	0,003
Col 2	0,00051897	Col B	0,004
Col 3	0,00061417	Col C	0,004
Col 4	0,00090743	Col Finale	0,011
Col 5	0,00034086		
Col 6	0,00052665		
Col 7	0,00025488		
Col 8	0,0001689		
Col 9	0,00072626		
Col 10	0,00064334		
Col 11	0,00030556		
Col 12	0,00240446		
Col 13	0,00331189		
Col 14	0,00021803		
Col Ecole 1	0,00017264		
Col princip E	0,00093968		
Col princip D	0,00113314		
Col princip C	0,00130511		
Col princip B	0,00147775		
Col princip A	0,00395523		
Col final	0,00543298		

Tableau 96: Dimensionnement du réseau de la solution 1

Collecteur	QpDim (m3/s)	I(m/m)	Diamètre nominal (mm)	Nature	Qps (m3/s)	Vps(m/s)	V(QpDIM) en (m/s)	θ	h = 0.1 D (m)	Q (0.1 D) (m3/s)	S (0.1D) (m2)	R (0.1D) (m)	V (0.1 D) (m/s)
Col1	0,0012	0,008	32,00	PVC	0,00023	0,29	1,55	1,29	0,003	3,0E-06	4,19E-05	0,002	0,07
Col 2	0,0005	0,01	41,61	PVC	0,00052	0,38	0,38	1,29	0,004	6,9E-06	7,08E-05	0,003	0,10
Col 3	0,0006	0,011	43,54	PVC	0,00061	0,41	0,41	1,29	0,004	8,1E-06	7,75E-05	0,003	0,10
Col 4	0,0009	0,008	53,50	PVC	0,00091	0,40	0,40	1,29	0,005	1,2E-05	1,17E-04	0,003	0,10
Col 5	0,0003	0,01	35,54	PVC	0,00034	0,34	0,34	1,29	0,004	4,5E-06	5,16E-05	0,002	0,09
Col 6	0,0005	0,018	37,47	PVC	0,00053	0,48	0,48	1,29	0,004	7,0E-06	5,74E-05	0,002	0,12
Col 7	0,0003	0,014	29,92	PVC	0,00025	0,36	0,36	1,29	0,003	3,4E-06	3,66E-05	0,002	0,09
Col 8	0,0002	0,02	23,99	PVC	0,00017	0,37	0,37	1,29	0,002	2,2E-06	2,35E-05	0,002	0,09
Col 9	0,0007	0,017	42,73	PVC	0,00073	0,51	0,51	1,29	0,004	9,6E-06	7,46E-05	0,003	0,13
Col 10	0,0006	0,006	49,64	PVC	0,00064	0,33	0,33	1,29	0,005	8,5E-06	1,01E-04	0,003	0,08
Col 11	0,0003	0,006	37,54	PVC	0,00031	0,28	0,28	1,29	0,004	4,0E-06	5,76E-05	0,002	0,07
Col 12	0,0024	0,01	73,95	PVC	0,00240	0,56	0,56	1,29	0,007	3,2E-05	2,24E-04	0,005	0,14
Col 13	0,0033	0,009	85,04	PVC	0,00331	0,58	0,58	1,29	0,009	4,4E-05	2,96E-04	0,005	0,15
Col 14	0,0002	0,013	28,62	PVC	0,00022	0,34	0,34	1,29	0,003	2,9E-06	3,35E-05	0,002	0,09

											05		
Col Ecole 1	0,0002	0,01	27,54	PVC	0,00017	0,29	0,29	1,29	0,003	2,3E-06	3,10E-05	0,002	0,07
Col princip E	0,0009	0,014	48,81	PVC	0,00094	0,50	0,50	1,29	0,005	1,2E-05	9,74E-05	0,003	0,13
Col princip D	0,0011	0,011	54,78	PVC	0,00113	0,48	0,48	1,29	0,005	1,5E-05	1,23E-04	0,003	0,12
Col princip C	0,0013	0,016	53,84	PVC	0,00130	0,57	0,57	1,29	0,005	1,7E-05	1,18E-04	0,003	0,15
Col princip B	0,0015	0,017	55,77	PVC	0,00148	0,60	0,60	1,29	0,006	2,0E-05	1,27E-04	0,004	0,15
Col princip A	0,0040	0,008	92,93	PVC	0,00395	0,58	0,58	1,29	0,009	5,2E-05	3,53E-04	0,006	0,15
Col final	0,0054	0,01	100,39	PVC	0,00543	0,69	0,69	1,29	0,010	7,2E-05	4,12E-04	0,006	0,17

Tableau 97: : Dimensionnement du réseau de la solution2

Collecteur	L(m)	QpDim (m3/s)	I(m/m)	Diametre nominal (mm)	Nature	Qps (m3/s)	Vps(m/s)	V(QpDIM) en (m/s)	θ	h = 0.1 D (m)	Q (0.1 D) (m3/s)	S (0.1D) (m2)	R (0.1D) (m)	V (0.1 D) (m/s)
ColA	1094	0,003	0,02	110,00	PVC	0,010	1,03	0,32	1,29	0,011	0,0001	0,0005	0,007	0,3
Col B	1306	0,004	0,02	110,00	PVC	0,010	1,03	0,42	1,29	0,011	0,0001	0,0005	0,007	0,3
Col C	1332	0,004	0,02	110,00	PVC	0,010	1,03	0,42	1,29	0,011	0,0001	0,0005	0,007	0,3
Col Final	202	0,011	0,024	125,00	PVC	0,015	1,23	0,90	1,29	0,013	0,0002	0,001	0,008	0,3

Tableau 98: Assemblage des bassins versants pluviaux

Nom Assemblage	Type	Surface (ha)	I(m/m)	C	Qp (m3/s)	L(hm)	M	m	Qcpdim (m3/s)
bvA1	bv5 série bv1	6,86	0,295	0,6	2,823	3,33	1,27	1,23	0,91
bvA2	bv2 // bv3	7,38	0,011	0,6	1,000	1,91	0,70	1,61	1,06
bvA3	bvA2 série bvD	7,73	0,319	0,58	3,055	1,02	0,37	2,16	1,09
bvA4	bvA1 //bvA3	14,59	0,308	0,59	4,991	0,27	0,07	4,60	2,00
bvA5	bvA4 // bvA	16,01	0,275	0,59	5,171	0,07	0,02	8,84	2,25
bvA6	bvA5 série bv12	17,81	0,321	0,55	5,417	0,46	0,11	3,75	2,35
bvA7	bvA6 // bv4	22,64	0,267	0,56	6,267	0,10	0,02	8,07	2,84
bvA8	bvA7 série bv13	25,56	0,312	0,52	6,585	0,60	0,12	3,61	2,97
bvA9	bvA8 // bv10	29,75	0,270	0,53	7,232	0,11	0,02	8,11	3,45
bvA10	bv9 série bv11	32,87	0,282	0,50	7,347	0,63	0,11	3,76	3,56
bvA11	bvA10 // bv 8	33,97	0,260	0,50	7,389	0,11	0,02	8,46	3,89
bvA12	bvA11 série bvE	34,26	0,364	0,50	8,324	0,13	0,02	7,65	4,01
bvA13	bvA12 // bv7	37,56	0,293	0,51	8,491	0,02	0,004	17,86	5,14
bvA14	bvA13 série bvB	38,09	0,346	0,51	9,087	0,24	0,04	6,02	5,29
bvA15	bvA14 // bv6	41,21	0,318	0,52	9,536	0,04	0,01	14,30	5,78
bvA16	bvA15 //bv ecol1	41,69	0,317	0,52	9,527	0,01	0,001	33,55	5,79

Tableau 99: Dimensionnement du réseau d'eau pluviale

Collecteur	Qcp (m3/s)	I(m/m)	Diamètre nominal (mm)	Nature	Qps (m3/s)	Vps(m/s)	V(QpDIM) en (m/s)	θ	h = 0.1 D (m)	Q (0.1 D) (m3/s)	S (0.1D) (m2)	R (0.1D) (m)	V (0.1 D) (m/s)
Col1	0,91	0,008	800,00	135A	1,23	2,45	1,82	1,29	0,080	0,016	0,026	0,051	0,62
Col 2	0,50	0,01	800,00	135A	1,38	2,74	0,99	1,29	0,080	0,018	0,026	0,051	0,70
Col 3	0,57	0,011	800,00	135A	1,44	2,87	1,12	1,29	0,080	0,019	0,026	0,051	0,73
Col 4	0,49	0,008	800,00	135A	1,23	2,45	0,97	1,29	0,080	0,016	0,026	0,051	0,62
Col 5	0,33	0,01	600,00	135A	0,64	2,26	1,15	1,29	0,060	0,008	0,015	0,038	0,57
Col 6	0,49	0,018	600,00	135A	0,86	3,03	1,72	1,29	0,060	0,011	0,015	0,038	0,77
Col 7	1,13	0,014	600,00	135A	0,76	2,67	4,01	1,29	0,060	0,010	0,015	0,038	0,68
Col 8	0,33	0,02	400,00	135A	0,31	2,44	2,66	1,29	0,040	0,004	0,007	0,025	0,62
Col 9	3,56	0,017	1200,00	135A	5,29	4,67	3,15	1,29	0,120	0,070	0,059	0,076	1,19
Col 10	0,48	0,006	600,00	135A	0,49	1,75	1,69	1,29	0,060	0,007	0,015	0,038	0,44
Col 11	0,11	0,006	400,00	135A	0,17	1,34	0,89	1,29	0,040	0,002	0,007	0,025	0,34
Col 12	2,35	0,01	1000,00	135A	2,49	3,17	2,99	1,29	0,100	0,033	0,041	0,064	0,81
Col 13	2,97	0,009	1000,00	135A	2,37	3,01	3,78	1,29	0,100	0,031	0,041	0,064	0,77
Col 14	0,25	0,013	400,00	135A	0,25	1,97	1,97	1,29	0,040	0,003	0,007	0,025	0,50
Col Ecole 1	0,02	0,01	200,00	PVC	0,03	1,09	0,57	1,29	0,020	0,000	0,002	0,013	0,28
Col princip E	4,01	0,014	1200,00	135A	4,80	4,24	3,54	1,29	0,120	0,063	0,059	0,076	1,08
Col princip D	1,09	0,011	800,00	135A	1,44	2,87	2,17	1,29	0,080	0,019	0,026	0,051	0,73
Col princip C	5,29	0,016	1400,00	135A	7,74	5,03	3,44	1,29	0,140	0,102	0,080	0,089	1,28
Col princip B	5,79	0,017	1400,00	135A	7,97	5,18	3,76	1,29	0,140	0,105	0,080	0,089	1,32

col princip A	3,45	0,008	1200,00	135A	3,63	3,21	3,05	1,29	0,120	0,048	0,059	0,076	0,81
col final	9,24	0,01	1800,00	135A	11,95	4,70	3,63	1,29	0,180	0,158	0,132	0,114	1,19

مشروع نهاية الدراسات لنيل دبلوم مهندس دولة في الهندسة القروية

تقنيات الصرف الصحي وإعادة استخدام المياه العادمة المعالجة
الملائمة مع بيئة الواحات
منطقة تافيلالت

قدم للعموم ونوقش من طرف :

لوا سيس لابيلى و تيام مام بيانغ

أمام اللجنة المكونة من :

اس ب. السوداني	رئيس	معهد الحسن الثاني للزراعة والبيطرة
اس ا. المكناسي يوسف	مقررة	معهد الحسن الثاني للزراعة والبيطرة
السيدة ل. عزوي	ممتحن	وزارة الداخلية
اس ح. برطالي	ممتحن	معهد الحسن الثاني للزراعة والبيطرة

أغسطس 2020