

Table des matières

RESUME	I
ملخص	I
ABSTRACT	II
DEDICACE	III
REMERCIEMENTS	IV
TABLE DES MATIERES	V
ABREVIATIONS	VIII
LISTE DES FIGURES	X
LISTE DES TABLEAUX	XIII

INTRODUCTION GENERALE

CHAPITRE I

EVOLUTION, CONCEPTS ET TECHNIQUES DE L'EPURATION DES EAUX USEES PAR DES FILTRES PLANTES DE MACROPHYTES	3
1.1. INTRODUCTION	3
1.2. HISTORIQUE	3
1.3. CONCEPT DES FILTRES PLANTES DE MACROPHYTES	5
1.3.1. <i>Principe de fonctionnement</i>	5
1.3.1.1. Filtre à écoulement vertical	5
1.3.1.2. Filtre à écoulement horizontal	7
1.3.1.3. Les systèmes mixtes	8
1.3.2. <i>Rôle des différents composants du système</i>	9
1.3.2.1. La plante	9
1.3.2.2. Les matériaux	11
1.3.2.3. Les micro-organismes	11
1.4. LES MECANISMES ET PERFORMANCES EPURATOIRES	11
1.4.1. <i>Les mécanismes d'élimination</i>	11
1.4.2. <i>Les Matière En Suspension (MES)</i>	12
1.4.3. <i>La Demande Biochimique en Oxygène</i>	13
1.4.4. <i>La Demande Chimique en Oxygène</i>	13
1.4.5. <i>L'azote :</i>	14
1.4.6. <i>Le phosphore</i>	14
1.4.7. <i>Les métaux</i>	15
1.4.8. <i>Les micro-organismes d'origine humaine</i>	15
1.5. LA CONCEPTION	16
1.5.1. <i>Les contraintes techniques et recommandations</i>	16
1.5.1.1. Régulation des débits journaliers admissibles	16
1.5.1.2. Protection des filtres du ruissellement et des apports de particules fines :	16
1.5.1.3. Domaine d'application	17
1.5.1.4. Surface totale et accessibilité	17
1.5.1.5. Précaution du remplissage des filtres	18
1.5.1.6. Climat	19
1.5.1.7. La géotechnique	20
1.5.1.8. Le colmatage	20
1.5.2. <i>Le dimensionnement</i>	21
1.5.2.1. Filtre vertical	21
1.5.2.2. Filtre horizontale	28
1.6. INVESTISSEMENT	36
1.7. CONCLUSION	36

CHAPITRE II

DESCRIPTION ET ETAT DES LIEUX DE LA ZONE D'ETUDE	38
2.1. INTRODUCTION	38
2.2. DESCRIPTION DE LA ZONE D'ETUDE	39
2.2.1. <i>Délimitation de l'aire d'étude</i>	39
2.2.2. <i>Densité et répartition de la population</i>	41
2.2.3. <i>Géologie de la zone d'étude</i>	43
2.2.3.1. Les monts des Traras	43
2.2.4. <i>Climat de la zone d'étude</i>	45
2.2.5. <i>Réseaux hydrographiques</i>	46
2.2.6. <i>Le relief de la zone d'étude</i>	48
2.2.7. <i>Ressource hydrique de la zone d'étude</i>	49
2.2.7.1. Ressources en eaux superficielles	49
2.2.7.2. Ressources en eaux souterraines	51
2.3. ETAT DE L'ASSAINISSEMENT DANS LA ZONE D'ETUDE	54
2.3.1. <i>Les rejets domestiques</i>	55
2.3.1.1. Daïra de Tlemcen	55
2.3.1.2. Daïra de Mansourah	56
2.3.1.3. Daïra de Chetouane	59
2.3.1.4. Daïra d' Hennaya	61
2.3.1.5. Daïra de Bab El Assa	63
2.3.1.6. Daïra de Marsat Ben M'Hidi	64
2.3.1.7. Daïra de Ghazaouet	66
2.3.1.8. Daïra de Honaine	70
2.3.1.9. Daïra de Filaoucen	70
2.3.1.10. Daïra de Nedroma	71
2.3.1.11. Daïra de Remchi	73
2.3.1.12. Daïra de Maghnia	76
2.3.1.13. Daïra de Beni Boussaid	78
2.3.1.14. Daïra de Sebra	79
2.3.1.15. Daïra de Béni Snous :	80
2.3.1.16. Daïra de Sebdou :	82
2.3.1.17. Daïra de Bensekrane	83
2.3.1.18. Daïra d'Ouled Mimoun :	84
2.3.1.19. Daïra d'Ain Tellout :	87
2.3.1.20. Récapulation	88
2.3.2. <i>Les rejets des unités industrielles</i>	93
2.4. UTILISATION DES REJETS POUR L'IRRIGATION	94
2.5. IMPACT DES REJETS SUR LA SANTE HUMAINE	96
2.5.1. <i>Principales causes à l'origine des épidémies de MTH</i>	96
2.5.2. <i>Situation épidémiologique</i>	96
2.6. ETUDE DETAILLEE DU G.U.T. ET DE LA COMMUNE D'HENNAYA	97
2.6.1. <i>Vulnérabilité de la zone d'étudiée</i>	99
2.6.2. <i>Point de rejet et risque de pollution</i>	100
2.7. CONCLUSION ET RECOMMANDATIONS	129

CHAPITRE III

CONCEPTION D'UNE STATION D'EXPERIMENTATION POUR ETUDIER ET OPTIMISER LES PHENOMENES D'EPURATION PAR LES PLANTES	131
3.1. INTRODUCTION	131
3.2. DESCRIPTION DE LA STATION DE TOUGGOURT	132
3.2.1. <i>Description du projet</i>	132

3.2.2. Performances épuratoires	133
3.3. DESCRIPTION DE LA STATION EXPERIMENTALE PROPOSEE	134
3.3.1. L'objectif recherché	137
3.3.2. Le matériel de laboratoire	137
3.3.3. Le dimensionnement	138
3.3.4. Les matériaux du substrat filtrant	138
3.3.5. Les plantes	139
3.3.6. Le réseau « alimentation- évacuation » des eaux	139
3.3.7. Le Cout d'investissement	140
CONCLUSION GENERALE ET PERSPECTIVES	143
BIBLIOGRAPHIE	145
ANNEXES	155
ANNEXE A	156
NORMES DE QUALITE DES EAUX	156
ANNEXE B	158
EVOLUTION DE LA QUALITE DES EAUX SOUTERRAINES	158
ANNEXE C	159
EVOLUTION DE LA QUALITE DES EAUX DE BARRAGES	159
ANNEXE D	160
DETAILS DES DIFFENTS POINTS DE REJET DANS LES DIFFERENTES COMMUNES DE LA ZONE D'ETUDE	160
ANNEXE E	164
DETAILS DES UNITES INDUSTRIELLES POLLUANTES DANS LA ZONE D'ETUDE	164
ANNEXE F	167
PHOTOS DE LA STATION A MACROPHYTES DE TOUGGOURT	167
ANNEXE G	171
DONNEES DIVERSES	171

Abréviations

<i>Abréviations</i>	<i>Signification</i>
A.C.L.	Agglomération Chef Lieu
A.E.P.	Alimentation en Eau Potable
A.S.	Agglomération Secondaire
A.B.H.	Agence des Bassins Hydrographique
A.N.A.T.	Agence Nationale pour l'Aménagement du Territoire
C.E.M.	Collège d'Enseignement Moyen
C.H.U.	Centre Hospitalo Universitaire
C.W.	Chemin de Wilaya
DBO	Demande Biochimique en Oxygène
DCO	Demande Chimique en Oxygène
D.E.	Direction de l'Environnement
D.H.W.T.	Direction de l'Hydraulique de la Wilaya de Tlemcen
D.L.E.P.	Direction du Logement et des Equipements Publics
D.S.A.	Direction des Services Agricole
D.U.C.	Direction de l'Urbanisme et de la Construction
EH ou Eq/hab	Equivalent Habitant
E.N.H.Y.D.	Entreprise Nationale des études Hydrauliques
E.P.D.M.	Ethylène-Propylène-Diène Monomère
F.E.E.	Fond d'Etude
F.H.	Filtre Horizontal
F.T.	Fièvre Typhoïde
F.V.	Filtre Vertical
G.U.T.	Groupement Urbain de Tlemcen
hab	Habitant
Logt	Logement
MES	Manière En Suspension
MO	Matière Organique
MTH	Maladie à Transmission Hydrique
N.E.E.	Nationale Eau et Environnement

NH ₄ ⁺	Ammonium
NO ₂	Nitrite
NO ₃	Nitrate
NTK	Azote Kjeldahl
ONA	Office National d'Assainissement
PB	Petit Barrage
P.C.D.	Programme communal de développement
P.D.A.U.	Plan Directeur d'Aménagement et d'Urbanisme
PEHD	PolyEthylène Haute Densité
pH	Potentiel d'Hydrogène
PO ₄ ⁻	Phosphate
POS	Plan d'Occupation de Sol
PP	PolyPropylène
PVC	PolyChlorure de Vinyle
RC	Retenue collinaire
R.G.P.H.	Recensement Général de la Population et de l'Habitat
RN	Route Nationale
SRE	Station de Relevage Electrique
S.T.E.P.	Station d'Epuration
T	Température
U.A.B.B.T.	Université Abou Bekr Belkaid de Tlemcen
U.R.B.A.T.	Urbanisme Tlemcen
U.R.B.O.R.	Urbanisme Oran
U.R.B.S.A.	Urbanisme Saida
UTM	Universal Transverse Mercator
V.R.D.	Voirie et Réseaux Divers
WWGI	Wastwater Gardens International
Z.H.U.N.	Zone d'Habitat à Urbanisation nouvelle

Liste des figures

Figure 1.1: Evolution des réalisations de S.T.E.P. de différentes conceptions pour des populations < 2000 sur le bassin Rhin-Meuse entre 2000 et 2007. (IP: Infiltration-Percolation; FPR: Filtres plantés; BA: Boues activées; LN/LA: Lagunage) [60].	5
Figure 1.2: Coupe représentative d'un filtre à écoulement vertical [55].	6
Figure 1.3: Coupe représentative d'un filtre à écoulement horizontal [71].	7
Figure 1.4: Système d'épuration mixte avec trois bassins à écoulement vertical en 1 ^{er} étage et deux bassins à écoulement horizontal en 2 ^{ème} étage.	8
Figure 1.5: Différentes plantes aquatiques épuratrices utilisées dans les systèmes d'assainissement par bassins filtres plantés.	10
Figure 1.6: Surface brute nécessaire en fonction de la capacité de la station en habitant [51].	17
Figure 1.7: Pose d'une couche de gravier d'un bassin à écoulement vertical.	19
Figure 1.8 : Les filtres verticaux de Queige en conditions hivernale et estivale [51].	20
Figure 1.9: Alimentation en surface des filtres verticaux de la Station Saint Laurent (France).	21
Figure 1.10: Plaque anti-affouillement avec alimentation souterraine des filtres verticaux de la station d'épuration de Mauzac et Grand Castang.	22
Figure 1.11: Photo d'une plantation condensée uniquement au niveau des points d'alimentation.	26
Figure 1.12: Photo prise lors de la plantation des roseaux pour un filtre à écoulement vertical.	26
Figure 1.13: Photo de la mise en place d'un planché aérant pour un filtre à écoulement vertical [65].	27
Figure 0.14: Pose de drains, gabions d'évacuation pour un à écoulement vertical [45].	28
Figure 1.15: Bornes d'aérations de la station d'épuration à filtres plantés de roseaux de Treize Septiers.	28
Figure 1.16: Alimentation des filtres plantés Horizontal par système de tranchée [50].	29
Figure 1.17 : Alimentation des filtres horizontaux par rampe de répartition [50].	30
Figure 1.19: Dimensions types d'un bassin à écoulement horizontal [52].	33
Figure 1.20: Ligne de saturation d'eau dans un filtre horizontal [81].	34
Figure 1.21: Evacuation des eaux épurées par les drains.	35
Figure 1.22: Mise en place de la géomembrane.	36
Figure 1.23: Essai d'étanchéité du bassin avant le remplissage des couches filtrantes [97].	36
Figure 2.1 : Répartitions des bassins versants dans la Wilaya.	40
Figure 2.2: Evolution de la population par commune R.G.P.H. du 87/98/2008 [9].	42
Figure 2.3: Carte géologique de la zone d'étude [9].	45
Figure 2.4: Réseaux hydrographiques et bassin versant de la zone d'étude [9].	48

Figure 2.5: Ressources en eau superficielles et ouvrages de transfert dans la zone d'étude [9].	51
Figure 2.6: Ressources en eau souterraines de la zone d'étude [9]	54
Figure 2.7: Couverture de l'assainissement de base dans le monde d'après une évaluation de l'OMS en 2002.	55
Figure 2.8: Représentation graphique de la situation épidémiologique de 2000 jusqu'à 2010 [43].	97
Figure 2.9: Densité démographique par commune de la zone d'étude (R.G.P.H.2008) [9].	98
Figure 2.10: Cartographie de la vulnérabilité des eaux karstiques de la région de Tlemcen [17].	99
Figure 2.11: Divers points de rejets à travers la commune de Chetouane.	102
Figure 2.12: Impact d'assainissement à travers la commune de Chetouane.	103
Figure 2.13: Le point de rejet R38.	104
Figure 2.14: Le point de rejet R25 d'Ain Bendou.	105
Figure 2.15: Le point de rejet R25 d'Ain Bendou.	105
Figure 2.16: Le point de rejet R25 Ain Bendou évacuation à ciel ouvert.	106
Figure 2.17: Le point de rejet R24 d'Ain Bendou.	106
Figure 2.18: Fin du caniveau des points de rejet R25 et R24 d'Ain Bendou.	107
Figure 2.19: Le point de rejet R41.	108
Figure 0.20: Le point de rejet R45.	108
Figure 0.21: Le point de rejet de l'huilerie d'Ouzidane sur le R41.	109
Figure 0.22: Répartition des points de rejet à travers la commune de Mansourah.	110
Figure 0.23: Répartition des foyers de pollution potentielle à travers la commune de Mansourah.	110
Figure 0.24: Répartition des points de rejet à travers la commune de Tlemcen.	112
Figure 0.25: Répartition des foyers de pollution potentielle à travers la commune de Tlemcen.	113
Figure 0.26: Le point de rejet R71.	114
Figure 0.27: Le point de rejet R71.	115
Figure 0.28: Le point de rejet R67.	115
Figure 0.29: Le point de rejet R68.	115
Figure 0.30: Répartition des points de rejet à travers la commune de Hennaya.	117
Figure 0.31: Le point de rejet R54.	118
Figure 0.32: Le point de rejet R53.	119
Figure 0.33: Le point de rejet R50.	119
Figure 0.34: Le point de rejet R51.	120
Figure 0.35: Répartition des points de rejet à travers la commune de Beni Mester.	121
Figure 0.36: Répartition des points de rejet à travers la commune de Terny.	122
Figure 0.37: Le point de rejet R73.	123
Figure 0.38: Le point de rejet R73.	123
Figure 0.39: Le point de rejet R74.	124
Figure 0.40: Le bassin de décantation Terny.	125
Figure 0.41: Le point de rejet R76.	125
Figure 0.42: Déversement des eaux usées dans les terrains agricoles à l'amont du bassin de décantation de Terny.	126
Figure 0.43: Les eaux à la sortie du bassin de décantation de Terny.	126
Figure 0.1: Plan de situation de la station expérimentale proposée au niveau du campus de Chetouane.	135

<i>Figure 0.2: Schéma de la station expérimentale proposée.</i>	137
<i>Figure 0.3: Appareils de mesure portatifs (Oxidimètre, Conductimètre, pH mètre).</i>	138
<i>Figure 0.4 : Photo des racines de roseaux prise (phragmites australis) au niveau de l'oued Sidi Othmane.</i>	139
<i>Figure 0.5: Photo des roseaux prise au niveau de l'oued Sidi Othmane.</i>	139
<i>Figure A. 1: Evolution de la qualité des eaux de Sikkak (No₂, Nh₄⁺, Po₄⁻).</i>	159
<i>Figure A. 2: Evolution de la qualité des eaux de Sikkak (No₃, DBO₅, DCO, MO).</i>	159
<i>Figure A. 3: Vue générale de la station de Touggourt à filtre planté de macrophytes.</i>	167
<i>Figure A. 4: Photo prise lors de la réalisation du bassin de traitement.</i>	167
<i>Figure A. 5: Photo prise lors de la réalisation de la conduite principale du réseau de drainage des eaux pour l'irrigation des arbustes.</i>	168
<i>Figure A. 6: Photo prise lors de la réalisation du réseau de drainage des eaux pour l'irrigation des arbustes.</i>	168
<i>Figure A. 7: Vue globale de la station et disposition, avec liste des noms scientifiques, des plantes utilisées dans le bassin de traitement et dans la zone d'irrigation.</i>	169
<i>Figure A. 8: Varité de plantes utilisées dans le bassin de traitement.</i>	170
<i>Figure A. 9: Photo d'un figuier planté dans la station d'épuration.</i>	170

Liste des tableaux

Tableau 1.1: Evolution de la mise en place de filtres plantés de macrophytes dans quelques pays Européens. (H = horizontal, V = vertical) [51].....	4
Tableau 1.2 : Principaux mécanismes d'élimination des différents types de polluants [51].	12
Tableau 1.3: Règles de base habituelles de dimensionnement.....	22
Tableau 1.4: Valeurs de kDBO5 et de surfaces spécifiques en fonction du type d'eaux à traiter.	31
Tableau 1.5: Détermination empirique de la surface spécifique du lit horizontal en fonction du traitement primaire. [52].....	31
Tableau 2.1 : Les sous bassins versants de la zone d'étude [9].....	41
Tableau 2.2 : La répartition de la population de la zone d'étude [9].....	43
Tableau 2.3: Ressources en eaux superficielles de la zone d'étude.....	50
Tableau 2.4: Les petits ouvrages de mobilisation PB et RC de la zone d'étude.....	50
Tableau 2.5: Potentialités des ressources souterraines en eaux de la zone d'étude [9].	53
Tableau 2.6: Récapitulatif de l'assainissement par daïras et communes de la zone d'étude [44].	89
Tableau 2.7: Caractéristiques des stations d'épuration existante. [9].	92
Tableau 2.8: Caractéristiques des stations d'épuration en projets et en etude.	92
Tableau 2.9: Terres agricoles irriguées par les eaux usées.....	95
Tableau 3.1 : résultat d'analyse des charges a l'entrée de la S.T.E.P.....	130
Tableau 3.2 : résultat d'analyse des charges a la sortie de la S.T.E.P.....	130
Tableau 3.3 : Les rendements de la S.T.E.P.....	130
Tableau 3.4 : devis estimatif et quantitatif de la S.T.E.P. expérimentale.....	137
Tableau A. 1: Norme de qualité des eaux potables.....	156
Tableau A. 2: Norme de qualité des eaux de Barrage.....	157
Tableau A. 3 : Evolution de la qualité des eaux souterraines du point d'eau d'Ain Bendou (code G00200842) [2].....	158
Tableau A. 4: Evolution de la qualité des eaux du barrage Sikkak [2].....	159
Tableau A. 5: Points de rejets de la commune de Chetouane.....	160
Tableau A. 6: Points de rejets de la commune de Mansourah.....	161
Tableau A. 7 : Points de rejets de la commune de Tlemcen.....	162
Tableau A. 8: Points de rejets de la commune d'Hennaya.....	163
Tableau A. 9: Points de rejets de la commune de Beni Mester.....	163
Tableau A. 10: Points de rejets de la commune de Terny.....	163
Tableau A. 11: Polluants des unités industrielles de Chetouane.....	164
Tableau A. 12: Polluants des unités industrielles de Tlemcen.....	165
Tableau A. 13: Polluants des unités industrielles de Remchi.....	165
Tableau A. 14: Polluants des unités industrielles de Maghnia.....	165
Tableau A. 15: Polluants des unités industrielles de Ghazaouet.....	166
Tableau A. 16: Les vides sanitaires inondés de la zone d'étude [43].	171



Introduction générale

La protection de l'environnement et la pérennité des ressources en eau superficielles et souterraines, nécessitent une prise de conscience réfléchie pour assurer un développement durable d'un pays. Ceci dit, l'assainissement et l'épuration des eaux usées constituent des techniques qui se sont perfectionnées depuis des décennies dans les pays développés. Par contre, dans les pays en voie de développement le déficit d'infrastructures en matière d'assainissement a contribué à la banalisation des rejets des eaux usées dans les milieux naturels en les exposant aux risques de la pollution et de la contamination des ressources en eau, ce qui aggrave considérablement la crise de l'eau et diminue le potentiel en ressources exploitables.

En Algérie, face à ces problèmes de qualité d'eau qui nuisent gravement à l'environnement et à la santé des êtres vivants, de vastes programmes sont actuellement en cours de réalisation dans le but de collecter les eaux usées et d'éviter leurs rejets bruts dans le milieu naturel. Cependant la stratégie adoptée par l'état consiste en la planification et la réalisation de stations d'épuration classiques. Ces infrastructures importantes, telles que les stations à boue activée, ne concernent que les zones à forte densité de population. Cependant, la prise en charge des rejets des petites agglomérations reste toujours posée, menaçant ainsi perpétuellement la contamination des ressources en eau. La conception et la réalisation de stations d'épuration classiques pour ces rejets éparses s'avère un lourd investissement, alors qu'il existe des systèmes naturels, fiables, peu coûteux et très simples à exploiter pour remédier à ce problème épineux. Ces procédés constitués de substrats filtrants plantés de macrophytes est un moyen efficace pour combler les déficits dans les petites collectivités et zones éparses. En outre, ils s'intègrent parfaitement aux paysages ruraux. Il s'agit de techniques au développement récent, apparues en Europe dans les années 80 du siècle dernier et qui ont vu leur développement se perfectionner et leur utilisation s'accroître depuis 1997.

L'épuration des eaux usées par les filtres plantés de macrophytes apparaît dès lors comme une technique incontournable pour le développement durable des stratégies d'assainissement. A ce jour, les méthodes scientifiques de conception de ce type de procédé dans le monde se résument à un savoir-faire acquis expérimentalement in situ et à de simples formules empiriques qui nécessitent d'être validées en vue d'une éventuelle généralisation de leur utilisation. En effet, les documents techniques sont peu nombreux, il s'agit principalement de documents décrivant le principe de fonctionnement, les ordres de grandeur des caractéristiques fonctionnelles et des

dimensions. Il importe donc de déterminer, dans le cadre régional (bassins versants de la Tafna et côtiers Oranais), le degré de compatibilité et d'adaptation de ce système par la conception et la réalisation d'une station d'expérimentation à filtres plantés de macrophytes.

Dans ce mémoire, nous essayons dans un premier temps de décrire les stations d'épuration à filtres plantés de macrophytes. Nous établissons ensuite une étude critique de l'état d'assainissement dans différentes régions du bassin de la Tafna et les côtiers Oranais (zone d'étude). Les régions à forte vulnérabilité à la pollution particulièrement dans le groupement urbain de Tlemcen sont mises en exergue dans le but de protéger les eaux souterraines et superficielles les plus menacées. Nous finirons ce travail par la suggestion d'une station d'expérimentation pour l'optimisation locale des stations d'épuration à substrats plantés de macrophytes en vue de leur l'adaptation au niveau de la zone d'étude concernée par ce mémoire.

Dans le chapitre I, nous introduisons brièvement un aperçu général sur les stations d'épuration à filtres plantées de macrophytes tout en citant les types utilisés, leurs conceptions, leurs performances épuratoires, leurs domaines d'applications et les contraintes de réalisation. Enfin, un état de l'art concernant ces stations est établi.

Le chapitre II est consacré à une description et analyse critique de l'état d'assainissement dans la zone d'étude. On déterminera avec plus de détails les points de rejets et leurs impacts sur l'environnement ainsi que le degré de vulnérabilité à la pollution dans le G.U.T.. Pour ce faire, le système d'information géographique est utilisé pour cartographier les points très vulnérables justifiant l'implantation des stations d'épuration à filtres plantés de macrophytes.

Dans le chapitre III, nous décrivons un prototype algérien concernant l'épuration par lits à macrophytes : c'est une station réalisée à Touggourt. Les couts d'investissement, les performances épuratoires, la gestion et l'entretien de cette station sont présentés pour justifier et conforter l'idée essentielle véhiculée dans ce mémoire concernant la vulgarisation de ses stations et encourager leurs implantations dans les régions éparses non assainies au niveau de notre zone d'étude. Le chapitre est achevé par la proposition d'une aire d'expérimentation de ce procédé épuratoire au niveau du campus de la faculté de technologie.

CHAPITRE I

EVOLUTION, CONCEPTS ET TECHNIQUES DE L'ÉPURATION DES EAUX USEES PAR DES FILTRES PLANTES DE MACROPHYTES

1.1. Introduction

Le traitement des eaux usées domestiques par des filtres plantés de Macrophytes a été amélioré ces dernières années pour répondre aux besoins de communautés de tailles réduites ou moyennes. L'eau traitée peut être réutilisée pour l'irrigation, voir même pour les besoins du bétail. Il s'agit d'un ensemble de mécanismes de traitement biologique naturel à macrophytes qui arrivent à réduire les taux de coliformes fécaux et la DBO₅ (Demande Biochimique en Oxygène). L'épuration par les filtres plantés de Macrophytes a pu démontrer son efficacité dans les pays développés, notamment en Europe. Cependant, le transfert de cette technologie vers un pays comme l'Algérie, nécessite une certaine maîtrise technologique spécifique qu'il faudrait acquérir. En effet, dans les régions à climat chaud, les caractéristiques du milieu environnant qui conditionnent les rejets des eaux usées, aussi bien en quantité qu'en qualité, diffèrent de celles des régions tempérées.

1.2. Historique

L'utilisation des végétaux aquatiques pour le traitement des eaux usées est relativement ancienne; ses premières applications à petite échelle datent des années 60 du dernier siècle.

Il existe deux types de filtres, les filtres à écoulement horizontal et les filtres à écoulement vertical. La première version des filtres horizontaux utilisés en traitement complet a été développée en Allemagne en 1964 par Mr *Kickuth* de l'Université allemande de Kassel ; c'est pourquoi ce système est souvent appelé "*système Kickuth*" [76]. Il est aussi connu sous le vocable "*Root Zone Method*" [54]. A l'origine les dispositifs utilisaient le sol en place, éventuellement amendé avec des ajouts (argile, chaux). Ce procédé a fait l'objet d'un brevet américain en 1989 [76]. Le premier système mis en exploitation date de 1974 [51]. Exporté vers des pays européens (notamment le Danemark et le Royaume Uni), le système a fait l'objet de nombreuses critiques de la part de scientifiques qui ont contesté le dimensionnement et l'aptitude des roseaux à augmenter la perméabilité des sols en place utilisés comme substrat [54].

Des recherches étaient menées en Europe pour fiabiliser le fonctionnement des filtres plantés de macrophytes jugé potentiellement intéressant et susceptible de combler un vide dans les pays où le lagunage naturel et les lits infiltration-percolation sur sable étaient peu répandus [53].

Les premiers filtres verticaux ont été développés par le Dr *Seidel* en Allemagne dans les années 1970 ; dans la littérature, on les retrouve sous les noms de “*infiltration fields*”, “*Krefeld- System*” ou encore “*Max Planck Institute Process*”. Dès lors, on a utilisé des supports granulaires rapportés pour ces filtres. A l'origine, ils étaient souvent associés à des filtres horizontaux en aval et, à ce titre, pouvaient être classés comme “*systèmes hybrides*”, qui sont en fait l’association en série de filtres verticaux et de filtres horizontaux. L’association la plus courante, initialement étudiée par le Dr *Seidel* et mise en œuvre de façon relativement limitée au Etats-Unis, en Allemagne, en Autriche et en France [24], est constituée de deux étages consécutifs de filtres verticaux en parallèle suivis de deux ou trois étages de filtres horizontaux en série. En France, les coûts d’investissement ont diminué entre 1991 et 2006, et plus de 650 communes françaises ont été équipées de ce procédé [58], en particulier dans le bassin de Rhin-Meuse (fig. 1.1).

L’utilisation de ce procédé pour des collectivités de plusieurs centaines d'habitants est très récente. En effet, les systèmes en rupture avec les technologies intensives (comme le lagunage, l'infiltration-percolation et les systèmes plantés de macrophytes), ont eu un démarrage difficile et particulièrement lent et cela dans tous les pays d'Europe. Ce n’est que vers le milieu des des années 80 que le nombre de stations réalisées à commencer à augmenter d’une manière considérable (Tableau 1.1).

Tableau 0.1: Evolution de la mise en place de filtres plantés de macrophytes dans quelques pays Européens. (H = horizontal, V = vertical) [51].

Pays	Nombre d'installations (1999)	Année de démarrage	Type de filtre	Type de réseau
Allemagne	400	1988	H et V	Surtout unitaire
Royaume Uni	400	1985	H et puis V	Surtout unitaire
Autriche	300	1993	H et V	Unitaire et séparatif
Danemark	100	1984	H (sol) puis H et V	Unitaire et séparatif
République Tchèque	80	1993	H	Unitaire et séparatif
France	40	1993	Surtout V	Unitaire et séparatif

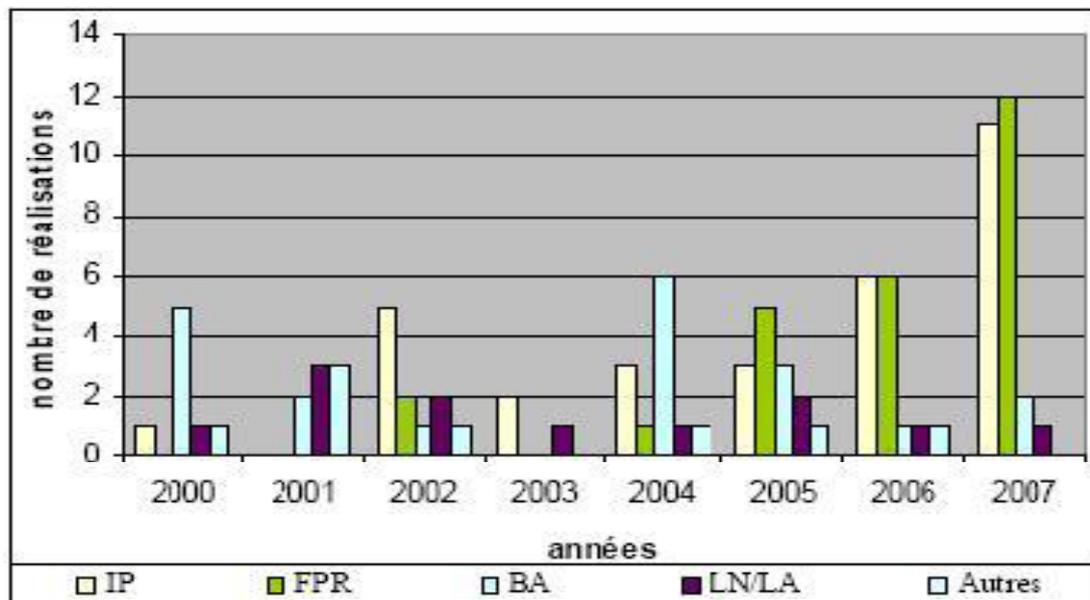


Figure 0.1: Evolution des réalisations de S.T.E.P. de différentes conceptions pour des populations < 2000 sur le bassin Rhin-Meuse entre 2000 et 2007. (IP: Infiltration-Percolation; FPR: Filtres plantés; BA: Boues activées; LN/LA: Lagunage) [60].

1.3. Concept des filtres plantés de macrophytes

1.3.1. Principe de fonctionnement

1.3.1.1. Filtre à écoulement vertical

Les filtres sont des excavations étanches remplies de couches de gravier et/ou de sable de différentes granulométries (fig 1.2). L'effluent brut est épandu directement, sans décantation préalable, à la surface du filtre. En s'écoulant à travers ces filtres, ce dernier subit un traitement physique (filtration), chimique (adsorption...) et biologique (fixation de la biomasse sur les supports fins). Les eaux épurées sont drainées sous les différentes couches. Les filtres sont alimentés en eaux usées brutes par bâchées. Pour un même étage, la surface de filtration est séparée en plusieurs unités permettant d'instaurer des périodes d'alimentation et de repos [36].

La période de repos pendant laquelle se fait la dégradation de la matière organique accumulée dans les filtres (substrat filtrant et racines des macrophytes) prendra en général 07 jours, tandis que la période d'alimentation ne requerra que la moitié (environ 03 jours) ce qui nous amène à utiliser 3 lits en parallèles dans le premier étage de façon à ce que la période de repos d'un lit permettra l'alimentation des deux restants. Pour le deuxième étage les deux périodes sont équivalentes ce qui donne deux lits en parallèle [26]. Ces deux périodes dépendent de l'espèce utilisée pour le traitement, par exemple

une plante appelée *C. esculenta* testée au laboratoire peut suivre a une période d'alimentation équivalente à 20 jours. [20]

Le principe épuratoire repose sur le développement d'une biomasse aérobie fixée sur un sol reconstitué. L'oxygène est apporté par convection et diffusion. L'apport d'oxygène par les racines des plantes est négligeable par rapport aux besoins.

La capacité d'oxygénation est telle que les filtres du premier étage contribuent essentiellement à la dégradation de la fraction carbonée, mais une nitrification partielle est également notée. Le deuxième étage vient alors affiner la dégradation de la fraction carbonée et complète la nitrification en fonction des conditions d'oxygénation, de la température et du pH [52].

L'expérience acquise en une quinzaine d'années à *Gensac la Pallue* révèle qu'à l'ombre des roseaux et dans une hygrométrie adéquate se développe une biomasse microbienne, au sein même des dépôts organiques retenus sur la plage d'infiltration. Cette biomasse contribue à la minéralisation des matières organiques dans une proportion avoisinant 65 % en masse par rapport au flux reçus. Il en résulte un terreau qui s'accumule à raison d'une quinzaine de millimètres par an lequel constitue un biofiltre de bonne perméabilité [52]. L'activité épuratoire du terreau s'ajoute à celle qui se développe initialement dans le massif filtrant minéral. Il a été observé sur ce site une tendance à l'amélioration des rendements avec le vieillissement de l'installation [52].

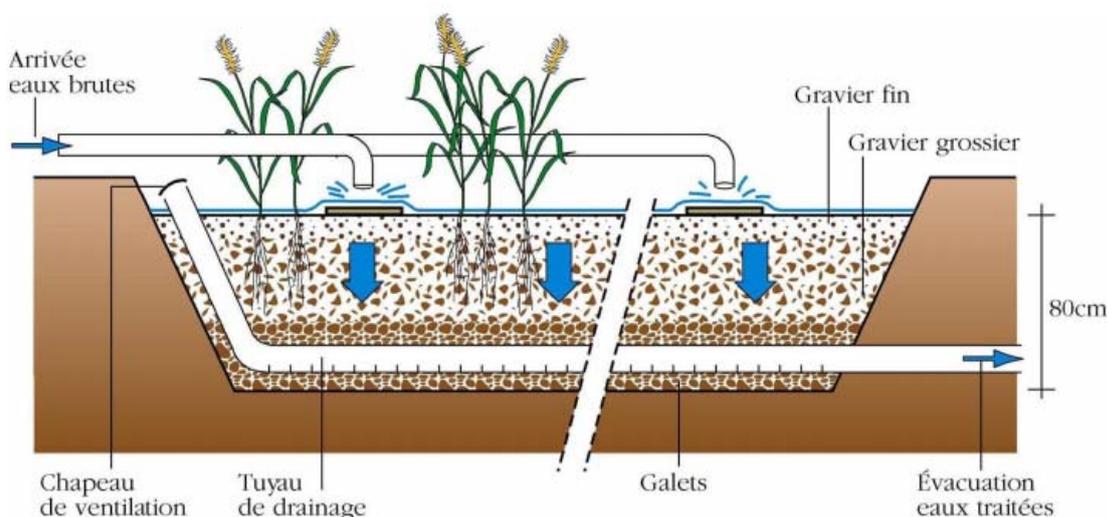


Figure 0.2: Coupe représentative d'un filtre à écoulement vertical [55].

1.3.1.2. Filtre à écoulement horizontal

Dans les filtres à écoulement horizontal, le massif filtrant est quasi-totalement saturé en eau. L'effluent est réparti sur toute la largeur et la hauteur du lit par un système répartiteur situé à une extrémité du bassin (fig 1.3); il s'écoule ensuite dans un sens principalement horizontal à travers le substrat. La plupart du temps, l'alimentation s'effectue en continu car la charge organique apportée est faible puisque ces filtres sont nécessairement alimentés par des eaux préalablement débarrassées de leurs matières en suspension.

L'évacuation se fait par un drain placé à l'extrémité opposée du lit, au fond et enterré dans une tranchée de pierres drainantes. Ce tuyau est relié à un siphon permettant de régler la hauteur de l'eau dans le lit, de façon à ce qu'il soit saturé pendant la période d'alimentation. Le niveau d'eau doit être maintenu environ à 5 cm sous la surface du matériau. En effet, l'eau ne doit pas circuler au-dessus de la surface du filtre afin de ne pas court-circuiter la chaîne de traitement et d'éviter la prolifération d'insectes [36].

L'apport relativement faible en oxygène limite la croissance des bactéries aérobies hétérotrophes et autotrophes et, par voie de conséquence, la dégradation des matières carbonées et surtout l'oxydation des composés azotés. Toutefois des mécanismes anaérobies et aéro-anaérobies interviennent au contact des racines des macrophytes (effet rhizosphère) et participent à la dégradation des matières carbonées et à la transformation des formes réduites de l'azote [52].

L'expérience concernant ces filtres est encore limitée en France mais leur nombre augmente, surtout en aval d'un premier étage vertical [52].

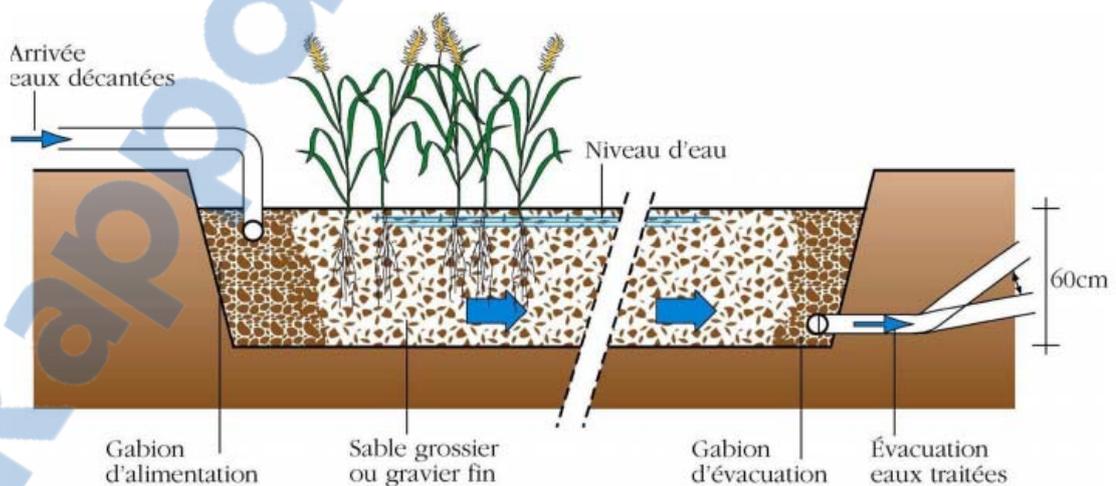


Figure 0.3: Coupe représentative d'un filtre à écoulement horizontal [71].

1.3.1.3. Les systèmes mixtes

Les systèmes mixtes sont en fait l'association en série de filtres verticaux et de filtres horizontaux. Généralement cette association est constituée de deux étages consécutifs de filtres verticaux en parallèle suivis de deux ou trois étages de filtres horizontaux en série (fig 1.4). L'intérêt d'une telle association est d'obtenir une bonne nitrification dans les filtres verticaux qui sont bien oxygénés, mais aussi une dénitrification dans les filtres horizontaux où l'on trouve les conditions d'anoxie nécessaires à cette réaction. Les rendements de la dénitrification ne sont pas très élevés car les bactéries dénitrifiantes ont besoin de matière organique pour se développer et dénitrifier correctement. Or, en sortie des filtres verticaux, la majeure partie de la matière organique a été dégradée, elle n'est donc plus disponible pour les bactéries [51].

En conclusion les filtres horizontaux sont une alternative fiable pour le traitement des eaux usées des petites agglomérations, en particulier lorsque des matières organiques et matières en suspension sont la cible du traitement. Dans ce type de système (mixte) l'élimination des matières organiques (DBO5 et DCO) et des matières en suspension est très élevée et stable au cours des années d'exploitation. Ce pendant l'enlèvement d'éléments nutritifs (azote et phosphore) est généralement faible et ne dépasse pas 50% des eaux usées. Le système mixte appelé aussi Hybride construit des zones humides combinées (phénomène de nitrification et dénitrification) afin d'obtenir un effet de traitement plus élevé en particulier pour l'azote [96].



Figure 0.4: Système d'épuration mixte avec trois bassins à écoulement vertical en 1^{er} étage et deux bassins à écoulement horizontal en 2^{ème} étage.

1.3.2. Rôle des différents composants du système

1.3.2.1. La plante

L'homme a toujours su utiliser les plantes pour sa survie. Elles ont d'abord servi de ressources alimentaires ensuite de matériaux de construction et de produits thérapeutiques. Depuis une dizaine d'années et face aux nombreux problèmes de pollution, certaines espèces semblent plus intéressantes car elles sont potentiellement accumulatrices de polluants. On pourrait donc envisager de les cultiver sur des sols contaminés afin d'extraire les substances toxiques. C'est le concept de la dépollution des sols par les plantes appelé phytoremédiation [61].

Des espèces de type phragmites (roseaux) peuvent être utilisées dans des stations d'épuration de petites communes afin de filtrer et épurer les eaux usées domestiques. On appelle cette technique la phytorestauration des eaux usées [61]. L'homme peut donc trouver dans le végétal une ressource qui permettra de limiter son impact néfaste sur l'environnement.

De petites quantités d'oxygène provenant des parties aériennes sont rejetées à l'apex des racines des plantes quelque soit les types de filtres dans lesquels elles sont enracinées. Ces apports sont toujours faibles. Dans les filtres verticaux, la fraction d'oxygène ainsi apportée est négligeable comparativement aux apports par diffusion et convection. Dans les filtres horizontaux en revanche, si l'apport par les plantes est faible, il constitue probablement la principale source d'oxygène.

Le métabolisme des plantes (assimilation de nutriments) influence plus au moins le traitement en fonction des surfaces mise en jeu. Si pour les filtres plantés à écoulement vertical, l'assimilation des nutriments est négligeable (moins de 1% de la charge entrante pour le phosphore), les surfaces plus importantes dans les filtres horizontaux peuvent conduire à des prélèvements pouvant être raisonnablement pris en compte dans les bilans, mais qui devraient cependant se situer autour de 5% pour l'azote et sensiblement moins pour le phosphore. Tous ces éléments, ne sont pas directement exportables dans la biomasse faucardable, mais se trouvent aussi piégés dans le système racinaire dont le devenir à long terme, environ une quinzaine d'années, n'a pas encore été soigneusement étudié [52].

La couverture foliaire préserve la surface des filtres de la dessiccation en été. Elle procure également un ombrage qui permet aux bactéries de se développer, contribuant ainsi à la minéralisation de la matière organique. L'évapotranspiration estivale conduit à une forte diminution du volume sortant. En hiver, elle atténue l'impact négatif des faibles températures sous des climats froids [52]. D'une façon plus générale le milieu



filtrant, grâce à la présence des racines, possède une grande diversité d'espèces (bactéries, protozoaires, invertébrés) dont la présence dépend étroitement de la charge organique et des conditions de renouvellement de l'oxygène. Tous ces organismes participent, comme prédateurs, à la diminution des populations de bactéries fécales. Les abattements dépendent des temps de séjour [52].

Les plantes les plus utilisées en Europe et dans les pays à climat tempéré sont les roseaux (*Phragmites australis*) pour leur résistance (longue période submergée, période sèches), leur capacité d'assimiler la matière organique et leur rapidité de croissance. Aux Etats-Unis, c'est plutôt les massettes ou quenouilles (*typha*) qui sont les plus fréquentes.

L'utilisation de l'espèce *Typha* semble être plus utile pour éliminer la matière organique, par contre l'espèce *Phragmites australis* assure une réduction de tous les paramètres physico-chimiques [10]. Ces deux espèces ont démontré leur capacité à tolérer des eaux usées peu, moyennement, et fortement concentrées. Par ailleurs on peut utiliser des espèces très variées de plantes de zones humides (Fig 1.5) et même des espèces ligneuses telles que les saules (*Salix*). En fait, il ne faut pas négliger l'aspect esthétique de la station, lui permettant une intégration homogène dans le paysage.



Figure 0.5: Différentes plantes aquatiques épuratrices utilisées dans les systèmes d'assainissement par bassins filtres plantés.

1.3.2.2. Les matériaux

Les couches de matériaux posés dans les lits, filtrent automatiquement les matières en suspension présentes dans l'eau usée à traiter. Leur rendement dépend des caractéristiques hydrodynamiques, de la granulométrie et du type des matériaux utilisés.

L'optimisation et le choix des matériaux de remplissage sont imposés par l'épaisseur et le type de filtre utilisé (vertical ou horizontal). On doit avoir une filtration efficace tout en évitant le colmatage et la migration des particules entre les différentes couches ainsi les matériaux utilisés seront des granulats silicatés, roulés, lavés et calibrés. Le pourcentage de fines est réduit pour chacun des matériaux filtrants [25].

La composition du matériau de remplissage influence également sur le traitement par la suppression des virus et l'élimination, non négligeable, de coliformes fécaux et de bactéries lors d'un écoulement non saturé dans 60 à 90 cm du milieu sableux [74].

La capacité du matériau à adsorber le phosphore ou encore les métaux lourds dépend essentiellement de la porosité, la teneur en fer, en aluminium, en calcium et du temps de séjour des eaux dans le massif [51].

1.3.2.3. Les micro-organismes

Le principal rôle des micro-organismes est, comme dans tout procédé de traitement biologique, la dégradation de la matière organique. Ce sont eux qui assurent les différents processus d'oxydation et de réduction. Ils génèrent grâce à la dégradation de la matière organique l'énergie nécessaire à la biosynthèse. Ils minéralisent les composés azotés et phosphorés, et les rendent ainsi assimilables par les plantes. Ils assurent également les réactions de nitrification/dénitrification. Ils ont besoin d'un support de fixation pour se développer et ne pas être entraînés par les eaux usées ; celui-ci est assuré par les plantes (surtout leurs organes souterrains) et le matériau formant ainsi ce qu'on appelle la rhizosphère. La rhizosphère est une petite région autour des racines des roseaux où croissent de grandes populations de bactéries consommatrices ou non d'oxygène (aérobie / anaérobie) [34]. La dégradation de la matière organique par les micro-organismes est productrice de biomasse bactérienne qui doit être à son tour dégradée pour éviter le colmatage [51].

1.4. Les mécanismes et performances épuratoires

1.4.1. Les mécanismes d'élimination

Les mécanismes d'élimination sont régis par les processus physiques, chimiques, physicochimiques ou encore biologiques qui sont résumés dans le tableau 1.2 suivant :

Tableau 0.2 : Principaux mécanismes d'élimination des différents types de polluants [51].

Polluants	Mécanismes d'élimination
Matières en suspension	Filtration
Matière organique	Dégradation microbienne aérobie
	Dégradation microbienne anaérobie
Composée azotés	Ammonification suivie d'une nitrification et d'une dénitrification
	Microbiennes
	Volatilisation de l'ammoniac
	Assimilation végétale
	Adsorption sur la matrice
Phosphore	Adsorption sur la matrice
	Assimilation végétale
Métaux	Adsorption et échange de cations
	Complexation
	Précipitation
	Assimilation végétale
	Oxydoréduction microbienne
Micro-organismes	Filtration
	Mort naturelle
	Prédation
	Sécrétion d'antibiotiques par les racines des macrophytes

1.4.2. Les Matière En Suspension (MES)

Les matières en suspension sont des matières insolubles, fines, minérales ou organiques, biodégradables ou non. Leur principal effet est de troubler l'eau : c'est la *turbidité*. La turbidité est un élément important de la qualité de l'eau, tant pour la vie aquatique (car elle réduit la transparence, empêche la pénétration de la lumière, ce qui a

pour effet de freiner la photosynthèse, élément important de la croissance des plantes). Les MES conduisent aussi à des fermentations contribuant aux carences en oxygène.

Pour les filtres à écoulement horizontal, l'accumulation des MES se déroule à l'entrée du filtre ce qui provoque un colmatage. Alors une décantation primaire doit être mise en place. Cela peut se faire soit par l'intermédiaire d'un décanteur-digesteur ou d'une fosse septique toutes eaux soit par un premier étage de filtration planté à écoulement vertical.

Dans les filtres verticaux le traitement physique des eaux usées s'effectue dès le premier étage. Les effluents perdent par filtration jusqu'à 90% (contre seulement 50% par décantation classique) de leurs matières en suspension (MES) en traversant un massif de granulats. Les MES ou boues retenues sont déshydratées et compostées sur place grâce à l'action conjuguée des bactéries et des plantes [37].

1.4.3. La Demande Biochimique en Oxygène

La Demande Biochimique en Oxygène (DBO) est une mesure des matières organiques aisément biodégradables. C'est la quantité d'oxygène dissous dans l'eau nécessaire pour oxyder par voie biologique ces matières organiques.

Globalement les valeurs de la DBO5 obtenues par le procédé de la « phytoépuration » varient entre 12 et 38 mg/l, soit en dessous du seuil fixé par la réglementation (30 à 40 mg/l). Cela signifie que le procédé de phytoépuration contribue considérablement à l'élimination de la pollution organique des eaux traitées [19].

1.4.4. La Demande Chimique en Oxygène

La Demande Chimique en Oxygène (DCO) est une autre mesure de la concentration de matières organiques (et partiellement inorganiques) contenues dans une eau. Mesurée après oxydation chimique intense, elle représente la concentration d'oxygène nécessaire à l'oxydation de la totalité des matières organiques.

Pour l'élimination de la DCO, les plantes testés comme roseau, *phragmites australis* ont montré que cette élimination par les systèmes plantés est plus importante que celle des systèmes non plantés [75].

Pour ce type de système planté la rétention moyenne de la DCO totale varie de 63% à 84% [83].

Pour un système hybride, 1^{er} étage filtre vertical 2^{ème} étage filtre horizontal. Les analyses obtenues d'un suivi analytique in situ pendant 6 mois sur 23 filières en Ille et Vilaine, montrent que l'abattement de la DCO est de :

- 83,7 % à la sortie du 1^{er} étage F.V. (162.1 mg/l au-dessus du seuil 125mg/l).
- 55.8% à la sortie du 2^{ème} étage F.H. (71.6 mg/l largement au-dessous du seuil).

L'abattement total de la DCO rejoint les 92,8% (DCO brut 998.4 mg/l) [46]. Cela confirme que les deux types de filtre sont complémentaires ainsi que leurs efficacités.

1.4.5. L'azote :

L'azote se trouve sous la forme organique d'ammonium (NH_4^+) et de nitrate (NO_3), dans de faibles proportions dans les eaux usées. Les différentes réactions qui conduisent à l'élimination de l'azote dans un milieu aquatique sont l'ammonification (transformation de l'azote organique en ammonium), la nitrification (oxydation de l'ammonium en nitrate), la volatilisation (transformation de l'ammonium en ammoniac) et la dénitrification (réduction des nitrates en azote gazeux, N_2). Chacune des ces réactions est dépendante de l'état d'oxydation du milieu et de la disponibilité en oxygène dissous. En présence de plantes aquatiques, les principales réactions d'élimination de l'azote sont la nitrification/dénitrification et l'assimilation par les végétaux [11].

Abattement total de l'azote est 66% sur un système hybride [46]:

- 37% sur Filtre Vertical par filtration mécanique (retenue des matières en surface),
- 29% sur Filtre Horizontal dont 27% par élimination des nitrates.

En ce qui concerne l'élimination de l'Azote, des études ont démontré qu'il y avait une meilleure élimination dans les lits plantés que dans les lits non plantés. Ceci ne se fait pas uniquement par l'absorption des plantes, mais également par accumulation d'azote organique dans les sédiments du lit. Cet Azote est ensuite dégradé grâce à la libération d'oxygène par les plantes autour de leurs racines : phénomène de nitrification [62].

1.4.6. Le phosphore

Dans les eaux usées, le phosphore est présent sous formes de poly-phosphates, de phosphore organique et d'ortho-phosphates. Les deux premières formes sont hydrolysées en ortho-phosphates par l'action des micro-organismes.

La déphosphatation biologique consiste à provoquer l'accumulation du phosphore dans les cultures bactériennes des boues. Ce mécanisme de suraccumulation nécessite de placer la biomasse alternativement en phase anaérobie et aérobie [48].

Les rendements obtenus pour le phosphore total varient de 5 à 95 %. Cependant ce processus conduit à assurer une élimination du phosphore de l'ordre de 50 à 65% mais le rendement de déphosphoration peut descendre autour de 30–50% lorsque les eaux brutes sont diluées, soit par des eaux parasites soit par temps de pluie [27].

En général les concentrations de sortie descendent rarement en dessous des 3 mg/l. Les filtres plantés de macrophytes ne sont donc pas adaptés lorsqu'une réduction considérable des teneurs en phosphore est exigée [51].

1.4.7. Les métaux

Dans les eaux usées, on trouve les métaux sous forme soluble ou particulaire [51]. Les formes particulières sont retenues par filtration et les formes solubles sont éliminées, par principalement deux mécanismes :

- Le premier dans les filtres verticaux, zone aérobie les bactéries métallo-oxydantes précipitent les métaux sous forme d'oxydes métalliques et dans les filtres horizontaux, zone anaérobie les bactéries sulfato-réductrices précipitent les métaux sous forme de sulfides métalliques. Ils sont ensuite retenus dans la matrice du filtre.
- Le deuxième à l'interface racine/sédiment, on rencontre de forts gradients rédox qui provoquent la précipitation d'hydroxydes ferriques complexes. Ceux-ci s'accumulent dans la rhizosphère formant une sorte de gaine autour des racines. Elle constitue une barrière efficace contre l'assimilation végétale et favorise la co-précipitation avec d'autres métaux lourds dans la plaque d'hydroxyde ferrique.

Des résultats obtenus au Maroc à Marrakech, sous un climat aride, par des filtres plantés de macrophytes et à écoulement vertical de l'effluent d'une tannerie chargé en métaux lourds notamment le chrome, ont permis de confirmer les performances épuratoires globales de ce type de système pour le traitement des rejets industriels [83].

1.4.8. Les micro-organismes d'origine humaine

Le point faible de ces filtres notamment pour le système vertical est la bactériologie, les abattements ne sont pas suffisants pour une désinfection. L'utilisation de ce procédé seul n'est pas suffisant dans les zones sensibles aux germes pathogènes [26].

L'usage de filtres verticaux et horizontaux en série semble être une solution intéressante pour permettre un traitement plus poussé de l'azote et du phosphore selon le type de support utilisé. Un premier étage de filtres verticaux permet une bonne réduction des MES, de la DBO₅ ainsi qu'une nitrification quasi complète. Un second étage de filtres horizontaux affine le traitement sur les MES et la DBO₅, et permet une dénitrification ainsi qu'une adsorption du phosphore si le support choisi comporte de bonnes caractéristiques [36].

1.5. La conception

1.5.1. Les contraintes techniques et recommandations

1.5.1.1. Régulation des débits journaliers admissibles

L'organe d'alimentation opère la connexion entre le réseau et la station d'épuration. Ainsi en cas de défaut, les conséquences peuvent être un by-pass complet de la station d'épuration, la mise en charge du réseau amont, une surcharge hydraulique de l'installation avec noyage et colmatage potentiel, et une perturbation du fonctionnement biologique des filtres. Donc, quel que soit le type d'alimentation (gravitaire ou par pompage) il est indispensable de prévoir un dispositif performant assurant une régulation des volumes journaliers admissibles en traitement. Son réglage doit être cohérent avec la capacité hydraulique des filtres, de sorte à traiter le maximum d'effluents par temps de pluie sans surcharger les massifs.

1.5.1.2. Protection des filtres du ruissellement et des apports de particules fines :

Généralement ces stations d'épuration sont implantées en point bas. Ils peuvent se trouver dans une zone probablement collectrice de considérables ruissellements par temps de pluie. Lors d'événements pluvieux de forte intensité, le charriage de particules fines (argiles, limons, etc.) peut atteindre la surface des lits et donc provoquer un colmatage. Ce risque de ruissellement et d'érosion aux abords des lits doit être pris en considération. Le relèvement des bordures des lits d'environ 30 cm par rapport à la côte du terrain fini, ou la réalisation d'un fossé collecteur d'eaux pluviales sont des mesures pouvant prévenir ce risque.

Les réseaux unitaires des petites collectivités, généralement implantées en milieu rural, collectent forcément, par temps de pluie, des eaux de ruissellement chargées en particules minérales types argiles ou limons, issues de l'érosion des sols. Ces particules fines, peuvent traverser aisément les couches de granulats du 1^{er} étage et venir colmater les sables du 2^{ème} étage. Ce phénomène se passe dans les mois qui suivent la mise en route de la station, et lorsque la couche de boues n'est toujours pas formée sur le 1^{er} étage. Une méthode, susceptible de corriger ce problème serait la mise en place d'une "moquette", composée d'une litière organique (exemple : compost), sur une couche de 5 cm sur le premier étage de traitement, et juste avant la mise en eau de la station [60].

1.5.1.3. Domaine d'application

Les filtres plantés de macrophyte sont mis en œuvre dans une gamme de capacité optimum entre 200 Eq/hab et 1200 Eq/hab [4], cette gamme est modulable, peut aller de 50 eq/hab jusqu'à 2000 eq/hab.

1.5.1.4. Surface totale et accessibilité

La dimension et l'implantation des ouvrages de moyenne et de grande capacité (max=2000EH) doivent permettre de faciliter l'entretien et plus particulièrement l'extraction des boues. La longueur maximale des bras des engins de curage étant d'environ 7 m, la disposition et les dimensions des filtres doivent permettre à ces engins d'intervenir en tout point des filtres sans avoir à circuler dessus [73]. Suite à cela, un accès aux abords des filtres de type chemin doit donc être prévu. Les dimensions de cet accès (rayon de courbure, largeur, etc.) et sa résistance doivent permettre à des engins de chantiers (tracteur avec remorque, pelle, etc.) de circuler.

La surface brute d'une station composée de deux étages évolue en fonction de la capacité de la station. Le graphique suivant (fig. 1.6), sans prétendre être normatif, donne une indication des surfaces minimum nécessaires suivant la capacité de la station. Ces surfaces peuvent varier suivant la topographie et la géométrie de la parcelle disponible.

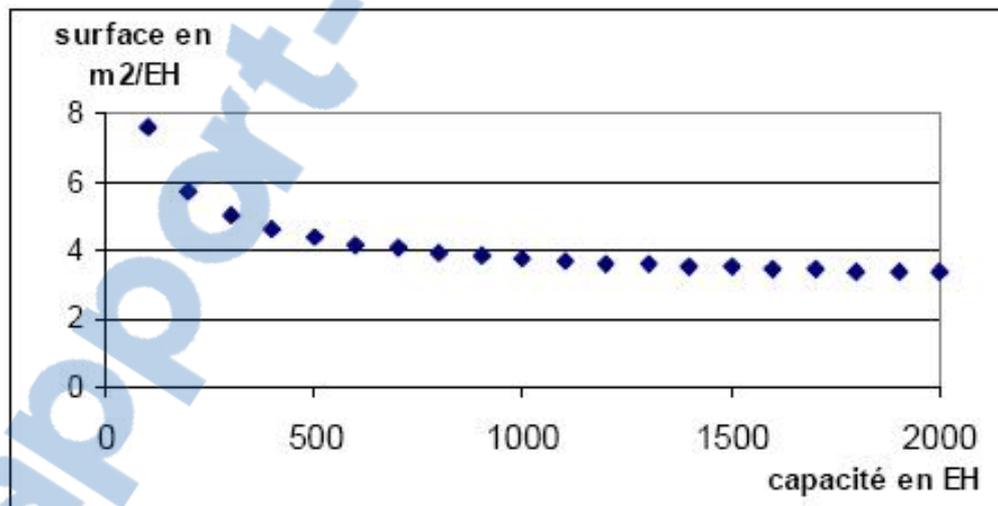


Figure 0.6: Surface brute nécessaire en fonction de la capacité de la station en habitant [51].

On adopte en général :

- 4 à 8 m² par habitant pour les stations composées de filtres à écoulement vertical avec une surface utile de 2 à 2.5 m² par habitant à moduler en fonction des flux hydrauliques attendus.

- 8 à 9 m² par habitant (avec une surface utile de filtre d'environ 5 m² sont nécessaires en trainement complet par lits horizontaux (précédés par une décantation primaire).

Une station d'épuration classique consomme une place non négligeable, avec toutes ses dépendances et son périmètre de nuisance olfactive. Les systèmes de phytoépuration les plus extensifs nécessitent 10 m² d'installation par habitant (soit 2 hectares pour 2 000 habitants). Il existe toujours dans une petite commune, des terrains délaissés offrant la superficie nécessaire à cet effet. C'est aux Pays-Bas, où la densité de population est une des plus élevées au monde, que l'épuration par les plantes est la plus répandue. Cependant, des systèmes plus sophistiqués et plus intensifs (filtres à macrophytes) permettent de diviser par deux les surfaces nécessaires à l'installation des équipements

Les filtres plantés de macrophytes peuvent être installés sur presque tous les types de terrains, cependant, certains offrent de meilleures conditions à l'installation. En effet, une légère pente permet d'alimenter les filtres de façon gravitaire mais une alimentation par pompage peut être adaptée.

1.5.1.5. Précaution du remplissage des filtres

Cette étape peut largement influencer le fonctionnement hydrodynamique et les capacités d'oxygénation des filtres. Il est recommandé d'éviter un déchargement brut du matériau et de procéder au remplissage par couches successives de 15 à 20 cm, afin d'éviter une ségrégation [60]. La photo de la figure 1.7 montre le procédé de la mise en place de ces couches.

L'angularité des matériaux concassés les rend plus propices au compactage que les matériaux roulés. Une attention particulière devrait donc être apportée au remplissage de ce type de matériaux. Il est aussi indispensable de contrôler les épaisseurs de chacune des couches. Un marquage faisant office de repère sur la géomembrane est un moyen simple de les vérifier.



Figure 1.7: Pose d'une couche de gravier d'un bassin à écoulement vertical.

1.5.1.6. Climat

En ce qui concerne l'impact de la température sur la croissance des plantes macrophytes utilisées dans ce type de traitement (filtre planté) est moins important que celle des plantes microphyte utilisées dans les lagunes [67].

De nombreux facteurs influencent le taux d'inactivation ainsi que des variations de performance y compris les quantités de particules, de l'oxygène, la salinité, et la lumière UV. Cependant, la température et la lumière jouent les rôles les plus importants [56]. Il est connu que les agents pathogènes entériques survivent généralement à des basses températures, ainsi la contrainte de conception due au climat n'est prise en considération que pour des périodes de grands froids [82]. Les filtre horizontaux sont compatibles avec les climats rigoureux, les filtres verticaux du fait de l'arrivée de l'eau à la surface sont plus sensible au froid.

Des études ont montré que le 1^{er} étage d'une station à lits à flux vertical, continue à traiter correctement les matières en suspension et matières organiques pendant plusieurs semaines de grand froid (-15C°). Pour cette même température, le deuxième étage prend en glace et une évacuation des eaux sortant du 1^{er} étage doit être prévue [52]. Pour éviter la prise en glace (fig. 1.8), le filtre doit être recouvert d'une couverture isolante faite du chaume des phragmites faucardés [33]. Par contre il n'y a aucune contrainte spécifique imposée par le climat dans les pays chauds.



Figure 0.8 : Les filtres verticaux de *Queige* en conditions hivernale et estivale [51].

1.5.1.7. La géotechnique

Les données géotechniques conditionnent les caractéristiques des l'ouvrages qui seront implantés et le mode de réalisation de ceux-ci. La conception des ouvrages tiendra compte de la présence d'une nappe phréatique, de l'inondabilité de la zone, de la possibilité d'infiltration dans le sol et des caractéristiques géotechniques. Une étude de sol approfondie est nécessaire pour apprécier ces contraintes [52].

1.5.1.8. Le colmatage

L'importance du colmatage va régir la porosité libre à l'air et à l'eau libre, conduisant à modifier les vitesses d'écoulement et de transfert d'oxygène au sein du massif. Si le colmatage permet d'augmenter les temps de contact dans l'environnement, indispensable à une bonne dégradation des polluants, il doit être limité pour maintenir des conditions de perméabilité et d'oxygénation nécessaires à la longévité du filtre. Quatre types de colmatage peuvent être notés au regard de l'expérience sur les cultures fixées sur supports fins [66]:

- Un colmatage physique. Le colmatage physique est causé par accumulation de MES. C'est le processus le plus connu et le souvent cité.
- Un colmatage biologique induit par la croissance de la flore bactérienne. Le colmatage biologique est engendré par l'occupation de la porosité du matériau par la biomasse et les sous-produits issus du métabolisme bactérien. Le colmatage biologique représente environ 25 % du colmatage physique [22].
- Un colmatage chimique. Le colmatage chimique est lié à la précipitation et au dépôt de sels (négligeable).

Un colmatage végétal accentué par le développement des rhizomes. Le développement racinaire des roseaux induit un colmatage progressif des filtres. Ce dernier n'est pleinement développé qu'après plusieurs années de fonctionnement [21]. Le caractère cumulatif des dépôts ou de l'accumulation de la biomasse au sein du massif

révèle cependant l'importance du facteur temps et de l'historique des régimes d'alimentation dans ce type de système.

La reprise de l'alimentation du filtre par bâché après une période définie de repos est efficace pour lutter contre le colmatage quelque soit l'importance de la charge organique appliquée [63]. D'après la bibliographie ce risque de colmatage est d'autant plus faible que les alimentations par bâchées sont espacées [94].

L'ensemble des études menées sur le colmatage des systèmes fait ressortir plusieurs lacunes, d'un point de vue des connaissances, qui ne permettent pas, pour l'instant, de pouvoir prévoir l'échéance du colmatage. A cela s'ajoute un manque crucial d'outils permettant de juger de l'état de colmatage des systèmes et donc, en lien avec les connaissances des phénomènes, une impossibilité de pouvoir juger de la pérennité de ces derniers et des modes de gestion à mettre en œuvre pour éviter ce colmatage [66].

1.5.2. Le dimensionnement

1.5.2.1. Filtre vertical

A) Alimentation

La vitesse d'alimentation des filtres verticaux doit être plus élevée que la vitesse d'infiltration dans le matériau, pour que l'effluent puisse être réparti sur la majeure partie du filtre (fig. 1.9). Cette répartition est favorisée par les dépôts de matière organique qui offrent une perméabilité moindre autour de la bouche d'alimentation et obligent donc l'effluent à s'infiltrer toujours plus loin et à solliciter ainsi un plus grand volume de matériau. Cependant, la vitesse de l'eau doit être au minimum de 0,6 m/s en tout point d'injection du réseau de distribution interne pour éviter les dépôts [51].



Figure 0.9: Alimentation en surface des filtres verticaux de la Station Saint Laurent (France).

Il est à noter que les surfaces des filtres doivent être équipées de plaques anti-affouillement au niveaux de chaque point d'alimentation (fig. 1.10).



Figure 0.10: Plaque anti-affouillement avec alimentation souterraine des filtres verticaux de la station d'épuration de Mauzac et Grand Castang.

B) Surface des filtres

Pour le dimensionnement des filtres verticaux on trouve deux méthodes :

- a) Pour de petite unités (<100 EH) on trouve la méthode suivante [51]:

$$A1 = 3.5 P^{0.35} + 0.6 P$$

A1 = surface du premier filtre vertical.

P = nombre d'habitants raccordés.

La surface du second filtre fera 50% de A1 si l'effluent a subi un traitement primaire, et 60% de A1 dans le cas contraire. Cela donne des valeurs comprises entre 3.2 m²/hab pour 4 hab, et 1.3 m²/hab pour 100 hab, pour traiter l'effluent brut.

- b) La méthode générale avec des règles de base du dimensionnement on trouve le tableau 1.3 suivant [52] :

Tableau 0.3: Règles de base habituelles de dimensionnement.

Surface utile totale	2 à 2.5 m ² /habitant
Dont premier étage (3 lits en parallèle)	1.2 à 1.5 m ² /habitant
Dont deuxième étage (2 lits en parallèle)	0.8 à 1 m ² /habitant

Les dimensionnements mentionnés ci-dessus s'appliquent à des populations permanentes. Ils ont été établis pour que les performances soient atteintes en saison hivernale moins favorable à l'activité biologique.

Une revanche de 30 cm minimum est à prévoir au premier étage pour tenir compte d'une hauteur de stockage de boue à terme de 20 cm et permettre une mise en charge de la surface du lit sans risque de débordement sur les filtres adjacents.

Dans le cas d'un réseau non séparatif ou partiellement unitaire, une hauteur supplémentaire est à prévoir en fonction de l'intensité et la durée de l'événement pluvieux dont on souhaite conserver et traiter le débit. Une hauteur de revanche de 50 cm au premier étage semble un bon compromis dans cette configuration. Dans ce cas et dans l'hypothèse d'une baisse anormale de perméabilité, un by-pass en surface des lits doit être prévu pour éviter des périodes trop longues de submersion des filtres.

C) Les matériaux

Les filtres de chaque étage possèdent 3 couches de fonctions (et donc granulométrie) différentes :

- Couche filtrante dans laquelle s'effectue le traitement des eaux par cultures fixées,
- Couche de transition,
- Couche drainante dans laquelle s'effectue la collecte des eaux traitées.

Pour les lits du 1^{er} étage la couche la plus active est vraisemblablement la couche superficielle de plus faible granulométrie qui est généralement du gravier fin compris entre 2 et 8 mm sur une épaisseur variant généralement entre 20 et 50 cm. Les couches sous-jacentes sont des couches intermédiaires de granulométrie plus grossière utilisées à titre de séparation pour atteindre la couche drainante très souvent constituée de galets dans une fourchette comprise entre 20 et 60 mm. Pour les couches sous-jacentes on peut utiliser les règles de Terzaghi afin d'éviter le mélange des couches et la migration des particules.

Les matériaux sables, graviers et pierres lavés et roulés utilisés doivent avoir une teneur en fines ($D < 80\mu\text{m}$) inférieure à 3% en masse, pour limiter la présence de fines pouvant colmater les espaces interstitiels, pour éviter que le matériau se tasse trop et enfin, pour fournir un milieu favorable au développement des végétaux.

Le 1^{er} étage est constitué des trois couches suivantes :

- c) i) Couche filtrante :
Gravier fin de 2 à 8 mm
Épaisseur 30cm minimum
- d) ii) Couche de transition :

Granulométrie adaptée de 3 à 20 mm

Epaisseur de 10 à 20cm

e) iii) Couche drainante :

Granulométrie adaptée de 20 à 60 mm

Epaisseur de 10 à 20 cm

Pour les lits du 2^{er} étage les matériaux de la couche supérieure seront sableux. La composition du sable doit être essentiellement siliceuse et son origine alluvionnaire. Les risques de colmatage induits par l'utilisation de sable concassés, même débarrassés de leurs teneur en fines ($D \leq 80 \mu\text{m}$), leur utilisation n'est pas actuellement suffisamment préconisée.

Le 2^{er} étage des filtres verticaux est constitué :

f) i) Couche filtrante :

Sable alluvionnaire siliceux sont préférables car à priori moins attaquables lors de l'acidification des eaux qui résulte naturellement de la nitrification.

- $0.25\text{mm} < d_{10} < 0.40 \text{ mm}$
- $CU \leq 5$
- Teneur en fines < 3% en masse
- Epaisseur 30 à 60 cm

où :

CU coefficient d'uniformité (d_{60}/d_{10}).

d_{10} diamètre laissant passer 10% de la masse d'un sable en mm.

d_{60} diamètre laissant passer 60% de la masse d'un sable en mm.

L'état actuel des connaissances est encore insuffisant. Cependant il est recommandé de ne pas dépasser une teneur en calcaire de 20% en masse (exprimé en CaCO_3).

g) ii) Couche de transition :

- Granulométrie adaptée de 20 à 40 mm
- Epaisseur de 10 à 20 cm

h) ii) Couche drainante :

- Granulométrie adaptée de 20 à 40 mm.
- Epaisseur de 10 à 20 cm

Les règles de Terzaghi fixent le d_{50} de la couche de transition (par rapport à la couche drainante) et le d_{15} de la couche de transition (par rapport au sable) selon les 2 inégalités suivantes :

$$(d_{50} \text{ drainage} / 10) \leq d_{50} \text{ transition} \leq (d_{50} \text{ drainage} / 5).$$

$$d_{15} \text{ transition} \leq d_{85} \text{ filtration}.$$

Il est à noter que, dans les climats chauds où le gel n'est pas un risque, on peut exploiter avec une profondeur de lit de 0,3 m seulement, ce qui favorise le transfert d'oxygène potentiel. Tandis que dans les climats froids le risque de gel est omniprésent, ce qui implique la nécessité d'une profondeur plus importante allant de 0.6 à 2m [21].

D) La plantation:

Les espèces de macrophytes utilisables sont à priori les mêmes que pour les filtres à écoulement horizontal, de même que le mode d'implantation. Cependant, le roseau (*Phragmites australis*) semble le mieux adapté au régime hydrique très différencié avec des périodes à secs pouvant durer une semaine sur un matériau très filtrant, d'une part et un développement uniforme sur l'ensemble de la surface et dans la profondeur des filtres, d'autre part, à la faveur de la multiplication végétative depuis les nœuds du rhizome [51].

On peut confondre les 2 espèces :

« Roseau » ou *Phragmites australis/communis* et « faux roseau » ou *Phalaris Arundinacea* dont les feuilles sont proches. Le faux roseau (*Typha latifolia*, *Phalaris arundinacea*, *Juncus effusus*, ...) est pourtant inadapté du fait de son développement racinaire en touffe à l'opposé du roseau dont le développement racinaire est en profondeur [32].

Le roseau semble encore être le plus adapté car plus résistant dans les conditions d'exploitation requises, il ne nécessite pas d'entretien particulier et assure un couvert végétal dense et monospécifique.

Le faucardage de la végétation doit se faire régulièrement. Il dépend de l'espèce planté, du climat et des eaux à traiter. Certaines espèces comme la *Panicum maximum* sont faucardés au début du stade de montaison (production de grains) tous les deux mois environ [70].

Sur la surface des filtres plantés de macrophyte à écoulement vertical, on constate que la croissance des plantes est concentrée au niveau des points d'alimentation comme le montre la figure 1.11, ci-dessous. Ainsi, pour un bon fonctionnement et une bonne répartition des plantes la densité de la plantation doit être de 4 plans/m². La photo de la figure 1.12 illustre les détails du procédé de plantation [5]. La période idéale de plantation, de façon à assurer la reprise, est le printemps. La plantation est interdite en période de gel ou de très grande chaleur [32].



Figure 0.11: Photo d'une plantation condensée uniquement au niveau des points d'alimentation.



Figure 1.12: Photo prise lors de la plantation des roseaux pour un filtre à écoulement vertical.

E) L'évacuation et l'aération

L'évacuation des eaux traitées a lieu au fond du filtre grâce à plusieurs drains en parallèles. Ces drains sont raccordés à un drain principal en bout de filtre, qui collecte la totalité des eaux traitées et assure l'évacuation vers le regard d'alimentation des filtres du 2ème étage ou le regard de sortie.

Des tubes synthétiques entaillés de fentes (diam 100 mm minimum) seront utilisés pour collecter l'effluent traité sur le fond du filtre. L'utilisation de tubes de classe de résistance élevée limitera les risques de détérioration du système de drainage. Des pentes doivent être prévues au fond du bassin de part et d'autre des drains de collecte afin d'éviter les zones de stagnation. Les orifices (fentes de 5mm de largeur sur un tiers de la circonférence, espacées d'environ 15 cm) seront tournés vers le bas [52].

Une innovation du système « aération/drainage » conventionnel, est constituée en un plancher aérant appelé **Biobloc**, figure 1.13. Ce plancher est en plastique percé de trous de 5 mm de diamètre à une densité de 1 500 trous/m². Le rôle principal de ce dispositif est d'optimiser l'aération par le fond des filtres pour fournir une quantité d'oxygène suffisante pour traiter les charges organiques et hydrauliques appliquées. Ce plancher est connecté à l'atmosphère, d'une part, grâce à l'évacuation des eaux et, d'autre part, par le biais des cheminées verticales de ventilation. Ce dispositif a été conçu pour optimiser la circulation de l'air sous le plancher aérant [10].



Figure 0.13: Photo de la mise en place d'un planché aérant pour un filtre à écoulement vertical [65].

Tous les drains utilisés dans les lits doivent être inspectables et curables tel qu'illustré par la figure 1.14. Des cheminées d'aération sont reliées à chaque drain d'évacuation par des coudes de 90° minimum. Ces cheminées sont couvertes par des bouchons spéciaux permettant l'aération et évitant l'introduction d'objets comme le montre la figure 1.15.



Figure 0.14: Pose de drains, gabions d'évacuation pour un à écoulement vertical [45].



Figure 0.15: Bornes d'aérations de la station d'épuration à filtres plantés de roseaux de Treize Septiers

1.5.2.2. Filtre horizontale

A) Alimentation et répartition

En traitement secondaire, l'alimentation des filtres horizontaux est continue et peut être permanente. En traitement tertiaire, pour une dénitrification, le filtre doit être alimenté en permanence pour être saturé et procurer les conditions d'anaérobiose nécessaires. Il est indispensable de procéder à un prétraitement avant l'alimentation du

filtre, des concentrations élevées de matières solides en suspension peuvent causer l'obstruction du lit de filtration et l'écoulement de surface ultérieurs [95]. A cet effet, l'utilisation de ce type de filtre doit être soit à l'aval d'un 1^{er} étage de filtre plantée à écoulement vertical soit à l'aval d'un autre système de prétraitement.

Les systèmes les plus utilisés pour l'équi-répartition de l'alimentation sont:

- Le système de tranchée. Ce système est un caniveau, légèrement en charge par rapport au niveau d'eau dans le lit, qui distribue l'effluent à travers un gabion de répartition, figure 1.16.

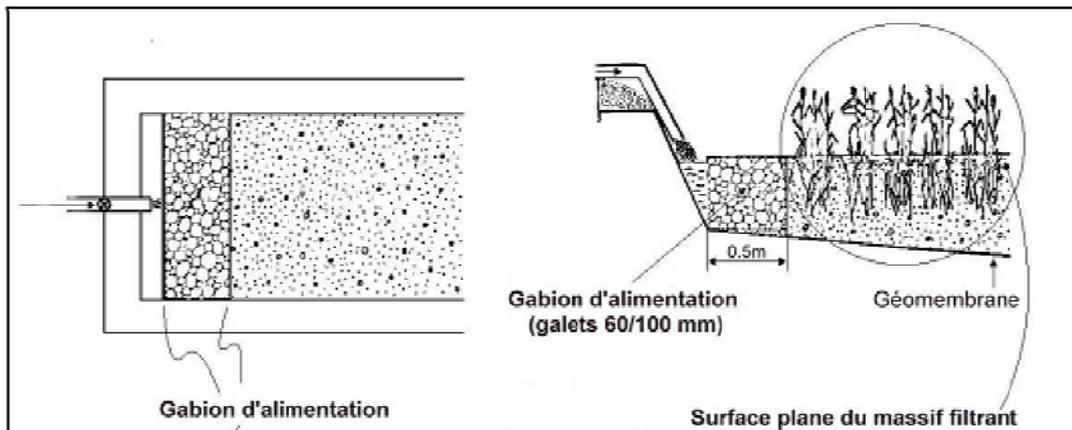


Figure 0.16: Alimentation des filtres plantés Horizontal par système de tranchée [50].

- Le système à rampe d'alimentation. Ce est constitué d'une rampe placée sur la tranche du bassin avec une multitude de points d'alimentation afin que la répartition sur l'ensemble de la tranche transversale soit la plus homogène possible, figure 1.17.



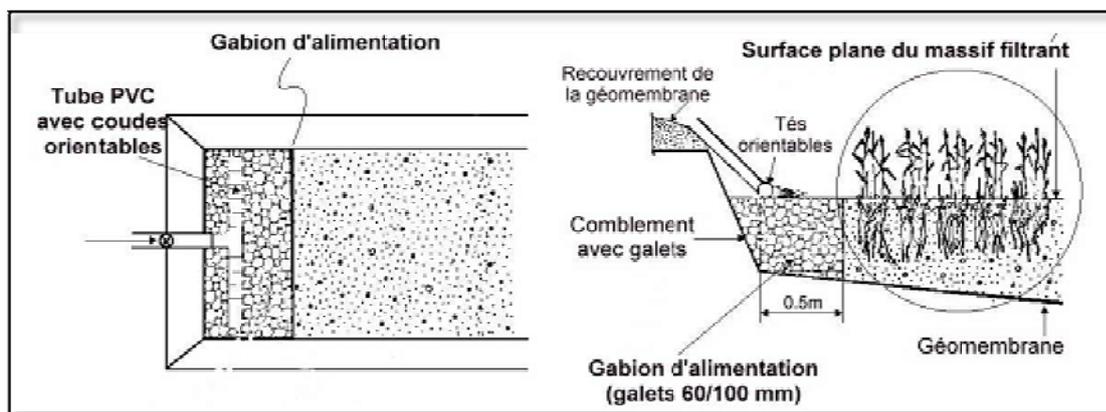


Figure 0.17 : Alimention des filtres horizontaux par rampe de répartition [50].

Il faudra, cependant, éviter d’enterrer les rampes d’alimentation à cause du colmatage possible par les rhizomes. Les gabions assurant la répartition de l’alimentation sont des galets de 60 à 100 mm avec 50 cm de longueur [52].

L’effluent doit être bien reparti sur toute la surface du drain enterré dans une large tranche de pierres qui assure la répartition en profondeur. Dans tous les cas, les systèmes utilisés doivent pouvoir être nettoyés facilement lors de l’entretien courant de la station.

B) Surface des filtres

La surface des filtres à écoulement horizontal peut être déterminée par une relation empirique suivante :

$$A_s = Q_j \frac{\ln(C_{DBOe}) - \ln(C_{DBOs})}{k_{DBO}}$$

avec

A_s : surface du filtre (m^2)

Q_j : débit moyen journalier arrivant à la station (m^3/j)

C_{DBOe} : concentration moyenne journalière en DBO5 à l’entrée (mg/l)

C_{DBOs} : concentration moyenne journalière en DBO5 souhaitée à la sortie (mg/l)

k_{DBO} est une constante (m/j) qui dépend du type d’eaux à traiter (eaux brutes, eaux traitées biologiquement...).

La surface (et, à profondeur égale, le volume) est donc directement proportionnelle au débit. Elle augmente également avec la concentration en DBO5 à l’entrée (la concentration en sortie étant très faible).

L’application de la formule précédente conduit, en fonction du type d’eaux à traiter et donc de la valeur du k_{DBO} , aux surfaces résumées dans le tableau 1.4, ci-dessous. Les

calculs ont été réalisés avec comme hypothèses : objectif de $C_{\text{DBO}_5} = 10\text{mg/l}$ $Q_j = 150\text{l/j}$ par habitant [51].

Tableau 0.4: Valeurs de $k\text{DBO}_5$ et de surfaces spécifiques en fonction du type d'eaux à traiter.

Type d'eaux	Concentration (DBO_5 mg/l)	$k\text{DBO}_5$	$\text{m}^2/\text{hab.}$
Brutes	-	-	-
Décantées	150 - 300	0.1	5
Traitées biologiquement	10 - 20	0.3	1
Surverse de réseau unitaire	-	0.3 - 0.6	0.5 à 1

Sinon devant les incertitudes qui existent pour déterminer les valeurs des constantes, en raison des différences à la fois des caractéristiques physiques et écologiques des marais ainsi que les caractéristiques des effluents (influence de la profondeur du lit, de la pente, du dispositif d'entrée et de sortie du lit, du type de végétation,...) une approche empirique a conduit à dimensionner les surfaces selon un ratio « surface par habitant raccordé ».

On retiendra, pour les deux types de traitement primaire courants (les plus utilisés actuellement), les valeurs suivantes (tableau 1.5) qui ont été déterminées de façon empirique:

Tableau 0.5: Détermination empirique de la surface spécifique du lit horizontal en fonction du traitement primaire. [52]

Traitement primaire	Surface spécifique du lit horizontal par habitant
Filtres à écoulement vertical	2 - 3 m^2 / habitant
décanteur	5 m^2 / habitant

D) Profondeur

La profondeur moyenne des filtres est de 60 cm. Elle correspond à la profondeur moyenne atteinte par les rhizomes des roseaux et donc à la hauteur optimale pour le traitement [51].

La profondeur des filtres peut atteindre 1 m en fonction de la capillarité du sol (plus la capillarité est grande plus la profondeur est rentable) et des macrophytes utilisés.

E) Largeur et longueur du filtre

La surface et la profondeur du filtre étant fixées, restent à déterminer la longueur et la largeur. Elles dépendent étroitement de la conductivité hydraulique du matériau puisque selon la loi de Darcy [51, 52]:

$$Q_j = A_c K_s \frac{dH}{dL}$$

avec

$$A_c = H \times l$$

où :

A_c : aire de la section transversale du filtre (m^2),

H : profondeur moyenne,

l : largeur,

K_s : conductivité hydraulique du matériau saturé (m/j);

dH / dL : gradient hydraulique (m/m).

K_s est une constante qui dépend du matériau; elle varie s'il s'agit de sable ou de gravier. Pour les filtres de graviers, on utilise des valeurs allant de 86 à 260 m/j (10^{-3} à $3 \cdot 10^{-3}$ m/s).

On a donc :

$$A_c = Q_j / K_s (dH / dL)$$

Si la conductivité hydraulique K_s est élevée (filtre de graviers), l'aire de la section transversale nécessaire à un bon écoulement pourra être moins importante. Le rapport L/l (Longueur/largeur) sera donc élevé et on aura des filtres plutôt longs et étroits. Dans le cas d'un filtre de sable (K_s faible), l'aire de la section transversale nécessaire à l'infiltration sera plus importante; on aura donc des filtres plus larges et assez courts.

Détermination de la géométrie du bassin par calcul itératif.

Sur la base de l'équation précédente, on calcule la section transversale A avec une première valeur du gradient hydraulique $(dH/dL)_1$. La connaissance de la profondeur (0.6m) permet alors de déterminer une largeur l_1 . On déduit alors une longueur L_1 à partir de la valeur de la surface horizontale S . On peut alors déterminer la hauteur de sortie de l'effluent $H_1 = (dH/dL)_1 * L_1$. La pente utilisée sur le fond des filtres horizontaux est d'environ 1% [55]. La figure 1.18 montre ces détails.

Cependant, selon des études la surface des filtres doit être légèrement ascendante, avec une pente de 0.5 à 2 % et une différence de niveau maximale de 100 mm. Ceci

permet d'atténuer les écoulements de surface et force le passage de l'eau dans le massif filtrant.

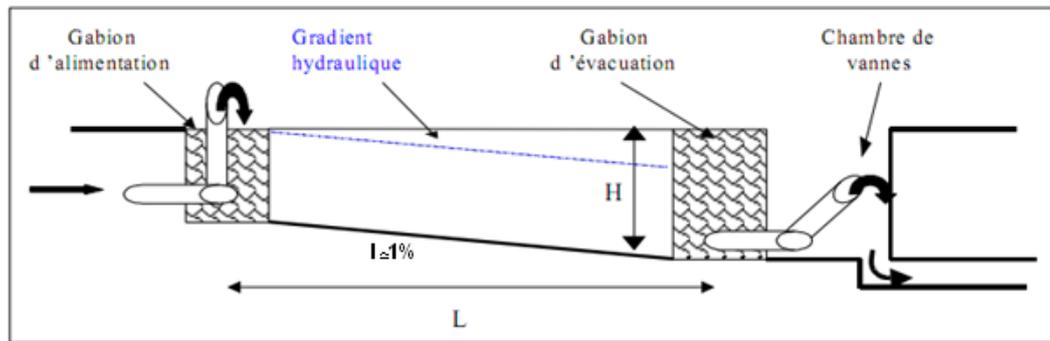


Figure 0.18: Dimensions types d'un bassin à écoulement horizontal [52].

F) La plantation

Les plantes telles que la Massette, Quenouille (*Typha* sp.), le Jonc des chaisiers (*Scirpus lacustris*) ou l'Iris des marais (*Iris pseudacorus*) sont moins employées puisqu'elles sont moins adaptées aux conditions hydriques des filtres et plus sensibles à l'alternance de périodes en eau et de périodes sans eau. Elles sont rarement utilisées pour le premier étage de traitement dont le mode d'exploitation crée des conditions peu favorables à leur développement, mais elles sont présentes régulièrement sur les étages suivants où l'eau est plus claire. Certaines d'entre elles ont des particularités spécifiques intéressantes. Par exemple, le Jonc des chaisiers est capable d'assimiler de grandes quantités d'azote, ce qui peut être intéressant dans le cas d'un traitement tertiaire ; il a cependant l'inconvénient de se fragiliser quand il a absorbé trop d'azote et de verser facilement ce qui favorise le développement de plantes adventices. L'Iris des marais peut, quant à lui, fixer des métaux lourds en grandes quantités, mais ceux-ci sont peu ou pas présents dans les eaux domestiques ; il présentera un intérêt, par contre, dans le traitement des eaux de ruissellement.

G) Les matériaux

L'expérience acquise, à nos jours, dans la réalisation des lits à écoulement horizontal est insuffisante. On peut, cependant, utiliser la norme autrichienne ONORM B2505 qui propose d'utiliser une granulométrie de 4 à 8 mm lorsque le lit reçoit des eaux décantées. Pour un lit installé en complément de traitement à l'aval de filtres à

écoulement vertical, on pourra utiliser une granulométrie plus fine (1-4 mm par exemple).

H) L'évacuation

Les dispositifs d'évacuation doivent permettre de caler la ligne d'eau dans le massif filtrant à partir de 5 cm sous le niveau des matériaux de garnissage comme le montre la figure 1.19. Il conviendra d'ajuster le niveau de sortie selon les circonstances (pointes hydraulique, fort vieillissement de la perméabilité) pour éviter des écoulements superficiels. Des drains en tubes synthétiques (diamètre 100mm minimum) seront utilisés pour collecter l'effluent traité dans le gabion d'évacuation ou une tranchée drainante remplie des granulats grossiers (60 à 80mm) sur toute la largeur du lit (fig 1.20) [52].

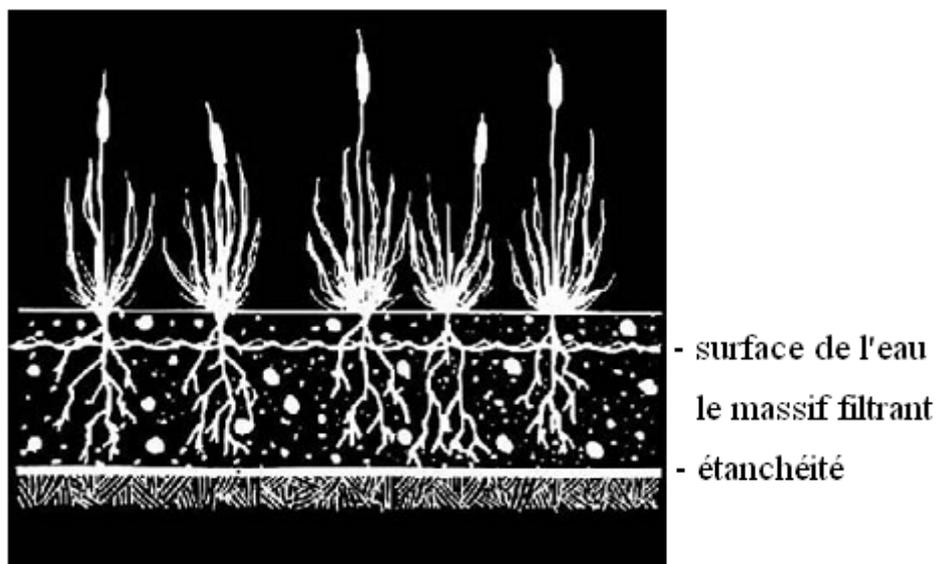


Figure 0.19: Ligne de saturation d'eau dans un filtre horizontal [81].



Figure 0.20: Evacuation des eaux épurées par les drains.

1) L'étanchéité :

Les filtres à écoulement vertical, caractérisés par un fonctionnement en conditions non saturées et alimentés par bâchées, ont une emprise au sol moindre que celle des bassins de lagunage et les filtres à écoulement horizontal. Néanmoins les deux types de filtres doivent être étanchéifiés. Si le sol est argileux, l'étanchéification peut se faire par compactage de l'argile sur une épaisseur minimal de 0.3 m. En outre, une membrane en PVC ou en Poly Ethylène (Haute ou Faible densité) peut être ajoutée pour éviter le mélange des matériaux et la remontée de fines dans le sable ou le gravier. Toutefois, une couche de sable d'environ 2 cm d'épaisseur peut remplacer la fonction de cette membrane. La membrane est, cependant indispensable, dans les terrains non argileux. La mise en place de cette dernière est illustrée par la figure 1.21. Les épaisseurs des membranes dépendent de leur constituant de base : 1mm pour le PVC et le PP (Polypropylène), 1.5 mm pour le PEHD, 1.14mm pour l'E.P.D.M. et 3 mm pour le bitume [52].

La géomembrane doit être doublée d'un géotextile pour éviter les poinçonnements lors de la phase de réalisation, par les engins et la pose des granulats, et pendant la phase d'exploitation, par les rhizomes des roseaux et le frottement des granulats. Néanmoins, les essais d'étanchéité de la géomembrane doivent être effectués avant le remplissage des granulats. Cette phase est illustrée par la figure 1.22. L'utilisation du béton pour les bassins est une solution envisageable mais reste à évaluer le cout de la réalisation. Les étages de finition peuvent ne pas être étanchéifiés à condition que le milieu récepteur ne soit pas trop sensible (étude de cas doit être prise en compte).



Figure 0.21: Mise en place de la géomembrane.



Figure 0.22: Essai d'étanchéité du bassin avant le remplissage des couches filtrantes [97].

1.6. Investissement

Les systèmes de phytoépuration offrent une solution économique et durable pour l'épuration des eaux usées. L'investissement n'est pas aussi élevé que pour une S.T.E.P. classique avec bassins en béton, des pompes, etc. Un filtre à phragmites à lits verticaux, système le plus coûteux, revient, pour 1000 habitants, moitié moins cher qu'une station d'épuration classique [33]. La simplicité de ces systèmes permet également de diminuer notablement les interventions de la maintenance. Enfin, il ne faut pas négliger les autres avantages, matériels et immatériels : pas de bruit, ni d'odeurs, ni de consommation d'énergie, plus-value paysagère et écologique...

1.7. Conclusion

Les stations d'épuration à macrophytes rentrent dans le cadre du développement durable; c'est d'ailleurs l'intérêt majeur de ce type d'installations. Ces stations d'épuration sont conçues à la manière de jardins d'eau, avec une grande diversité de plantes vivaces, et des étagements en terrasses respectant la déclivité du terrain naturel dans la mesure du possible et l'intégration harmonieuse dans le paysage.

L'entretien de telles stations est de même nature que le jardinage courant, et le personnel technique d'une collectivité peut aisément s'en occuper.

Ces stations assurent une exploitation fidèle aux préconisations (comme l'alimentation alternée, le coup d'œil régulier sur le circuit hydraulique), aussi, les problèmes des odeurs et d'insectes comme les moustiques ne se posent pas : l'aération-oxygénation en est la clé.

Il est possible, et souvent préférable, de traiter les eaux usées brutes en tête de station, sans décantation préalable : les matières filtrables amenées par les eaux (papier, matières fécales, etc.) se déposent en surface des lits du 1^{er} étage et constituent ainsi une couche de filtration fine, qui se 'composte' et se minéralise progressivement.

A la différence des systèmes conventionnels, il n'y a pas de production de boues, mais qu'un résidu peu volumineux, sableux et minéralisé, à l'aspect de terreau sur le 1^{er} étage de traitement (1,5 cm par an). Il n'y a donc pas de problème de stockage ou de traitement de déchets (un simple raclage de la surface du 1^{er} étage tous les 10 ans suffit).

L'application d'une filière plantée de macrophytes, du fait de la diversité des facteurs de dégradation mis en jeu, est adaptée à un large éventail d'effluents toujours avec une épuration écologique c-à-d sans produit chimique.

Les stations d'épuration plantées de macrophytes s'adaptent facilement aux regroupements d'habitations isolés (hameaux, lieux-dits), favorisent la création de la faune et la flore dans la région et offrent ainsi une alternative pertinente à la construction de réseaux de collecte coûteux. De plus, ces filières n'ont besoin que d'un environnement technique simple (clôture, zones de circulation rustiques, cabanon technique). Une petite entreprise de construction peut facilement assurer la réalisation de ce type de station.

En raison de sa rusticité, ce procédé réduit grandement le coût de la maintenance et la consommation d'énergie, permet éventuellement une revalorisation des eaux usées par l'irrigation des terres agricoles si le traitement est optimal et le type de culture le permet.

En été, moment de l'année où les milieux récepteurs doivent être particulièrement protégés, les zones tampons plantées d'arbres offrent la possibilité de réduire sensiblement le volume et l'impact des rejets.

Chapitre II

DESCRIPTION ET ETAT DES LIEUX DE LA ZONE D'ETUDE

2.1. Introduction

Dans notre pays, l'assainissement est un service public dont les préoccupations, pourtant complexes et délicates, n'ont jusqu'à présent pu occuper qu'une seconde place après l'alimentation en eau potable. Sans moyens d'accompagnement et laissé aux soins d'une organisation communale dépassée par d'autres priorités sociales, les problématiques d'assainissement ont fini par s'amplifier, augmentant sensiblement le risque de pollution.

La localisation et la caractérisation des points de rejets (dans les milieux récepteurs) constituent des paramètres primordiaux d'étude qui permettent de donner une vision assez claire sur le degré de pollution de la zone d'étude et ainsi orienter le choix du système d'épuration adéquat à utiliser pour traiter les affluents.

Dans ce chapitre, on introduit tout d'abord les caractéristiques générales de la zone d'étude par contre on porte plus d'intérêt à l'étude de l'assainissement. Ainsi, on donne une description détaillée de l'état des rejets d'eaux usées domestiques et industriels. Ceci nous permet d'avoir une idée globale sur les zones les plus menacées par la pollution et nous permet de justifier l'intérêt d'implanter des stations à filtres plantés de macrophytes dans certaines communes. L'impact des rejets d'eaux usées en milieu naturel, sur la santé humaine est ensuite abordé. Enfin, on étudie avec détail la région de Tlemcen avec une localisation, exacte, faite par un System d'Information Géographique, des points de rejets non pris en charge par la station d'épuration existante. Ceci nous permet de déterminer les points de pollution à risques potentiels de contamination des ressources en eau souterraines et superficielles. Les points de rejet les plus dangereux sont enfin mis en relief en se référant à une carte de vulnérabilité à la pollution de cette région.

2.2. Description de la zone d'étude

2.2.1. Délimitation de l'aire d'étude

L'aire d'étude regroupe les régions du bassin versant hydrographique de la Tafna et les Côtiers Oranais (appelé aussi Côtiers Occidentaux) qui se trouvent dans la wilaya de Tlemcen. Les communes concernées et la délimitation de cette zone d'étude sont données dans les figures 2.1 et 2.2. Cette aire englobe la quasi totalité du territoire de la Wilaya de Tlemcen en excluant la partie S.T.E.P.pique qui compte cinq communes ; deux communes de Ain Tallout et El Gor se situant dans le bassin versant hydrographique Mekarra et trois communes de El Aricha, Sidi Djillali et El Bouihi se situant dans le bassin versant hydrographique Chott-Chergui. Les détails des sous bassins et des superficies d'études sont donnés dans le tableau 2.1.

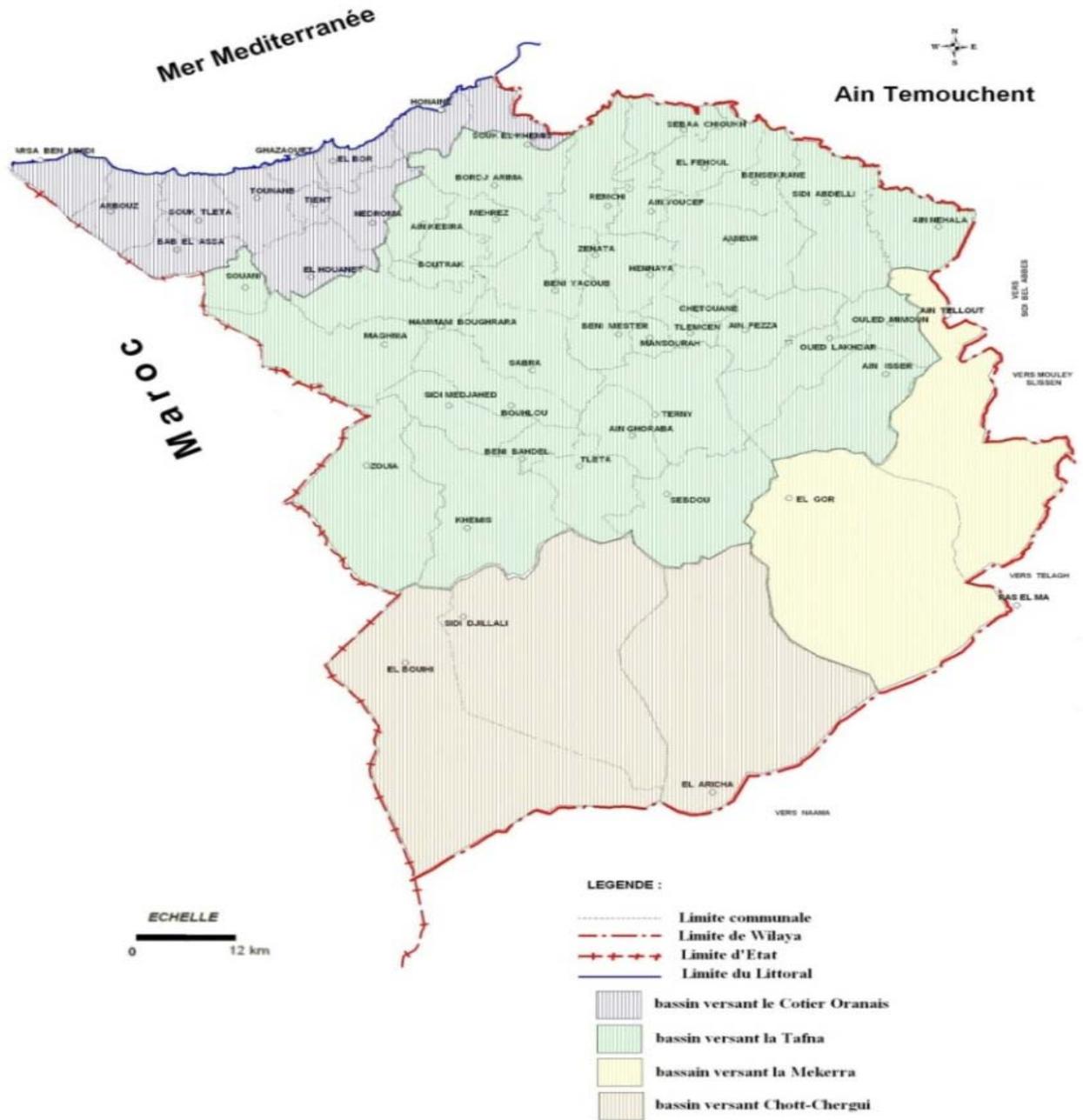


Figure 0.1 : Répartitions des bassins versants dans la Wilaya.

Tableau 0.1 : Les sous bassins versants de la zone d'étude [9].

Bassins Hydrographiques régionaux	Sous bassins	Superficie dans la wilaya de Tlemcen km ²	Code S/bassin	S/sous bassins et oueds des Bassins Hydrographiques	wilaya
Côtiers Oranais (Code 04)	Côtier Oranais Occidental 01S/bassin	415	401	O.Kiss O.Khoudra O.El Marsa O.Bouache O.El Mzab O.El Krecheb O.Oueddane	Tlemcen
Tafna (Code 16) 7245 km ²	08 S/bassins	5340	16.01 16.02 16.03 16.04 16.05 16.06 16.07 16.08	O.Mouillah Amont O.Mouillah Aval O.Méhaguene(Boughrara) O.Tafna Amont O.Boukiou(Tafna) O.Cédra (Isser) O.Sikkak (Isser) O.Dahmane (Tafna)	Maroc Maroc Tlemcen Tlemcen Tlemcen Tlemcen Tlemcen A.Témouchent

2.2.2. Densité et répartition de la population

L'accroissement de la population par commune au niveau de la wilaya de Tlemcen, représenté par la figure 2.2, ci-dessous, fait ressortir une évolution importante et continue dans les communes du G.U.T., d'Hennaya, de Maghnia, de Remchi et de Sebdu. Cette évolution est moindre au niveau des communes de O. Mimoun, de Sabra, de Souahlia et de Beni Mester. La densité et son évolution sont, par contre, relativement

négligeable au niveau de la zone S.T.E.P.pique. Les détails de la population et de sa densité dans la zone d'étude sont donnés dans le tableau 2.2 selon le R.G.P.H. de 2008.

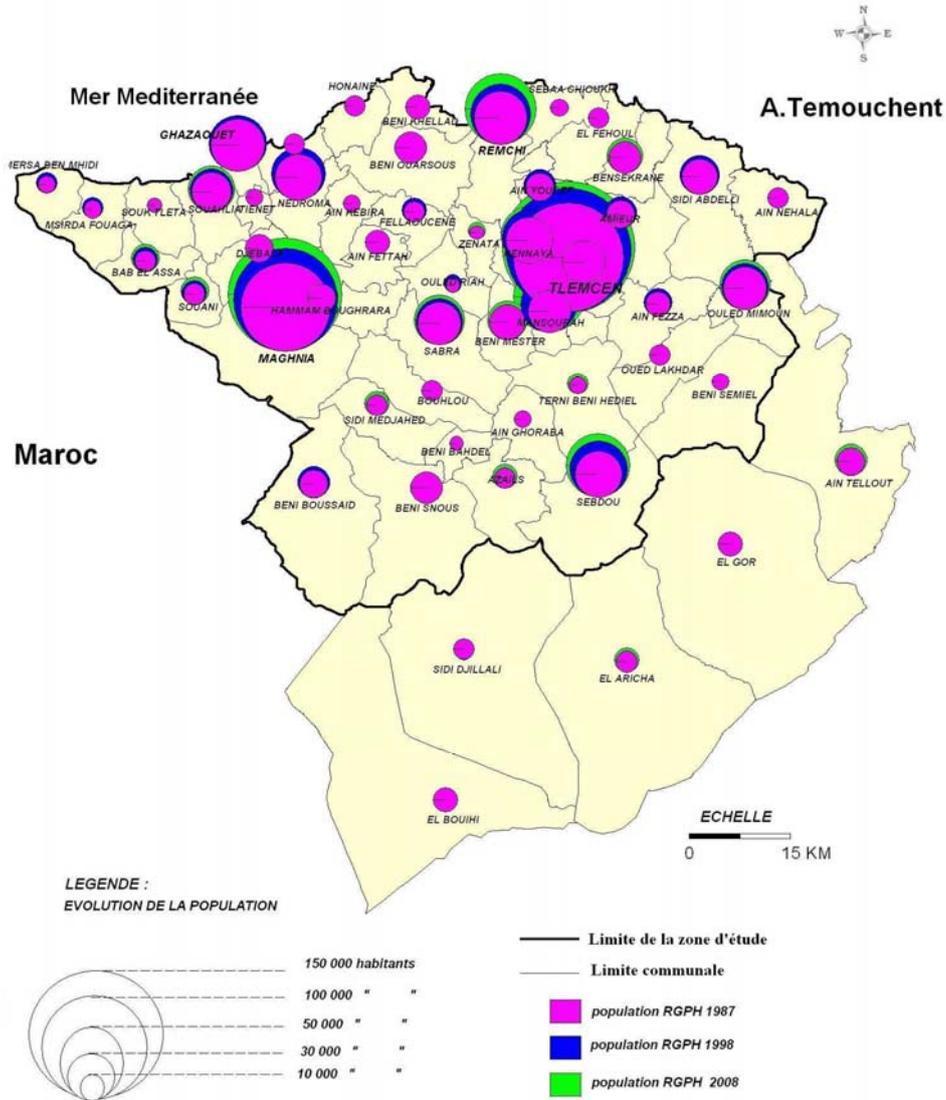


Figure 0.2: Evolution de la population par commune R.G.P.H. du 87/98/2008 [9].

Tableau 0.2 : La répartition de la population de la zone d'étude [9].

Désignation	Population R.G.P.H. 2008	%	Superficie [48] km ² .	%	Densité hab/km ²
Zone d'étude	933026	96.6	6088.91	67.6	153
Zone S.T.E.P.pique (non comprise dans l'étude)	32 734	3.4	2928.78	32	11
Total wilaya	965 759	100	9017.69	100	107

2.2.3. Géologie de la zone d'étude

La zone d'étude fait partie du domaine tellien, elle est incluse dans le domaine externe de la chaîne alpine et constitue les confins occidentaux des bassins littoraux néogènes de l'Algérie [59]. La carte géologique de la zone d'étude est donnée dans la figure 2.3, ci-dessous.

2.2.3.1. Les monts des Traras

La bande littorale et en particulier les monts de Traras sont formés de roches sédimentaires plissées autour de noyau cristallin du Djebel Fillaoucène (1136 m). Les Traras sont caractérisés par des affleurements rocheux très variés, où dominent les argiles, les marnes, qui augmentent l'effet érosif en l'absence de couvert végétal et quelques affleurements durs sur les sommets calcaires ou granites. Ils comportent des épandements et coulées volcaniques récentes d'âge mio-pliocène, liées à des mouvements récents. Ils se raccordent vers l'Est par les Monts des Sebaa Chioukh, au-delà de Béni Saf aux chaînes telliennes du Tell oranais (Tessala). Les formations superficielles sont marquées essentiellement par les encroûtements calcaires sur les versants et les formations alluvionnaires dans les fonds des vallées et des dépressions qui constituent ainsi le domaine de l'arboriculture traditionnelle de montagne [9].

A) Les bassins intérieurs et les plateaux

Ils sont caractérisés par de fortes accumulations de formations alluviales anciennes. Ils sont recouverts d'un épais manteau de dépôts alluviaux marins d'âge miocène, puis lacustres au Nord, d'âge plus récent. Pliocène le relief est fortement disséqué en lanières par les petits affluents de la Tafna venant heurter la chaîne côtière, avant de rejoindre l'Oued Tafna en traversant la chaîne en gorge, particulièrement illustrée par la

trouée en amont de Fatmi Larbi (au carrefour de la RN 22 Honaïne). Les encroûtements sont bien développés et les sols généralement profonds. Les formations alluviales récentes sont localisées le long des vallées, en particulier celle de la basse Tafna. C'est le domaine de l'agriculture moderne par excellence, aussi bien pour les périmètres irrigués que pour la petite irrigation avec le développement des maraîchages et des agrumes. C'est aussi dans ces plaines que se sont développées les grandes cultures céréalières, la vigne et l'arboriculture [9].

B) Les monts de Tlemcen :

Les corrélations séquentielles étendues notamment à l'Atlas saharien occidental ont permis de mettre en évidence de grandes divisions ou coupures limitant des mégarythmes. Ceux-ci sont constitués dans les monts de Tlemcen par [13]:

les grès de Bou Medine (Oxfordien supérieur-Kimméridgien supérieur),

la série carbonatée du Jurassique supérieur dont l'âge s'échelonne du Kimméridgien supérieur au berriasien inférieur,

les argiles de Lamoricière (Berriasien moyen-Valanginien).

De façon générale, ces ensembles représentent les gradins supérieurs du bourrelet atlasique formés de plateaux karstiques constitués de calcaires jurassiques plissés s'élevant rapidement en escalier, le long de flexures et failles de 800 m (Tlemcen) des plateaux des Béni Ournid et des Béni-Snous et du plateau de Sebdoou jusqu'à des sommets atteignant 1800 m sur leur bordure méridionale dominant les Hautes Plaines S.T.E.P.iques (mont de Tenouchfi). Ces monts sont caractérisés par l'affleurement de formations calcaires qui font la richesse de cette zone en sites naturels et en ressources en eau qui alimentaient les principales sources du « Haouz » de Tlemcen. Cet ensemble est l'un des domaines forestiers les plus importants de cette zone.

On constate une diversité des formations géologiques suite à la carte géologique de la zone d'étude représenté ci-dessous [9].

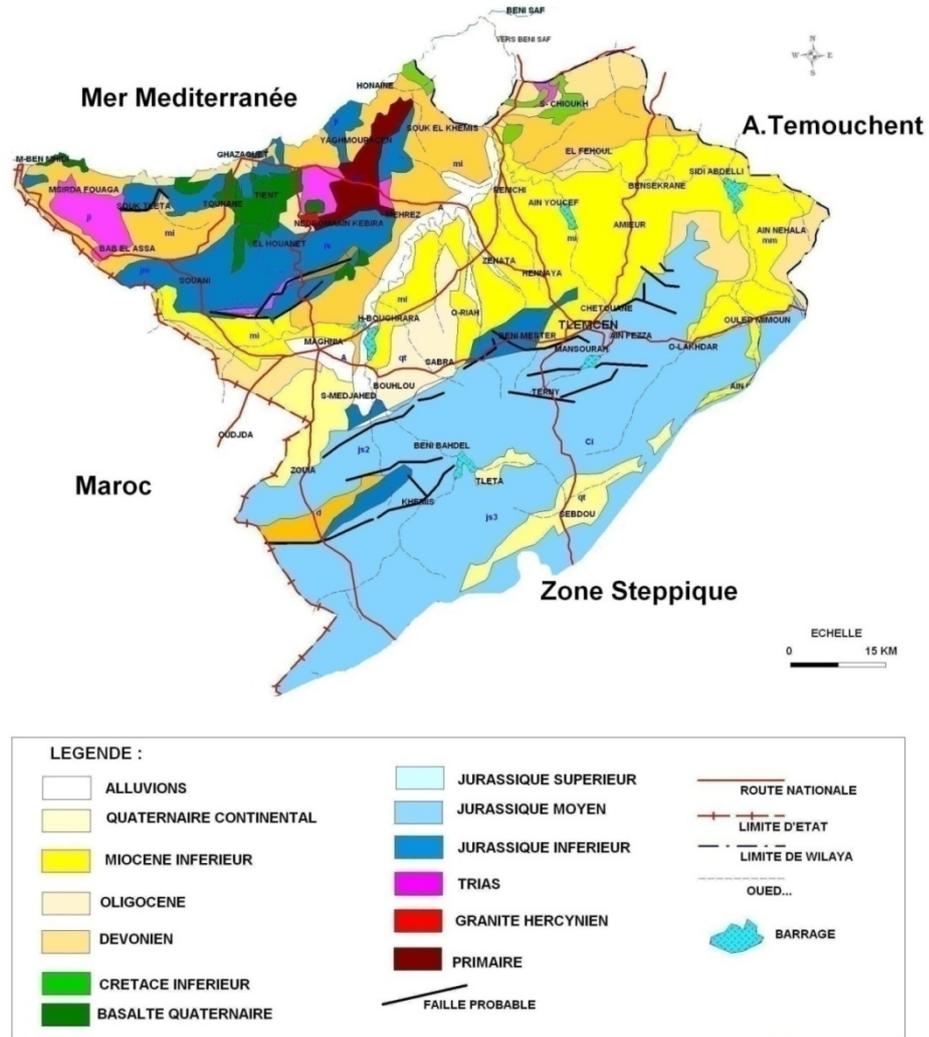


Figure 0.3: Carte géologique de la zone d'étude [9].

2.2.4. Climat de la zone d'étude

Le climat de l'Atlas tellien présentera donc tous les degrés intermédiaires entre un climat de montagne pluvieux, froid à amplitude thermique relativement faible avec chute de neige et un climat de plaine plus sec relativement chaud et à forts écarts thermiques. La région de Tlemcen se trouve entre deux domaines géographiques constatés : les monts de Tlemcen au Sud et la zone des plaines qui s'étendent vers le Nord [14]. La partie orientale du bassin de la moyenne Tafna se trouve dans le deuxième domaine.

La plus récente étude sur les précipitations et températures date de 2006 [14bis] ; il a été constaté dans cette étude que les mois les plus pluvieux sont (sur les monts de

Tlemcen et leurs piémonts Nord), Novembre, décembre, janvier, et mars. Les températures enregistrent un minimum en janvier et un maximum en juillet et/ ou en aout. Il a été conclu que les stations les plus arrosées se trouvent aux altitudes les plus élevées (station Hafir ; 670mm/an (sur 16ans), station d'El Mefrouch ; 640mm/an (sur 17ans) [14 bis].

Ces trois dernières décennies, l'Algérie et l'ouest algérien en particulier connaissent un déficit pluviométrique sans précédent. A.Bouanani en 2003 a travaillé sur les variations climatiques et les conséquences hydrologiques sur le bassin versant de la Tafna et a déduit que la diminution moyenne des totaux annuels des précipitations entre les périodes 1923/38 de Seltzer et récente 1970/98 s'élève à environ 100mm [59].

2.2.5. Réseaux hydrographiques

L'arrangement du relief et du réseau hydrographique suit les importantes modifications des roches au cours des ères géologiques. En conséquence leurs effets ont permis la naissance d'un réseau hydrographique important (fig. 2.4). Notre zone d'étude comprend deux espaces orientés différemment vers la mer :

Le premier espace hydrographique, les Côtiers Oranais Occidentaux, un des trois sous bassin des Côtiers Oranais, longeant le littoral sur une superficie de l'ordre de 415 km², correspond aux versants Nord des Monts de Traras ou prennent naissance les oueds du sous bassin avant de s'écouler vers la mer tout en déversant un volume annuel variant de 16.6 à 18.65 Hm³ /an [9].

Le deuxième espace qui est le Bassin de la Tafna, représente l'aire de drainage des principaux Oueds et des principaux réservoirs de la région. Il rassemble 8 sous bassins sur une superficie de 7 245 km² dont 6 sous bassins sont contenus en grande partie dans la wilaya et 2 sous bassins sur le territoire marocain sur une superficie de plus de 1900 km².

L'oued Tafna est un cours d'eau de 170 km de long, il prend sa source dans les Monts de Tlemcen. Le cours de cet oued peut se subdiviser en trois parties : la haute Tafna, la moyenne Tafna et la basse Tafna [23].

La haute Tafna : l'oued prend naissance dans les Ouled Ouriach et s'affirme après la jonction d'un grand nombre de ramifications creusées dans les terrains jurassiques et descendent de crêtes atteignant 1500m. Ces ramifications se réunissent aux environs de Sebdou à une altitude d'environ 900m. A partir de cet endroit et jusqu'à Sidi Medjahed, l'oued suit un cours dans une vallée encaissée creusée dans les terrains jurassiques. Dans

cette région montagneuse, l'oued Tafna reçoit l'oued Khemis (rive droite) et l'oued Sebdu (rive gauche).

La moyenne Tafna : à partir de Sidi Medjahed, l'oued pénètre dans le bassin tertiaire et coule dans une vallée peu profonde dans des terrains plus ou moins argileux, Cette partie du bassin tertiaire est sillonnée par de nombreux affluents parmi lesquels certains sont importants :

- Sur la rive gauche: les affluents sont moins importants que sur la rive droite, seul l'oued Mouilah qui prend naissance au Maroc est remarquable par son parcours et son débit. L'oued Boukiou, moins important, prend naissance dans les monts des Traras pour rejoindre le cours de la Tafna dans la plaine des Ghosel.

- Sur la rive droite: la Tafna reçoit l'oued Boumessaoud, l'oued Zitoun et enfin l'oued Isser, affluent le plus important par son long parcours que par son fort débit. L'oued Isser prend naissance dans les terrains jurassiques des monts de Tlemcen et s'étend ainsi vers l'Est de la région de la haute Tafna. A son entrée dans le bassin tertiaire, il est grossi au Nord d'Ouled Mimoun par l'oued Lakhdar (Ex oued Chouly) (rive gauche) et l'oued Aïn Tellout (rive droite). Au Nord de la plaine d'Ouled Mimoun, il traverse la petite plaine d'El Fehoul. A l'extrémité occidentale de cette plaine, il reçoit sur la gauche un cours d'eau assez important : l'oued Sikkak, descendu du plateau de Terny.

La basse Tafna: le cours inférieur de la Tafna s'étend depuis les gorges de Tahouaret vers le village de Pierre Chat jusqu'à la plage de Rachgoune en mer Méditerranée, sur une distance de 20 km.



Figure 0.4: Réseaux hydrographiques et bassin versant de la zone d'étude [9].

2.2.6. Le relief de la zone d'étude

Les monts de Tlemcen constituent le principal relief entre la mer méditerranée et les hautes plaines Oranaises. A l'Est, ils sont relayés par les monts de Daïa et à l'Ouest, par le moyen Atlas Marocain.

C'est une barre montagneuse d'une altitude moyenne de 800 à 1400 m d'altitude qui domine largement les zones Nord des régions de plaines et de collines douces (plaines de Maghnia, de Hennaya, de Sidi Bel Abbes, plateau de Zenata, de Sidi Abdelli,... de 300 à 600 m d'altitude). Les formations qui constituent les monts de Tlemcen s'envoient progressivement au Sud, sous les dépôts continentaux des hautes plaines d'une altitude qui varie de 1100 à 1200 m [35].

Entre les monts de Tlemcen et la mer, les monts des Traras, bien que beaucoup moins élevés (ils culminent à 1081 m au Djebel Fillaoussene) et de faible largeur, constituent une barrière efficace pour les pluies. Ceci explique l'aridité de plaine de Maghnia [35].

2.2.7. Ressource hydrique de la zone d'étude

2.2.7.1. Ressources en eaux superficielles

La région d'étude détient actuellement un potentiel en eaux superficielles de $308 \text{ hm}^3/\text{an}$, estimé uniquement sur la base des apports des sous bassins mobilisables intégrés au bassin de la Tafna (fig.2.5). Ce potentiel a toujours représenté l'essentiel de la réserve de la wilaya de Tlemcen et du système hydraulique ouest constitué par les divers transferts approvisionnés par ces barrages. Ces ressources superficielles ont été sujettes depuis plus de deux décennies à des fluctuations extrêmes passant de $68,80 \text{ hm}^3$ en 2002 à $30,80 \text{ hm}^3$ en 2003, puis à 189 hm^3 en 2004 et $59,924 \text{ hm}^3$ en 2007. Après qu'elles aient connues une baisse critique qui ressort des données des réseaux d'observation et de jaugeage des écoulements, ces ressources superficielles ont manifesté une remontée extraordinaire à $101,208 \text{ hm}^3$ en 2008 [9].

La région a donc vu ses barrages atteindre des seuils critiques jusqu'à la fin de l'année 2008, une date qui a marqué un retour pluviométrique annuel surprenant. Passant de moins 300 mm pour l'année 2007 à plus 660 mm pour 2008, la pluviométrie s'est traduite par des taux extrêmes de remplissage des barrages à partir des mois de janvier-février 2009.

Au mois de mars 2009, la mobilisation des barrages a enregistré un volume de $335,161 \text{ hm}^3$. Ainsi, pour les trois années d'après, la wilaya de Tlemcen, principale bénéficiaire de ces ressources a disposé d'un temps de répit qui lui a permis de profiter de cette réserve hydrique. Cette situation ne doit pas néanmoins lui faire oublier les durs moments de crise.

Les retenues collinaires sont de petits ouvrages en terre destinés à emmagasiner des quantités d'eau peu importantes variant de 10.000 à 100.000 m^3 . Les volumes d'eau mobilisés par ce moyen sont surtout destinés à la mise en valeur agricole à petite échelle et l'abreuvement du Cheptel. Un programme de l'année 1985 à 2000 a permis la réalisation d'un grand nombre de ces petits ouvrages mais de conséquence peu positive, puisque nombreux sont ceux qui se sont envasés et sont devenus non fonctionnels [15].

Le tableau 2.3 nous informe sur les ressources en eaux superficielles mobilisées au niveau des barrages dans la zone d'étude [9].

Tableau 0.3: Ressources en eaux superficielles de la zone d'étude [9].

Barrages	prévisions mobilisation pour 2010 hm ³ /an	Mobilisation réelle en 2008 hm ³ /an	Mobilisation mars 2009 hm ³ /an	Mobilisation hm ³ /an pour l'irrigation
Béni Bahdel	48	14,249	55,061	0
Meffrouche	17	0,788	15,012	0.019
Sidi Abdelli	50	3,618	74,898	0
Sikkak	11	7,703	25,508	0
H.Boughrara	59	74,850	164,688	0
Souani, prise du Kef	4	-	-	-
Total	189	101,208	335,161	0.019

Le tableau ci-dessous représente les petits ouvrages de mobilisation des ressources en eaux superficielles à savoir les retenues collinaires et les petits barrages [40].

Tableau 0.4: Les petits ouvrages de mobilisation PB et RC de la zone d'étude.

N°	Commune	Nom	Type	MES	Capacité en hm ³	Etat	Sup Irriguée en ha
1	Ouled Riah	Oued Atchane	PB	1990	0,5	Moyen	10
2	Sidi Abdelli	Tiloua	PB	1990	0,35	Moyen	10
3	Sidi Senouci	Sidi Snousi	PB	1984	0,4	Moyen	66
4	Sidi Senouci	Chaabet Alia	PB	1980	0,4	Moyen	10
5	Amieur	Oued Gettara	PB	1990	0,3	Moyen	0
6	Zouia	Oued Aich	PB	1991	0,75	Moyen	50
7	Ouled Mimoun	Oued Khalfoun	PB	2004	1,00	Bon	30
8	Beni Boussaid	Oued Zouia (Tizi)	PB	2007	2,00	Bon	20
9	Ain Tallout	Bahloula	PB	En cours	0,85	///	150
10	Beni Snous	Beni Snous	RC	En cours	0,1	///	20

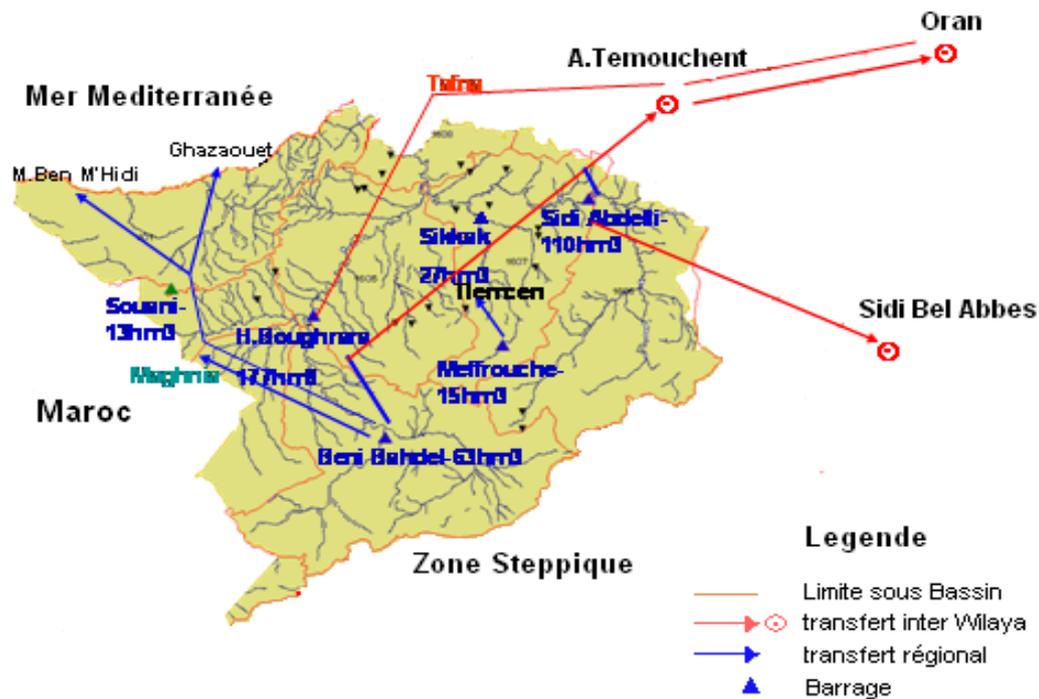


Figure 0.5: Ressources en eau superficielles et ouvrages de transfert dans la zone d'étude [9].

2.2.7.2. Ressources en eaux souterraines

La diversité des espaces physiques délimitent des formations hydrogéologiques d'âge et de nature lithologique divers et complexes dans lesquelles les eaux souterraines ont de tous temps circulées tout en constituant de véritables réserves. A défaut d'études approfondies couvrant l'ensemble du territoire, ces formations et leurs ressources en eau souterraines continueront de renfermer encore beaucoup d'inconnues. Les études effectuées ont pu mettre en évidence les unités hydrogéologiques suivantes fig. 2.6):

A.1) Les Monts de Tlemcen [9]

Cette unité est limitée au Nord par les Monts de Traras, à l'Ouest par la frontière, à l'Est par la Plaine de Sidi Bel Abbès et par le Chott-Chergui au Sud. Cette unité est caractérisée par des reliefs montagneux qui culminent au Djebel Tenouchfi à 1843 m et dont l'altitude et la topographie configurent un réseau hydrographique appréciable et bien arrosé grâce à la pluviométrie la plus élevée de la région, variant entre 500 et 700mm/an [9]. Les principaux oueds que sont O.Tafna, O.Mouillah et O.Isser y forment les principaux drains d'alimentation de cette formation.

Les Monts de Tlemcen sont constitués par des affleurements de calcaires et surtout de dolomies du jurassique supérieur, bien karstifiés, permettant l'infiltration de volumes considérables d'eaux pluviales. Cette eau karstique refait surface à travers un nombre élevé de sources que compte ce massif dont l'importance de la couverture végétale, notamment les forêts du Sud-ouest, diminuent considérablement les effets érosifs.

Cette unité capte un volume infiltré important dont les estimations varient de 30 Hm³/an à plus de 50 hm³/an, d'où tout l'intérêt et la priorité de mener des investigations plus approfondies, pour une meilleure connaissance de l'unité [9].

A.2) Les Monts des Traras

D'une altitude moyenne variant de 500 à plus de 1000 mètres, les Monts de Trara culminent à 1081 mètres au Djebel Fellaoucène et forment un anticlinal qui se prolonge à travers les monts de Béni Zenassen (Maroc). Les Monts de Trara sont limités au Nord par la mer, à l'Ouest par la frontière, au Sud par la plaine de Maghnia et à l'Est par la vallée de la Tafna. Ils se caractérisent par une géologie très complexe composée essentiellement de calcaire, de marne et de calcaire marneux.

Les formations prédominantes sont les calcaires jurassiques et les roches volcaniques. Les calcaires du lias constituent les principaux aquifères dont les volumes sont estimés à 6,5 Hm³/an [9].

A.3) La plaine de Maghnia

Cette unité est limitée au Nord par les Monts des Traras, à l'Ouest par la frontière, à l'Est par la vallée de la Tafna et par les Monts de Tlemcen au Sud. La plaine de Maghnia abrite une formation alluviale plio-quadernaire alimentée latéralement par les eaux provenant des calcaires jurassiques supérieurs des Monts de Tlemcen, et pouvant contenir des ressources en eaux non négligeables qui réapparaissent en surface à travers des sources. Ainsi elle est prolongée par la nappe de Zriga au Nord-Ouest de même formation mais de qualité légèrement saumâtre fait qu'elle est difficilement exploitable directement [3].

Le bassin hydrogéologique est limité au sud par des terrains primaires de Ghar-Rouban. Les eaux qui échappent aux ruissellements sur les terrains imperméables s'infiltrant et rejoignent les nappes. Le substratum de la plaine est constitué par les marnes du miocène dont l'imperméabilité a été constatée entre 20 et 120 m par des forages réalisés dans cette formation. L'aquifère le plus important de la Plaine de Maghnia fait apparaître des terrains mio-plioquadernaires. Cette nappe d'épaisseur variable à lithologie hétérogène montre des séquences d'argiles, de sable fins et

grossiers et des calcaires lacustres, des lentilles imperméables noyées dans les sédiments interviennent dans la répartition des écoulements. La ressource potentielle est évaluée à 15 Hm³/an [9].

A.4) La vallée de l'Oued Tafna

Cette unité représente un système aquifère alluviale monocouche des vallées fluviales à nappe libre ou localement captive dont la puissance et la réserve reste faible à moyenne correspondant à des potentialités de 0,6 Hm³/an [9].

A.5) La nappe de Hennaya :

Il s'agit d'un complexe alluvionnaire qui s'étend sur une superficie de 14 km². Cette nappe est peu profonde avec une puissance de l'ordre 7 à 8m [3].

Des nappes de type alluvial et de puissance moins importante sont aussi identifiées. Il s'agit de la nappe de la haute et de la basse Tafna, de la nappe de Ghezouanah, de la nappe de Oued Kiss, de la nappe Oued Boukiou et Oued Dahmne. Les volumes qu'elles permettent de mobiliser sont de moindre importance par rapport aux volumes que permettent de mobiliser les nappes principales du bassin [3].

Les potentialités hydriques par nappe de la zone d'étude sont données dans le tableau 2.5 suivant et illustrées par la figure 2.6. Le volume exploité de 60,3 hm³/an n'inclus pas celui relatif aux divers puits et forages illicites. En effet les nappes phréatiques sont surexploitées par des milliers de puits entraînant un déséquilibre des nappes.

Tableau 0.5: Potentialités des ressources en eaux souterraines de la zone d'étude [9].

Nom nappe	Type Nappe	Potentialité hm ³	Volume exploité	Observations
Monts de Tlemcen	Profonde	30	24	nombreux forages en exploitation, inventaire en cours. Tariesement des sources. (Surexploitation).
Plaine de Maghnia et Zriga Aquifère supérieur Aquifère inférieur	Phréatique	19 7	17 1	Etude existante : abaissement de la nappe. Assèchement de la majeure partie des puits (surexploitation). Exploitation en cours.
Hautes plaines		6	3	
Remchi - Hennaya (Gossels)		15	10	Reconnaissance en cours.
Monts des Traras	Profonde	6,5	3	N'a pas encore fait l'objet d'une étude.
Vallée oued Boukiou	Phréatique	1,7	1,7	Faible potentialité voire épuisée.
Vallée oued Tafna		0,6	0,6	Potentialité épuisée.

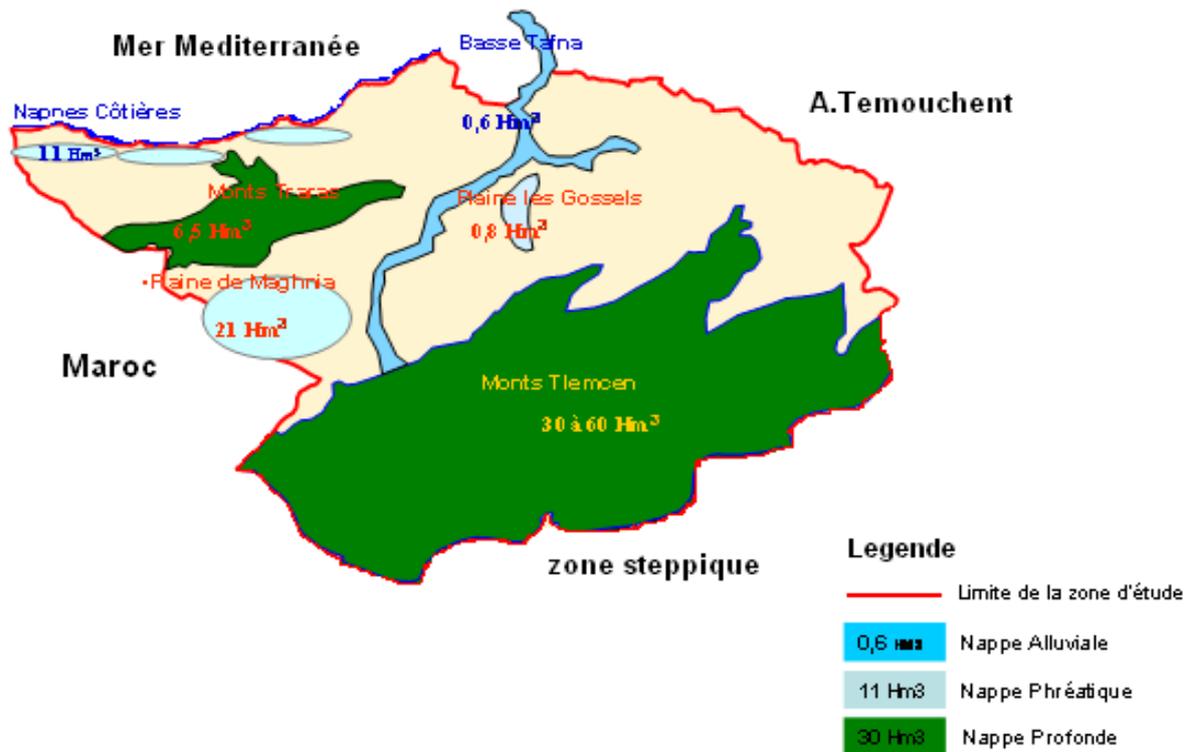


Figure 0.6: Ressources en eau souterraines de la zone d'étude [9]

2.3. Etat de l'assainissement dans la zone d'étude

L'assainissement des eaux usées contribue à l'amélioration des dimensions environnementales, sanitaires et économiques de la vie en collectivité, ce qui en fait un élément clé d'une politique de développement durable.

Malgré le fait que l'OMS en 2002, sur la couverture de l'assainissement de base dans le monde (fig.2.8), a classé l'Algérie parmi des pays disposant d'un pourcentage de couverture optimale de 91% à 100%, il reste cependant à parfaire cet état de fait particulièrement en ce qui concerne l'épuration de ces eaux avant leurs rejets au milieu naturel. Dans ce qui suit, on se propose de présenter l'état d'assainissement des centres et des agglomérations de la zone d'étude. Ensuite, on décrit les différents points de rejets d'eaux usées domestiques et leurs milieux récepteurs. Enfin on passe en revue les rejets des unités industrielles polluantes.

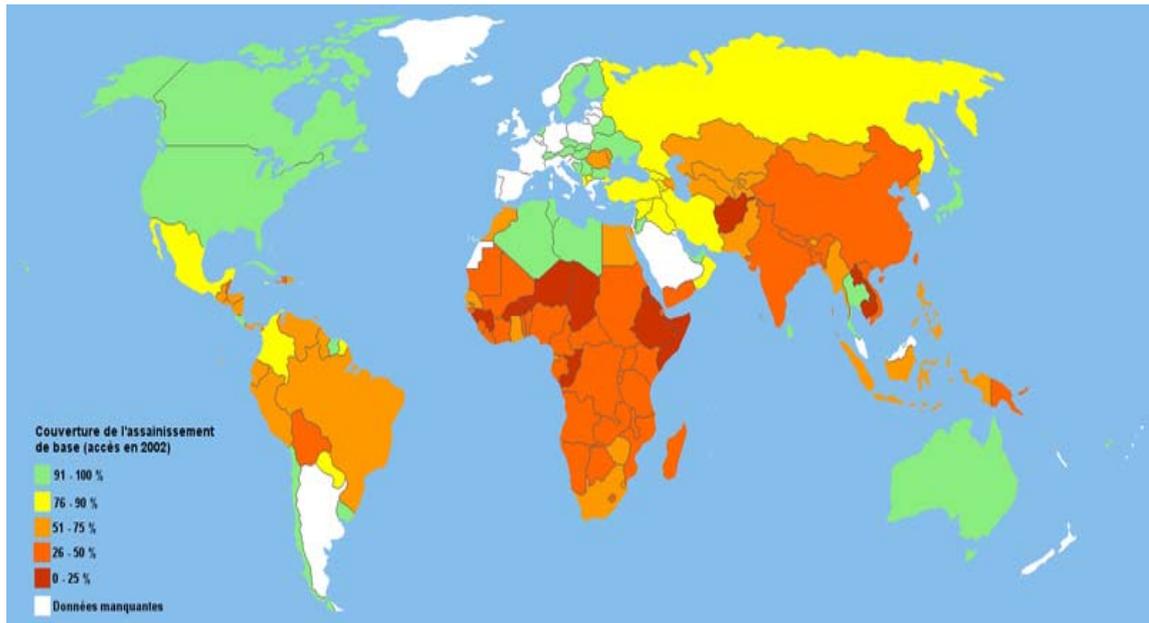


Figure 0.7: Couverture de l'assainissement de base dans le monde d'après une évaluation de l'OMS en 2002.

2.3.1. Les rejets domestiques

Nous exposons, ci-dessous, une monographie décrivant avec détails la couverture d'assainissement, les points de rejets et leurs milieux récepteurs, les différents problèmes rencontrés ainsi que les équipements et les travaux effectués dans la zone d'étude. Les détails sont exposés par daïras, communes et centres. Cette monographie est réalisée à partir des différentes études du P.O.S et P.D.A.U récemment élaborées. Pour cela on s'est basé sur un document de base qui est le schéma directeur d'assainissement de la wilaya de Tlemcen, dernièrement actualisé par le service technique d'assainissement de la D.H.W.T..

Dès à present, nous faisons remarquer que le pourcentage de raccordement de chaque commune mentionné ci-après représente la moyenne des taux de raccordement des zones éparses, des A.S. et de l'A.C.L. de la commune concernée.

2.3.1.1. Daïra de Tlemcen

Commune de Tlemcen :

Tlemcen :

Les conditions topographiques du groupement ont toujours constitué un élément favorable dans la conception et la réalisation progressive du réseau d'assainissement. Les réseaux sont de type unitaire et permettent de drainer aussi bien les eaux usées que

les eaux pluviales. Les eaux de la ville de Tlemcen sont collectées par trois principaux collecteurs qui se rejoignent à l'aval de *Feden Sebaa*. Ces trois collecteurs sont [8] :

- Le collecteur de *Metchkana* drainant les eaux du sous bassin Est la minoterie d'*El Kalaa* et de la pépinière vers *Feden Sebaa*.
- Le collecteur de *Chaabet EL Horra*, prend en charge les effluents du sous bassin central (la partie centrale de la ville de *Tlemcen*). Il débute à partir de la rue des frères *Bouafia*, ouest du tombeau du Rab vers *Feden Sebaa*.
- Le collecteur ouest, collecte les rejets du sous bassin ouest (boulevard longeant la protection civile de *Boudghène*, *Imama Est* et *Kiffane Nord- Ouest*).

L'implantation de la station d'épuration de *Ain El Houtz* est prévue pour prendre en charge les effluents domestiques de *Tlemcen* et de l'agglomération d'*Abou-Tachfine*. La capacité de traitement, de cette station, est de $90700\text{m}^3/\text{j}$, soit pour les besoins de 150.000 équivalent habitants.

Cette commune compte une population de 148955 (R.G.P.H. 2008). Le taux de raccordement en matière d'assainissement est estimé à 98% soit un linaire de 150114m (2009).

2.3.1.2. Daïra de Mansourah

A) Commune de Mansourah

Mansourah

L'A.C.L. de Mansourah compte plusieurs centres à savoir : *Attar*, *Mansourah*, *Beni Boulbène*, *Hai Wali Mustapha* et la *Z.H.U.N.* du Champ de Tir. Le réseau d'assainissement, est de type unitaire. La configuration topographique de la zone, a induit à l'existence de 3 principaux rejets d'assainissement qui se font dans un même milieu récepteur, l'*Oued Boumessaoud* qui constitue l'exécutoire de ces rejets. Cette commune compte une population de 50787 (R.G.P.H. 2008). Le taux de raccordement en matière d'assainissement est estimé à 95% (en 2009) soit un linaire de 40245 m [8].

B) Commune de Terny

Terny

Cette A.C.L. se trouve au cœur du bassin versant du barrage du *Meffrouch*. Ce dernier est drainé par *Oued Nchef* qui s'écoule dans une direction SO-NE et dont le débit est régularisé par le barrage du *Meffrouch*. Le milieu du plateau est une cuvette qui présente la difficulté d'évacuation des eaux abondantes en hiver [18].

L'ensemble de l'agglomération chef lieu est assainie. Le réseau est de type unitaire. Les rejets des eaux usées déversent dans le bassin versant du barrage *Meffrouche* qui se situe à environ 6 km de l'A.C.L.

Le rejet actuel de *Terny* (la plus importante agglomération) et assez loin de la retenue du barrage *Meffrouche*, néanmoins tous les points de rejet, de celle ci et des agglomérations voisines, déversent leurs eaux usées brute dans un milieu a forte vulnérabilité à la pollution, engendrant une contamination potentielle des ressources en eau de la région.

La commune de *Terny* compte trois agglomérations *Terny*, *Oued Ouadfel* et *Tababla* (*Sidi Hfif*). Vu le risque de pollution des eaux souterraines et superficielles de la région, une étude a été effectuée récemment pour prendre en charge les différents points de rejet, dans le but d'unifier et d'épurer les eaux usées rejetées.

Cette étude a fait ressortir trois variantes [72] :

La variante n°1, correspond à un raccordement de l'ensemble des rejets. Il est, cependant, à noter que le hameau de *Tababla* n'est pas habité et de ce fait, il serait tout à fait irrationnel de l'inclure dans le schéma de collecte. Aussi, cette variante est à écarter au vu des aspects techniques et financiers qu'a relevé l'étude. En ce qui concerne la variante n°2, qui porte sur le raccordement de *Terny* et de *Ouadfel* vers un site d'épuration, il est à noter que le collecteur de liaison entre ces deux agglomération aura un linéaire de 5500 ml sur un terrain rocheux très dur, engendrant un investissement considérable. Par ailleurs le site de convergence qui correspond au périmètre de la future station d'épuration se trouve à proximité du lac de *Meffrouche*. Ceci implique qu'en cas de panne de fonctionnement de cette future station d'épuration, les eaux usées se déverseront directement sur le plan d'eau du barrage et donc une pollution directe de ces eaux. Tenant compte de l'ensemble de ces considérations, la deuxième variante a été écartée. La variante la plus appropriée tant sur le plan du coût des investissements que sur le plan d'exploitation est la variante n°3 qui consiste à réaliser deux bassins de décantation, l'un à l'aval du rejet de *Terny* et l'autre à l'aval du rejet de *Oued Ouadfel*.

Actuellement le bassin de décantation de l'agglomération de *Terny* et la fosse septique du village *Oued Ouadfel* ont été réalisés et mis en service, mais ces systèmes rudimentaires ne suffisent pas et ne permettent pas d'éviter le risque de contamination des eaux souterraines et superficielles de la région.

Cette commune compte une population de 5505 (R.G.P.H. 2008). Le taux de raccordement en matière d'assainissement est estimé à 75% soit un linéaire de 15162 m évalué en 2009.

C) Commune de Beni Mester

Beni Mester :

Le relief de la commune de *Beni Mester* est accidenté. Il laisse apparaître deux ensembles. Un ensemble montagneux au Sud de 1150 m à 1400 m d'altitude et un ensemble de plaines ravinées au Nord de 400 à 800m d'altitude. Au centre de *Beni Mester*, il y'a l'Oued *El Ançor*. L'agglomération est assainie, son réseau est de type unitaire avec un taux de raccordement de 90%. Deux points de rejets existent, le premier de diamètre 1000 mm situé au Nord et déverse dans *chaabat Sloukia* qui traverse le chef lieu d'où les odeurs nauséabondes sont fréquentes en été. Le deuxième se trouve à l'Ouest et déverse au lieu dit '*Mechraa*'. Les deux rejets rejoignent *Oued El Ançor* [6].

Zelboune

Sur la partie Sud nous avons une forte déclivité '*El Djorf*'. Ce dernier constitue un véritable obstacle naturel séparant *Zelboune* de ses plateaux du Sud. L'agglomération est partiellement assainie, son réseau est de type pseudo-séparatif. Le taux de raccordement est de 75%. Elle possède deux points de rejet dont le principal (diamètre 400mm) rejette sur *Oued El Rharbi* [49].

Ain Douz

Elle est située dans l'ensemble montagneux Sud-Est de la commune de *Beni Mester*. Le centre est assaini partiellement. Le collecteur principal a un diamètre de 500 mm et son point de rejet est situé au Nord de l'agglomération [49].

Tizighanit

Situé à l'Ouest de l'A.C.L., l'agglomération de *Tizighanit* est limitée à l'Est par des terres agricoles de grande valeur et à l'Ouest par *Djebel Dar Mhala* et au sud par la RN7. Elle se caractérise par un terrain fortement rocheux avec des pentes très importantes. L'assainissement de cette agglomération est de type pseudo-séparatif. Le collecteur principal de diamètre 600mm débouchant sur un déversoir d'orage, puis sur *Oued Tizghan* et un autre collecteur de diamètre 300mm drainant les eaux de la partie Ouest de la ville sur une *chaabat* menant à *Oued Zitoun*.

Cette commune compte une population de 18016 (R.G.P.H. 2008). Le taux de raccordement en matière d'assainissement est estimé à 90% soit un linéaire de 28705 m (2009).

D) Commune de Ain Ghoraba

Ain Ghoraba

La commune de *Ain Ghoraba* est une zone montagneuse avec au Sud *Djorf El Ouar*. Elle est située en plein dans la forêt de *Ain Ghoraba*. C'est une commune dont le relief est montagneux avec des hautes terres de la zone S.T.E.P.pique. Le réseau de l'agglomération est de type unitaire avec un rejet dans une chaabat.

Cette commune compte une population de 5006 (R.G.P.H. 2008). Le taux de raccordement en matière d'assainissement est estimé à 85% soit un linaire de 24814 m(2009) [49].

2.3.1.3. Daïra de Chetouane

A) Commune de Chetouane :

Chetouane

L'ensemble des agglomérations et centres de cette commune, disposent d'un réseau d'assainissement : Chetouane, Ouzidane, Ain EL Houtz, M'dig, Sidi Aissa, Ain Defla, Saf Saf, Haouch El Ouair Néanmoins, l'ensemble des réseaux d'assainissement de ces centres sont autonomes avec des rejets vers l'oued Sikkak [8].

M'Sala

Ce centre est doté d'un réseau d'assainissement de type unitaire, constitué de collecteurs en béton comprimé de diamètre 300m-400mm. L'évacuation des eaux usées se fait en deux points. Le problème majeur en matière d'assainissement dans ce centre, est l'existence de plusieurs fosses septique non réglementaire [85].

Cette commune compte une population de 47486 (R.G.P.H. 2008). Le taux de raccordement en matière d'assainissement est estimé à 85% soit un linaire de 44035 m(2009).

B) Commune de Ain Fezza

Ain Fezza

La commune de Ain Fezza constitue une zone de transition entre la zone des plaines et les mont de Tlemcen. Elle est desservie par deux axes d'importance nationale : l'un ferroviaire et l'autre routier (RN7). Les terrains qui l'entourent sont assez diversifiés [12]:

- Au Sud et au Sud-Ouest : il s'agit de terrains accidentés marqués par une dénivelée assez importante (pente supérieur a 25%).
- Au Nord des dénivelées de l'ordre de 10 a 15%.
- A l'Ouest, il y a une colline bordant la RN7.
- A l'Est il y a des sols plats d'une valeur agricole moyenne.



Le réseau d'assainissement couvre l'ensemble de l'agglomération, il est de type unitaire avec des rejets dans l'oued Fezza. Les diamètres des conduites varient entre 200 à 400 mm.

Ouchba

Cette agglomération secondaire est située à 3 km au Nord de l'A.C.L. Elle se trouve à la base du versant Sud de *Djebel Oum El Allou*. Le site est relativement accidenté au Nord. Au Sud il y a une vallée très fertile. Avant la réalisation du réseau d'assainissement les rejets se feraient dans des fosses septiques. Ces derniers sont à l'origine de plusieurs contaminations observés au niveau des puits de la région [49].

Oum El Allou

Elle est située au Nord de la commune et y est reliée au chef lieu par le chemin vicinal CV1. *Oum El Allou* présente un site relativement accidenté avec une dénivelée de direction Sud-Nord. Le site est entouré de terrains de haute valeur agricole dans sa partie Nord. *Oum El Allou* n'est pas encore assainie ; les ménages utilisent toujours des fosses septiques ainsi que quelques conduites individuelles pour déverser dans *Oued Ain Yakoub*.

Cette commune compte une population de 10441 (R.G.P.H. 2008). Le taux de raccordement en matière d'assainissement est estimé à 90% soit un linéaire de 20255 m(2009) [49].

C) Commune de Amieur [49] :

Amieur

Cette agglomération est traversée par le RN22 menant de *Tlemcen* à *Oran*. C'est une région montagneuse, avec au Nord *Bled Remila*, à l'Ouest *Béni-Mester* et au sud douar *Béni Ouazzan*. Le relief est assez accidenté. Le réseau d'assainissement est de type unitaire avec un rejet dans *Oued Amiguier*.

Zedigua

Cette petite localité présente un relief topographique accidenté. Elle est délimitée au Sud par *Bled Rioux*, à l'Ouest par le lieu dit *Sidi Mohammed Cherif*. Le réseau d'assainissement est de type unitaire avec rejet qui se fait dans *chaabat Zedigua*.

Boukoura

Cette agglomération est délimitée au Nord par les monts de *Ouled Alaa*, à l'Ouest par *Ain Kial* et par la route menant à *Nedroma*. Cette localité est de nature agricole et possède des terres moyennement fertiles. Le rejet se fait dans une chaabat. La partie

Ouest de *Tlemcen* qui se trouve dans ce sous bassin ainsi que la localité de *Hennaya* rejettent dans *Oued Sikkak*.

Cette commune compte une population de 12945 (R.G.P.H. 2008). Le taux de raccordement en matière d'assainissement est estimé à 89% soit un linéaire de 38672 m(2009).

2.3.1.4. Daïra d' Hennaya

A) Commune d' Hennaya [29] :

Hennaya

L'agglomération de Hennaya est assainie par quatre principaux réseaux autonomes de type unitaire, cette infrastructure d'assainissement assure un taux de raccordement satisfaisant. Ce pendant, la totalité des eaux résiduelles sont rejetées sur *Oued Seffah* qui est le principal collecteur des effluents urbains, accentuant ainsi les risques de pollution. Néanmoins, certains quartiers notamment la cité des 120 logements, *Derb Ain El Hout*, la cité de la gare, de *Graba* et la partie sud de *Khemisti* sont confrontées à des inondations en raison de la nature des terrains, du sous dimensionnement de certains collecteurs et l'insuffisance des avaloirs et des caniveaux.

Ain El Hadjar

La quasi-totalité des habitations d'*Ain El Hadjar* sont raccordées à un réseau d'assainissement de type unitaire. Les effluents domestiques sont rejetés sur une chaaba de *Oued Seffah*. Par contre l'agglomération ne dispose d'aucun équipement de drainage des eaux de ruissellement.

Mellilia

L'agglomération de *Mellilia* dispose de deux réseaux d'assainissement de type unitaire et autonome. Le premier draine les eaux usées de l'ancien noyau. Par ailleurs le nouveau lotissement dispose de son propre réseau. Ces deux réseaux assurent un taux de raccordement satisfaisant et rejettent les effluent sur *Oued Boumessoud*.

M'Kacem

L'agglomération de *M'Kacem* ne dispose pas de d'un réseau d'assainissement. Les rejets de ces effluents se font à l'air libre. Cependant, il faut noter qu'une étude du réseau d'assainissement a été effectuée. En outre, l'agglomération est menacée par les inondations en raison de la platitude du site et de l'absence de canaux de drainage.

Merazga :

L'agglomération de *Merazga* est dotée d'un réseau d'assainissement avec un taux de raccordement élevé. Néanmoins, l'agglomération est dépourvue totalement des équipements de drainage des eaux pluviales.

Taaounia

En dépit d'un taux de raccordement satisfaisant les problèmes liés à l'assainissement et aux risques d'inondation demeurent entiers. En effet, le bassin de décantation situé à 200 m à l'Est de l'agglomération où viennent se jeter les affluents urbains est quasiment non entretenu. Ceci provoque un débordement des eaux qui forment des zones marécageuses aux alentours de l'agglomération accentuant les risques de maladie à transmission hydrique. Par ailleurs le site actuel de l'agglomération est sujet à des inondations fréquentes pendant la période hivernale. Ces risques d'inondations effectives ont édicté en partie l'orientation et le report de l'urbanisation à l'Ouest de la RN 22 sur des sites plus aptes.

L'implantation d'une grande station d'épuration à boue activée est prévue au Sud de la commune de *Hennaya* pour prendre en charge les différents affluents acheminés par *Oued Saffah*.

Cette commune compte une population de 35837 (R.G.P.H. 2008). Le taux de raccordement en matière d'assainissement est estimé à 98% soit un linéaire de 106411 m(2009).

B) Commune Zenata

Zenata

Elle se situe sur la RN38 aux abords de *Oued Bou-Messaoud*. Elle se trouve sur le plateau de la vallée de *Zenata*. Le réseau est de type unitaire. Le collecteur principal a un diamètre de 500 mm et rejette vers la zone Ouest dans *Oued Messaoud* [30].

Cette commune compte une population de 3720 (R.G.P.H. 2008). Le taux de raccordement en matière d'assainissement est estimé à 65% soit un linéaire de 11312 m(2009).

C) Commune de Ouled Riah

Beni Yacoub

C'est le chef lieu de la commune de *Ouled Riah*. Cette agglomération se situe aux abords de *Oued El Atchane*. Le relief du site est relativement plat. Le réseau est de type unitaire dont le rejet se fait dans une chaabat qui rejoint *Oued Atchane* [49].

Cette commune compte une population de 4111 (R.G.P.H. 2008). Le taux de raccordement en matière d'assainissement est estimé à 93% soit un linéaire de 11800 m(2009).

2.3.1.5. Daïra de Bab El Assa

A) Commune de Bab El Assa [49]:

Bab El Assa

La ville de *Bab El Assa* est logée sur le versant d'une colline. Son réseau d'assainissement est tel qu'on peut le considérer constitué de deux parties. Le premier est le réseau de l'ancienne ville, il débouche en un point de rejet situé à la droite de la route d'accès à la ville à partir de la RN7. Le deuxième point de rejet du collecteur qui assainie les récentes extensions urbaines de *Bab El Assa* aboutit dans une chaabat située à gauche de la route d'accès à la ville non loin de la RN7.

Sellam

Sellam est située près de la RN 7. Il est à présent équipé d'un réseau d'assainissement de type pseudo-séparatif, l'unique rejet se fait dans une chaabat menant vers l'oued Maleha.

Ben Zekri

Le centre de *ben Zekri* est situé juste avant la ville de *Bab el Assa* aux abords de la RN 7 sur la crête d'une colline. Le réseau de ce village a été réalisé en plusieurs tranches ce qui a généré plusieurs points de rejet de part et d'autre des versants de la colline, deux d'entre eux se situent sur versant de la RN 7, les deux autres sur l'autre versant.

Boukanoun

Le centre de *Boukanoun* est situé le long de la RN7 à proximité du poste frontalier marocain *El Hafir*. Ce centre est équipé d'un réseau d'assainissement qui comporte deux rejets. Les deux points de rejet se jettent dans *Oued Kiss*, la distance qui sépare ces rejets est d'environ 500m.

Cette commune compte une population de 9886 (R.G.P.H. 2008). Le taux de raccordement en matière d'assainissement est estimé à 98% soit un linéaire de 29495 m(2009).

B) Commune de Souani [49]:

Souani

Le centre de *Souani* à l'extrême limite du sous bassin versant est situé aux abords de la RN7 sur un versant de colline. Il est muni d'un réseau d'assainissement de type

unitaire dont toutes les ramifications convergent vers un collecteur principale qui descend jusqu'à la RN7. Les eaux usées aboutissent à partir d'une chaabat à *Oued Rokeya*.

Sidi Boudjenane

Le centre de *Sidi Boudjenan* est équipé d'un réseau d'assainissement de type unitaire. Ce réseau ne présente aucun dysfonctionnement, de plus aucun équipement particulier n'est associé à ce réseau. Le réseau de cette ville a deux points de rejets déversant sur *Oued Rokeya*.

Cette commune compte une population de 9416 (R.G.P.H. 2008). Le taux de raccordement en matière d'assainissement est estimé à 95% soit un linéaire de 28770 m(2009).

C) Commune de Souk Tleta

Souk Tleta

L'A.C.L. de la commune de *Souk Tleta* est *Bouadel* compte une population de 783Hab. Elle est dotée d'un réseau d'assainissement de type unitaire avec un taux de raccordement de 63%. Cette commune compte plusieurs centres et hameaux :

- Thar Ali Mokrane, Kenfoud, Bilek et soumer (641 Hab).
- Dar Salah, Benanta, Dar Mansour (682 Hab).
- Oued Benayed (284 Hab).
- Azzouna, Ouatah, Merkez (342 Hab).

Cette commune compte une population de 2782 (R.G.P.H. 2008). Le taux de raccordement en matière d'assainissement est estimé à 30% soit un linéaire de 5440m (2009).

2.3.1.6. Daïra de Marsat Ben M'Hidi

A) Commune de Marsat Ben M'Hidi

Merika

Le centre de *Merika* se situe sur le chemin menant à partir de la RN7 au cap *Milona*, il culmine sur un plateau à la cote 216m. Ce centre est en train de prendre de l'importance de par son extension actuelle. Il est équipé d'un réseau d'assainissement de type pseudo-séparatif, le point de rejet de ce réseau déverse dans *chaabat El Hamri ben Kraled* qui aboutit en phase finale à *Oued Kiss* [49].

Marsat Ben M'Hidi

La ville de *Marsat Ben M'Hidi* s'étend sur une surface plane parsemée de grandes cuvettes de très faibles profondeurs, d'où la nature complexe de son réseau d'assainissement. Cette ville se compose de 4 parties :

- la cote Est du littoral de *Marsat Ben m'Hidi*. C'est une zone à vocation mixte, urbaine et touristique puisqu'elle comporte, en plus des équipements sociaux et des habitations, des équipements touristiques (hôtels, restaurants, campings). Cette zone est équipée d'un réseau d'assainissement dont les collecteurs débouchent directement dans une station de relevage située sur la plage (SRE N°1).
- le centre ville qui est une zone urbaine, s'étend au pied du versant de la colline *Mkam Moula AEK*, longeant la RN7. Les collecteurs du réseau d'assainissement de cette partie de la ville aboutissent aussi à une station de relevage qui se situe à côté du C.E.M. de la ville de *Marsat ben M'Hidi* (SRE N°2).
- la zone de *Mkam Moula AEK*, extension urbaine en cours de réalisation, est en position culminante par rapport au centre ville. Cette zone est assainie mais elle compte plusieurs points de rejet vue qu'il y a différents intervenant des lotissements.
- la cote Ouest de la ville de *Marsat Ben M'Hidi*. Elle est limitée à l'Est par la RN7 et à l'Ouest par *Oued Kiss* qui délimite les frontières Algéro-Marocaines. Cette zone programmée dans le futur pour être une importante extension touristique de la ville, son assainissement ne doit pas être problématique.

Actuellement le SRE N°1 et N°2 refoulent leurs eaux dans une troisième station de relevage SRE N°3. Cette dernière refoule le contenu de son puisard vers un point de rejet situé sur *Oued Kiss*, polluant ainsi l'oued en question et le littoral. Par ailleurs une station d'épuration est en projet pour la ville de *Marsat Ben M'Hidi*, elle devrait être située entre la RN7 et *Oued Kiss*, occupant ainsi une partie des terres agricoles de la commune. Il est à noter que le lotissement des « 151 villas », situé au Nord de la cité des « Sables », ne dispose d'aucun système d'assainissement. Par ailleurs, la topographie contraignante du site de *Marsat Ben M'hidi* (pente faible) génère des problèmes de fonctionnement (obstruction fréquente de certains tronçons) [90]. C'est dans le cadre de cette nouvelle station d'épuration de *Marsat Ben M'Hidi* que la SRE N°3 doit subir un redimensionnement lui permettant d'alimenter convenablement la conduite de refoulement à la S.T.E.P..

Cette commune compte une population de 6053 (R.G.P.H. 2008). Le taux de raccordement en matière d'assainissement est estimé à 92% soit un linaire de 27913 m (2009).

Sarramrame

Cette agglomération secondaire se trouve entre *Merika* et *Annabra* et compte une population de 443 habitants. Elle est dotée d'un réseau séparatif, compte trois points de rejets, deux points rejets situés à l'extrême Ouest sont équipés de bassins de décantation de 50m³ récemment réalisés et se rejoignent vers le cours d'eau de Sahb Ali alimentant la retenue collinaire existante. Le troisième rejet situé au côté Est déverse dans l'Oued sans traitement préalable [90].

Une station de lagunage sera projetée pour recueillir les eaux usées rejetées de l'agglomération, afin de limiter la pollution des eaux de la retenue collinaire destinée actuellement à l'irrigation des terres agricoles avoisinantes.

Chaib Rasso

L'agglomération de *Chaib Rasso* compte 377 habitants. Elle est actuellement munie d'un réseau d'assainissement de type séparatif. Les rejets des eaux usées se font à l'air libre. Le reste des habitations utilisent des fosses perdues non réglementaires [90].

Annabra

Cette agglomération compte 355 habitants, est munie d'un réseau d'assainissement de type séparatif. Ce dernier compte trois points de rejets. Un bassin de décantation est projeté pour recueillir les eaux usées [90].

B) Commune de M'Sirda Fouaga

Le chef-lieu et l'A.S. de *Boukanoun* sont assainis. Leurs réseaux d'assainissement de type unitaire sont réalisés avant 1988. Le réseau de l'A.C.L. compte trois points de rejets. Les eaux usées de l'A.C.L. et de l'A.S. déversent dans l'Oued *Kiss* sans aucun traitement préalable [84].

Cette commune compte une population de 5822 (R.G.P.H. 2008). Le taux de raccordement en matière d'assainissement est estimé à 95% soit un linaire de 20693 m (2009).

2.3.1.7. Daïra de Ghazaouet

A) Commune de Ghazaouet

Arkoub

Ce petit centre est muni d'un réseau d'assainissement dont le rejet se fait directement dans *Oued Bibba* [44].

Ghazaouet

La ville de *Ghazaouet* est dotée d'un réseau d'assainissement unitaire collectant près de 90 % des eaux usées, le reste est assaini par des fosses septiques individuelles. Les eaux usées collectées sont rejetées dans plusieurs endroits de *Oued Ghazaouna* (appelé aussi *Oued El Mersa*) et parviennent à la mer sans aucun traitement. *Oued El Mersa* vient de l'arrière pays de la région côtière avant de traverser la ville de *Ghazaouet*. A l'extérieur de *Ghazaouet*, les eaux usées des villages bordant la route sont jetées directement dans l'Oued. Ce dernier est utilisé comme décharge et son eau est très chargée. Le réseau de la commune a été posé à des périodes différentes s'étendant de 1945 jusqu'à présent. Avant les conduites étaient posés en Amiante ciment, mais depuis 1970 toutes les conduites sont en béton comprimé [49]. Le taux de d'assainissement de la commune est élevé, mais le rejet qui se fait directement dans l'Oued, sans aucun traitement préalable, affecte dangereusement l'environnement, provoque des lacs de stagnation générant des odeurs indésirable et des insectes [93].

Au niveau de *Ghazaouet*, il y a deux rejets principaux, l'un menant à travers l'Oued à la mer et l'autre mène à la grotte. Un collecteur de diamètre 400 mm collecte les eaux usées du quartier de *Derrer* en déversant directement dans l'Oued : c'est le rejet N°1. Un autre collecteur de diamètre 600 mm collecte les eaux usées du quartier de *Sidi Amar* et celui de *Dar Yaghmouracene* : c'est le rejet N°2. Un troisième collecteur de diamètre 1200 mm évacue les eaux usées des quartiers des *Sables 1 et 2*, *Haoui Ameer* et *Chfak*. Son point de rejet est juste sous un pont avant de se jeter dans *Oued El Mersa* : c'est le rejet N°3.

Ces trois collecteurs déversent les eaux usées de la ville directement dans la mer sans aucun traitement préalable.

Cependant, la cité des 320 logements, le centre ville et une partie de Sidi Amar sont connectés à un collecteur de 1300 mm qui déverse dans une grotte située au niveau du port de *Ghazaouet* juste à l'entrée de ce dernier. Cette grotte déverse elle-même dans le littoral. Le niveau de son rejet est de 6 m de profondeur par rapport au terrain naturel. La grotte est donc le deuxième rejet principal de la ville.

Le long de l'Oued existe des usines de salaison. Ces dernières rejettent directement dans l'Oued sans aucun traitement.

Un autre rejet existe au niveau de la ville de *Ghazaouet* c'est le rejet de l'usine d'électrolyse de Zinc de *Metanof*. Cette usine représente un vrai danger de pollution car son rejet se fait directement en mer sans pratiquement aucun traitement [93].

Cette commune compte une population de 34997 (R.G.P.H. 2008). Le taux de raccordement en matière d'assainissement est estimé à 84% soit un linaire de 41910 m (2009).

B) Commune de Tianet [44]:

Tianet

Cette localité est dotée d'un réseau d'assainissement de type unitaire. Les rejets se font dans des chaabats qui rejoignent ensuite l'oued EL Mersa qui se trouve dans la commune de Ghazaouet.

Une solution est projetée pour les localités environnantes Boukhadma et Ain Amzour correspondant à des bassins de décantation.

Djemaa Sekhra

La partie Est de ce centre, est dotée d'un réseau d'assainissement de type unitaire, le rejet final deverse dans l'Oued Ghazouana.

Cette commune compte une population de 4400 (R.G.P.H. 2008). Le taux de raccordement en matière d'assainissement est estimé à 95% soit un linaire de 17950m (2009).

C) Commune de Souahlia

Tounane

Se trouvant au bord de la RN7 sur la rive gauche de l'Oued Souhima, elle est perchée sur le sommet d'une colline, le problème majeur en matière d'assainissement est l'unification des différents points de rejet de la localité qui déversent dans l'oued Souhima sans traitement préalable.

Les rejets en provenance de Tounane et Mezaourou se font le long des cours d'eau naturel, sans aucun traitement, ce qui génère une pollution des ressources en eaux de la région, tel que la contamination de la source de Sefra, actuellement abandonnée. Les rejets des eaux usées de la localité de Beghaoun coté Ouest, deviennent de plus en plus consistants et risquent de polluer les eaux de Ain M'Sirda [79].

Mezaourrou

Cette agglomération est dotée d'un réseau d'assainissement de type unitaire avec un taux de raccordement de 90%. Deux points de rejet se font dans un chaabat qui rejoint ensuite l'oued El Hammam à l'Est [79].

Berraouen

Ce centre situé au bord de la RN7. Il est équipé par un réseau d'assainissement unitaire avec un taux de raccordement de 95%, deux points de rejets se font vers l'oued Gharek. [79]

Il est à noter que l'état d'assainissement au niveau de la zone éparses se limite à des fosses septiques pour les eaux vannes et aux rejets à ciel ouvert pour les eaux usées [79].

Cette commune compte une population de 22294 (R.G.P.H. 2008). Le taux de raccordement en matière d'assainissement est estimé à 65% soit un linéaire de 26251m (2009).

D) Commune de Dar Yaghmouracene :[49]

Dar Yaghmouracene

Cette commune est limitrophe de la commune de Ghazaouet. Elle est restée à fort caractère agricole et n'a pas subi la même expansion que sa voisine. De ce fait seul l'agglomération de Sidi Youcha a caractère touristique et les centres d'El Bor et Dar Ben Tata sont munis d'un réseau d'assainissement.

Sidi Youcha

L'agglomération Sidi Youcha est à caractère exclusivement touristique, toutefois elle est particulièrement pauvre en équipement. Cette ville est munie d'un réseau d'assainissement dont le rejet débouche directement sur la plage, à proximité des lieux de baignades engendrant un réel risque de maladies dermatiques aux baigneurs.

El Bor

L'A.C.L. El Bor se situe sur la colline droite (273m d'altitude) surplombant la plage de Sidi Youcha, à mi-chemin sur la route de Nedroma menant à Ghazaouet au niveau du lieu dit Bir Tarbount. Ce centre est muni d'un réseau d'assainissement de type unitaire. Le rejet de cette agglomération se fait dans une chaabat menant à l'oued El Aricha.

Dar Ben Tata

Le centre de Dar Ben Tata est situé sur la route menant à Ghazaouet à partir de Nedroma, qui traverse le centre d'El Bor. Ce centre assez important par rapport aux dimensions de la commune est équipé d'un réseau d'assainissement, dont le rejet se fait dans une chaabat menant à l'oued Sidna Youcha qui débouche directement sur la plage de la ville sans aucun traitement.

Cette commune compte une population de 6224 (R.G.P.H. 2008). Le taux de raccordement en matière d'assainissement est estimé à 75% soit un linéaire de 14456 m(2009).

2.3.1.8. Daïra de Honaine

A) Commune de Honaine

Honaine

La commune de Honaine est isolée par rapport au reste des communes car elle est complètement entourée par les montagnes des monts des Traras. De ce fait elle affiche une apparente pauvreté en équipement. En effet seul Honaine l'A.C.L. est équipé d'un réseau d'assainissement dont le rejet se fait en mer à travers un canal transportant les eaux usées jusqu'aux abords du port de la ville.

Cette commune compte une population de 5379 (R.G.P.H. 2008). Le taux de raccordement en matière d'assainissement est estimé à 99% soit un linaire de 16666 m(2009).

B) Commune de Béni Khellad

Souk El Khemis

L'A.C.L. est la seule agglomération de la commune, elle est implantée sur un versant d'une colline, son réseau d'assainissement est de type unitaire, dont le rejet s'effectue dans une chaabat menant à l'oued Ghoddani.

Sidi Driss

Dans cette partie de la commune seul le centre de Sidi Driss est muni d'un réseau d'assainissement de type unitaire, le rejet se fait dans l'oued Ain El Defali qui rejoint l'oued Tafna dans la Wilaya de Ain Témouchent.

Cette commune compte une population de 6833 (R.G.P.H. 2008). Le taux de raccordement en matière d'assainissement est estimé à 95% soit un linaire de 23579 m(2009).

2.3.1.9. Daïra de Filaoucen

A) Commune de Filaoucene

Filaoucene

Elle est perchée sur Djebel Djouader sur la RN38. Le réseau est de type unitaire. Cette commune compte une population de 8663 (R.G.P.H. 2008). Le taux de raccordement en matière d'assainissement est estimé à 90% soit un linaire de 6500 m(2009) [44].

B) Commune de Ain Fettah

Boutrak

C'est le chef lieu de la commune de Ain Fettah. Elle se situe au pied du versant Sud des monts des Traras, d'où les fortes pentes qui caractérisent son relief. Le type de réseau est unitaire et le rejet s'effectue dans l'oued Aouien qui rejoint ensuite l'oued Tafna [44].

Cette commune compte une population de 7295 (R.G.P.H. 2008). Le taux de raccordement en matière d'assainissement est estimé à 90% soit un linaire de 7080 m(2009).

C) Commune de Ain Kebira

Ain Kebira

Le territoire de la commune de Ain Kebira est constitué en grande partie de terrains accidentés avec des pentes de plus de 25%. Le chef lieu de la commune est Hamri Ben Amieur. Elle se trouve a proximité d'un axe routier important (C.W.38). Le centre dispose d'un réseau d'assainissement de type unitaire.

Il y a trois points de rejets reflétant la topographie de l'agglomération : [7]

Le point de rejet R1 est situé à l'Ouest d'Ain Kebira, diamètre du collecteur 600mm. Le point de rejet R2 est situé au Nord, diamètre du collecteur principale 200mm. Le point de rejet R3 est situé a l'extrémité Est, diamètre du collecteur 400mm.

Cette commune compte une population de 3571 (R.G.P.H. 2008). Le taux de raccordement en matière d'assainissement est estimé à 90% soit un linaire de 16570 m(2009).

2.3.1.10. Daïra de Nedroma

A) Commune de Nedroma

Khoriba

Le centre de Khoriba est limitrophe de la ville de Nedroma, il représente la proche banlieue de cette ville. Ce centre dont l'urbanisation s'étend de part et d'autre de la route Nedroma-Tlemcen, est équipé d'un réseau d'assainissement de type unitaire. Le rejet de ce centre a été détourné dans un champ par des agriculteurs à des fins d'irrigation. Cette exaction risque de provoqué d'importantes maladies a transmissions hydriques sans oublier l'altération de la qualité bactérienne des cultures. Le rejet de ce

centre est pris en charge dans le cadre de l'étude de la S.T.E.P. Nedroma, il devra être connecté au collecteur de liaison de la future S.T.E.P. [49].

Zaouet El Yagoubi

C'est un petit centre situé sur un sommet à l'ouest de la ville de Nedroma, il est équipé d'un réseau d'assainissement de type unitaire dont le rejet se fait dans une chaabat [44].

Nedroma

La ville de Nedroma chef lieu de la Daïra est importante par sa dimension, sa population et ses équipements. Elle s'étend sur le versant d'un sommet des monts des Traras présentant ainsi de fortes pentes. Son réseau d'assainissement est de type unitaire dont toutes les ramifications convergent vers un collecteur principal de diamètre 1000mm au Nord de l'agglomération de Khoriba avant d'être déversé sans aucun traitement préalable au niveau de l'oued Zbair [7].

Par ailleurs certaines zones d'extension de cette agglomération se sont vu équiper de réseau d'assainissement, non raccordé au collecteur principal produisant ainsi de multiples points de rejet sur la périphérie de la ville.

La nouvelle zone d'extension Nord-Est de la ville de Nedroma est munie d'un réseau d'assainissement de type unitaire dont le rejet aboutit dans un terrain vague.

Pour la zone d'extension Ouest les habitations se répartissent de part et d'autre de chaabat Zaifa. Dans laquelle aboutissent de multiples rejets.

L'agglomération de Nedroma va être dotée à moyen terme d'une station d'épuration qui permettra de traiter les rejets du groupement urbain Nedroma-Khoriba [7].

L'étude est actuellement achevée dans le but de reprendre tous ces points de rejets, et d'acheminer leurs eaux usées avec un collecteur principal vers une station d'épuration à boue activée d'une capacité d'environ 70000 Equi/Hab [44].

Cette commune compte une population de 32010 (R.G.P.H. 2008). Le taux de raccordement en matière d'assainissement est estimé à 90% soit un linéaire de 33979 m(2009).

B) Commune de Djebala

El Houanet

Cette agglomération est le chef lieu de la commune. Elle est munie d'un réseau d'assainissement de type unitaire [44].

Cette commune compte une population de 9233 (R.G.P.H. 2008). Le taux de raccordement en matière d'assainissement est estimé à 82% soit un linéaire de 18713m (2009).

2.3.1.11. Daïra de Remchi

A) Commune de Remchi :[49]

Le centre de Remchi se trouve excentré par rapport à son territoire communal. L'agglomération s'étale sur une large plaine, elle est traversée par la RN22. Le site de Remchi se caractérise au Nord par des pentes moyennes de 10 à 15%. Le réseau de ville est de type unitaire. Les diamètres des conduites d'assainissement sont compris entre 200 et 1000 mm. Au niveau de l'agglomération, il y a trois points de rejet.

Le point de rejet le plus important collecte la zone industrielle ainsi qu'une partie des eaux usées urbaines de la zone Nord, aboutissant au déversoir d'orage avant d'être rejeté dans une chaabat.

Ces trois points de rejets sont situés à la limite Nord Ouest de la ville et se font dans chaabat Takrarouna pour rejoindre ensuite Oued Isser.

Une très grande partie de ces eaux usées est utilisée par les agriculteurs de la région pour l'irrigation des terres, ce qui ne manquera pas de provoquer des épidémies de maladie à transmission hydrique.

L'étude de la station d'épuration qui prendra en charge tous ces points de rejets est achevée [44].

Sidi Bounouar

Elle est située à l'Ouest de la ville de Remchi. Elle se trouve relativement en retrait par rapport à la RN35. Elle est délimitée à l'Est et à l'Ouest par des terres agricoles. Son relief topographique est relativement plat. L'agglomération secondaire de Sidi Bounouar est partiellement assainie ; est de type unitaire. L'évacuation des eaux usées se fait dans Oued Dahmane.

Gouassir

Le centre de Gouassir est situé à l'ouest de Remchi sur un couloir de la RN35 (vallée de la Tafna). Gouassir est entourée de très riches terres agricoles. Gouassir est partiellement assaini. Le réseau est moyennement entretenu avec une absence totale d'avaloir et de caniveaux, il est de type pseudo-séparatif. Le rejet se fait directement dans l'oued Boukiou pour ensuite rejoindre l'Oued Tafna.

Bourouaha

Le centre de Bourouaha est situé au nord de la commune le long de l'ancienne RN22. Il est délimité au Nord et au Sud par des terres agricoles. À l'Est par les fortes pentes du versant des monts de Sbaa Chioukh. Ce centre est équipé d'un réseau d'assainissement

de type unitaire dont le rejet se fait après traversée de la RN22 directement dans l'oued Tafna. Le taux de raccordement au réseau est de 90%.

Fatmi El Arbi

Ce centre plus au Nord est situé au point de carrefour de la RN22, RN22A et le C.W.104. Il se caractérise par un relief relativement accidenté au Sud-Est, et des terres agricoles à l'Est. Fatmi El Arbi est muni d'un réseau d'assainissement de type unitaire dont le rejet a été amené à travers un collecteur le long de la C.W. 104 jusqu'à l'Oued Tafna.

Sidi Ali Benali

Le centre est situé sur l'axe de la RN22, il occupe une surface relativement plate entouré de terres agricoles limitant ainsi ses possibilités d'extensions. Ce centre est équipé de réseau d'assainissement de type séparatif, dont le taux de raccordement est de 90%. L'évacuation des rejets s'effectue dans l'Oued Tafna.

Sidi El Cherif

Le centre de Sidi Cherif est situé sur une colline au Nord du sous bassin, sur l'axe de la RN22. Entièrement entouré de terres agricoles. Il se caractérise par une topographie accidenté produisant des pentes de 15%. Son réseau est de type pseudo-unitaire. Le rejet s'effectue par le biais d'un collecteur qui traverse la RN22 dans l'Oued Tafna.

Cette commune compte une population de 50400 (R.G.P.H. 2008). Le taux de raccordement en matière d'assainissement est estimé à 98% soit un linéaire de 153709 m(2009).

B) Commune de Ain Yousef :

Ain Yousef :

La commune de Ain Yousef est située au Sud –Est de Remchi et s'étale sur une large plaine. Elle est distante de 8KM de Remchi et de 21KM de Tlemcen. Le réseau d'assainissement est de type unitaire avec un taux de raccordement assez important la longueur totale du réseau est de 16000ml avec des diamètres qui varient entre 400 et 600 mm. Un rejet industriel existe au niveau de l'agglomération c'est celui de NAFTAL [49].

Une station d'épuration existe au Remchi au niveau de Ain Yousef mais elle est à l'arrêt et dans un état qu'on pourrait qualifier d'abandon [44].

Hamadou Miloud

Cette petite localité se trouve au Nord de Remchi. Son réseau est de type unitaire et son point de rejet se situe dans l'oued Isser.

Cette commune compte une population de 13004 (R.G.P.H. 2008). Le taux de raccordement en matière d'assainissement est estimé à 96% soit un linéaire de 89107 m(2009) [44].

C) Commune de Sbaa Chioukh :

Sbaa Chioukh :

L'agglomération de Sbaa Chioukh est formée par deux entités urbaines bien distinctes, l'une à l'Est et l'autre à l'Ouest. Ces dernières sont séparées par le passage au centre de l'agglomération de l'Oued Ferd El Ma. Le relief topographique de la ville au Nord a des pentes variant entre 5 et 20%. Au Sud et à l'Est, il y a l'existence des terres agricoles à moyenne potentialités. L'agglomération est dotée d'un réseau de type unitaire. Le taux de raccordement est estimé à 90%.

Le réseau ne collecte que des les eaux usées d'origine domestique. Il ne dispose d'aucun équipement d'assainissement (avaloirs et caniveaux) à l'exception de la voie principale (C.W. 104) qui est équipé d'un déversoir. Les rejets sont évacués vers l'oued Ferd El Ma à l'Ouest [78].

Boulfred :

Cette petite localité dont le centre est boulfred est situé a 5KM a l'Est de l'agglomération de sbaa chioukh son relief topographique est de nature montagneuse avec des pentes assez accentuée [49].

En matière d'assainissement le réseau actuel est de type unitaire les rejets sont collectés et évacués vers un thalweg a l'Ouest de l'agglomération [44].

Cette commune compte une population de 4498 (R.G.P.H. 2008). Le taux de raccordement en matière d'assainissement est estimé à 85% soit un linéaire de 47072 m(2009).

D) Commune d'El Fhoul [49] :

El Fhoul :

L'agglomération d'El Fhoul occupe un site relativement plat au bord d'une vallée très fertile, elle est entourée de trains agricoles de valeur moyenne. L'agglomération est dotée d'un réseau de type unitaire, les rejets sont évacués par un collecteur principal au niveau de l'oued Isser. Toutefois les eaux stagnent souvent le long de l'oued Isser en raison de la nature du relief (terrain plat).

Yazaro :

L'agglomération de Yazro est située à 15KM du Nord-Est de son chef lieu El Fhoul. L'agglomération est dotée d'un réseau d'assainissement, qui a été réalisé en 1994. Avant la réalisation du réseau les ménages utilisaient des fosses septiques.

Sid Ali Benchaib :

Cette agglomération est située à 10KM au Nord-Est de son chef lieu El Fhoul. La topographie du relief est assez accidentée. En matière d'assainissement, le réseau est complètement défectueux et nécessite une opération de rénovation.

Cette commune compte une population de 7018 (R.G.P.H. 2008). Le taux de raccordement en matière d'assainissement est estimé à 78% soit un linaire de 44808m (2009).

E) Commune de Beni Ouarsous :

Cette commune compte une population de 12529 (R.G.P.H. 2008). Le taux de raccordement en matière d'assainissement est estimé à 95% soit un linaire de 55161 m(2009).

2.3.1.12. Daïra de Maghnia

A) Commune Maghnia

Maghnia :

C'est le chef lieu de la commune, elle est entourée de vastes terres agricoles. L'agglomération de Maghnia possède un réseau de type unitaire, mais de gros problèmes existent.

Plusieurs industries existent au niveau de l'agglomération et rejettent directement soit dans l'oued El Abbes soit dans l'oued Mehaguene, notamment le rejet de l'ENOF. Au niveau de ce même oued, il ya une multitude de rejets urbains avec des petits diamètres variant entre 200 et 300 mm [92].

Le rejet principal de la ville Maghnia se trouve à environ 1,5 Km à l'entrée de l'agglomération, il se situe à l'intersection de l'oued El Abbes et de l'oued Mehaguene. Le diamètre de ce collecteur est de 1000mm.

La remarque qui s'impose concernant le réseau d'assainissement de cette agglomération est que bon nombres de quartier qui la compose sont caractérisé par des

constructions illicites, dont les réseaux d'assainissement posé arbitrairement, ce qui ne manque pas de poser problème de pollution [86].

Actuellement l'A.C.L. de Maghnia est muni d'une station d'épuration d'une capacité de 150000 Equiv/Hab, mise en marche en 1999, traitant la quasi-totalité des eaux usées rejetées. La S.T.E.P. est conçue pour l'épuration des eaux usées urbaines par le procédé à boues activées [16].

Bettaim

Bettaim ce centre est situé à l'Ouest de l'agglomération de Maghnia longeant le chemin de wilaya 420. Cette localité est entourée par des riches terres agricoles avec un relief topographique très plat. Son réseau est de type unitaire avec un rejet dans une chaabat qui rejoint ensuite l'oued Mouillah [49].

Akid Lotfi

Cette agglomération est située le long d'un chemin de wilaya, à l'Ouest de Bettaim. C'est une zone frontalière avec un relief topographique assez plat. Le réseau est de type unitaire avec un rejet dans la plaine Maghnia. Dans cette localité existe une station d'épuration non fonctionnelle [49].

Akid Abbes

Situé au Sud Ouest de l'agglomération de Maghnia, cette localité rejette ces eaux usées dans l'oued Zlamet [44].

Cette commune compte une population de 113919 (R.G.P.H. 2008). Le taux de raccordement en matière d'assainissement est estimé à 94% soit un linéaire de 89445 m(2009).

B) Commune de H.Bouhrara

H.Bouhrara

Cette commune est située sur la rive gauche de l'oued Tafna, au bord de l'axe de la route Tlemcen-Maghnia. Les rejets de l'agglomération se font directement dans l'oued Tafna en aval du barrage H.Bouhrara.

Actuellement L'A.C.L. de H.Bouhrara Bénéficie d'une rénovation du réseau d'assainissement de type unitaire [44].

Maaziz

Cette petite localité est limitée au Nord par Ben Cherouane, à l'ouest par l'oued Bouguenfoud, dotée d'un réseau de type unitaire avec un rejet dans chaabat Necera qui rejoint ensuite l'oued Mouillah [49].

Sid Mechor

La localité de Sid Mechor est située à l'Est de Maaziz. Cette agglomération est bordée au Sud par Bled Bou Safi et à l'Ouest par Bled Tagrarat. Le réseau est de type unitaire avec un rejet dans l'oued Bou Selit [49].

Cette commune compte une population de 11431 (R.G.P.H. 2008). Le taux de raccordement en matière d'assainissement est estimé à 97% soit un linaire de 31324 m(2009).

2.3.1.13. Daïra de Beni Boussaid

A) Commune de Béni Boussaid

Sidi M'barek

Cette A.C.L. est situé au Sud de l'agglomération de Maghnia et limitée à l'Ouest par l'Oued Zaher. Le réseau de l'agglomération est de type unitaire avec un rejet dans chaabat Tammamait qui rejoint ensuite l'Oued Abbes [44].

Mohamed Salah

C'est une localité frontalière situé au Sud Ouest de la ville de Maghnia. Elle est entourée de riches terres agricoles avec un relief topographique plat. La ville est dotée d'un réseau de type unitaire avec un rejet dans une chaabat qui rejoint ensuite l'oued Zaher [49].

Zouia

Située au Sud de la localité de Mohammed Salah, à l'extrême Sud de Maghnia. Cette agglomération est délimitée au Nord par Bled Bouhlou et au Sud par Djorf Izra Ouadjéne. Le réseau d'assainissement de la ville est de type unitaire avec un seul point de rejet dans oued Yala [91].

Cette commune compte une population de 12904 (R.G.P.H. 2008). Le taux de raccordement en matière d'assainissement est estimé à 93% soit un linaire de 32297 m(2009).

B) Commune de Sidi Medjahed

Sidi Medjahed

Cette A.C.L. est situé au pied de Kadet En Naima à une altitude de 400m. Cette agglomération est équipée de réseau d'assainissement de type séparatif. L'éclatement du tissu aggloméré et la nature rocheuse du sol sont à l'origine de la multiplication de points de rejet. Il existe cinq points de rejets dont deux points au niveau de l'oued Tafna

et trois autres sur l'oued El Aoum [77]. La présence de ces rejets à l'amont du barrage H.Boughrara impose à court Terme la nécessité d'une collecte d'eaux usées, équipé d'un procédé d'épuration adapté au contexte local.

Zaouia Tralimet

Ce centre se situe sur un sommet à la cote 471m. Cette agglomération est assainie par un réseau de type unitaire qui déverse dans une chaabat qui mène à l'Oued Karkar [44].

Cette commune compte une population de 7467 (R.G.P.H. 2008). Le taux de raccordement en matière d'assainissement est estimé à 96% soit un linéaire de 23405 m(2009).

2.3.1.14. Daïra de Sebra

A) Commune de Sebra :

Sebra :

Elle est située sur le chemin de wilaya menant de Tlemcen à Maghnia. Le réseau est de type unitaire avec un collecteur de rejet qui rejoint l'oued Berbata [44].

Sidi Larbi :

Elle est situé dans le lieu dit Oued Hfir au Nord du chemin de wilaya reliant Tlemcen-Maghnia. Le type de réseau est unitaire. Le rejet se fait dans une chaabat menant à l'Oued Mkiene [49].

Moul Dechra :

Elle est située sur le versant Nord de Djebel El Khouil. Le réseau est de type unitaire avec un rejet dans une chaabat menant à l'Oued Daira [49].

Cette commune compte une population de 27692 (R.G.P.H. 2008). Le taux de raccordement en matière d'assainissement est estimé à 83% soit un linéaire de 88724 m(2009).

B) Commune de Bouhlou :

Bouhlou :

Cette A.C.L. est équipé d'un réseau d'assainissement de type unitaire dont le rejet se fait dans l'oued Bouhlou [44].

Tameksalet :

Ce centre situé a quelque kilomètre de l'A.C.L., muni d'un réseau d'assainissement avec un seul point de rejet vers l'Oued El Kseub [44].

Cette commune compte une population de 6413 (R.G.P.H. 2008). Le taux de raccordement en matière d'assainissement est estimé à 80% soit un linaire de 24498 m(2009).

2.3.1.15. Daïra de Béni Snous :

A) Commune de Béni Snous :[49]

Khemis :

L'A.C.L. est situé sur la rive gauche d'Oued Khemis à la cote 846 m. elle est équipée d'un réseau d'assainissement fragmenté donnant lieu à l'existence de plusieurs points de rejets tout le long de l'oued. Récemment une étude a été menée visant deux variantes : la première vise à la projection d'un collecteur et un décanteur qui prendra non seulement en charge les rejets de la ville Khemis mais aussi ceux de Fahs et Ouled Moussa et la deuxième un système autonome pour chaque agglomération en utilisant des bassins de décantation.

Fahs :

L'agglomération de Fahs situé à la rive gauche d'oued Khemis, distance de l'A.C.L. de 5Km. Elle est équipée d'un réseau d'assainissement de type unitaire dont le rejet s'effectue dans l'oued Khemis.

Ouled Moussa :

Ce centre se situe sur la rive droite de l'oued Khemis, à quelque centaines de mètres du chef lieu. Il est muni d'un réseau d'assainissement de type unitaire dont le rejet se fait dans l'oued Khemis.

Ouled Arbi :

Le centre de Ouled Arbi est équipé d'un réseau d'assainissement de type unitaire dont le rejet se fait dans l'oued Khemis.

Dehar Ayed :

Ces le centre le plus en amont de l'oued Khemis situé sur sa rive gauche à la cote 934 m. ce centre est équipé d'un réseau d'assainissement dont le rejet s'effectue dans l'oued Khemis.

Cette commune compte une population de 11085 (R.G.P.H. 2008). Le taux de raccordement en matière d'assainissement est estimé à 85% soit un linaire de 32756 m(2009).

B) Commune de Béni Bahdel :

Béni Bahdel :

Cette A.C.L. est constitué de plusieurs centres d'habitations (8) plus au moins éloignés les uns des autres. Son altitude moyenne est de 637m. Chaque centre est assaini par un réseau de type séparatif avec un pourcentage de raccordement varie entre 50 et 100%.

Les rejets de ces différents centres se font directement dans l'oued Tafna. Les diamètres de ces rejets varient entre 200mm et 300mm [49].

Une étude a été menée pour le dimensionnement d'un collecteur principal, prenant en charge ces multiples rejets. Ce collecteur acheminera le long de l'oued Tafna un seul et unique point de rejet aux environs de Ain Boudaoud, ou il sera ultérieurement projeté un système d'épuration [44].

Kaddara :

Le centre de Kaddara est situé sur la route Béni Bahdel-Maghnia. Ce centre n'est pas muni d'un réseau d'assainissement, d'où la multiplication des points de rejets d'eau usée dans une chaabat qui mène a l'oued Tafna [49].

Cette commune compte une population de 2833 (R.G.P.H. 2008). Le taux de raccordement en matière d'assainissement est estimé à 85% soit un linaire de 13621 m(2009).

*C) Commune de Azail :[49]**Tlata :*

Tlata est une agglomération chef lieu de la commune, elle se localise au pied de la colline Kadet Roum sur les abords du C.W.54. Cette agglomération est équipée d'un réseau d'assainissement de type unitaire, le collecteur principal longe le chemin qui relie cette ville au C.W. 19 pour se jeter dans l'oued Tafna.

Zahra :

Cette agglomération secondaire est équipée d'un réseau d'assainissement de type unitaire dont le rejet d'eau usée brute se fait après une traversée du C.W.19 dans une chaabat menant directement a la retenue du barrage Béni Bahdel.

Taffessera :

Ce centre se situe a l'Est de l'A.C.L. au pied du mont Djorf El Ahmar. Il est équipé d'un réseau d'assainissement de type unitaire dont le rejet se fait dans l'oued El Louz.

Cette commune compte une population de 7481 (R.G.P.H. 2008). Le taux de raccordement en matière d'assainissement est estimé à 85% soit un linaire de 20524 m(2009).

2.3.1.16. Daïra de Sebdou :

Commune de Sebdou :

Sebdou :

L'A.C.L. de la commune est située à la cote moyenne de 920 m d'altitude. Elle est traversée du Nord au Sud par la RN22, ainsi que par l'Oued Sebdou de l'Ouest au Nord [49].

Les extensions qu'a subies cette agglomération ces dernières années ont été anarchiques, ce qui a produit un réseau d'assainissement de type unitaire. Fragmenté. Donnant lieu à l'existence de multiples points de rejet [57] :

Le rejet qui se trouve derrière l'enceinte de l'unité de parfumerie LAVANDE, diamètre 500mm, se déverse dans l'Oued Sidi Moussa.

Le rejet se trouvant à proximité de la cité des 149 logements, diamètre 1000 mm, se déverse dans l'Oued Sebdou.

Le rejet du centre ville, situé derrière la Daïra, diamètre 800 mm, se déverse également dans l'Oued Sebdou.

Le rejet de l'Hôpital du centre ville, diamètre 600mm, se déverse aussi dans l'Oued Sebdou.

Le rejet provenant de l'industrie de Textile, diamètre 600mm, se déverse dans l'Oued Tafna

Les rejets issus des localités de Matmar, diamètre 500mm, se déversent dans l'Oued Sebdou.

Pour la ville de Sebdou une étude de station d'épuration a été achevée pour prendre en charge tous ces points de rejets [44].

Derman :

Agglomération secondaire située à l'Est de la ville de Sebdou, non loin du C.W.19, au pied de la colline Gadet Ed Dalaa. Le relief de son site est relativement plat. Elle est équipée d'un réseau d'assainissement de type unitaire, dont le rejet se fait à travers un collecteur qui mène vers l'Oued Taoudlala [49].

Dalia :

C'est une petite localité située au Nord de la ville de Sebdou, se localise entre la RN22 et l'Oued Tafna. Elle est équipée d'un réseau d'assainissement de type unitaire dont le rejet s'effectue directement dans l'Oued Tafna [49].

Ain Tbouta :

Ce centre est situé à mi-chemin entre la ville de Seb dou et Derman, au Nord du C.W.19 le relief de ce centre est relativement plat et son réseau d'assainissement est de type unitaire, dont le rejet s'effectue dans l'Oued Taoudlala [49].

Sidi Moussa :

Sidi Moussa est un centre qui peut être considéré comme la banlieue proche de la ville de Seb dou. Il est muni un réseau de type unitaire dont le rejet se fait dans une chaabat menant à l'Oued Seb dou en aval de la ville [49].

Farche :

Le centre de Farche est situé sur le plateau Sud-Ouest de l'A.C.L., au bord de l'oued Seb dou. Ce centre possède un réseau d'assainissement de type unitaire dont le rejet s'effectue dans l'oued Seb dou [49].

Cette commune compte une population de 40194 (R.G.P.H. 2008). Le taux de raccordement en matière d'assainissement est estimé à 92% soit un linéaire de 18965 m(2009).

2.3.1.17. Daïra de Bensekrane

A) Commune de Bensekrane

Bensekrane :

La Commune de Bensekrane se trouve aux abords de la RN 2. Le relief de la région est accidenté l'agglomération possède un réseau d'assainissement de type unitaire avec plusieurs points de rejet qui se déversent au niveau de l'oued Isser [28].

Hai Ghatna : l'ensemble des ilots sont collectés et déversent vers le Sud sur l'Oued Isser.

Douar Mandra : déverse vers le Nord sur l'Oued Isser.

Les ilots situés à l'extrémité Est de la zone d'intervention ainsi que les logts EPLF sont collectés au niveau du cimetière et dirigé en 400mm vers l'oued Isser.

Quand à la polyclinique et aux quartiers voisins, sont collectés au niveau de l'ancienne daïra par des eaux séparatifs.

Récemment l'A.C.L. de Bensekrane a bénéficié d'une rénovation de son réseau d'assainissement [44].

Ain Takbalet :

Cette agglomération secondaire est située à la cote 602 m non loin de la RN2. Elle est délimitée au Nord par les monts de Sbaa Chioukh [49]. Cette agglomération est munie d'un réseau d'assainissement de type unitaire dont le rejet se fait dans une chaabat [44].

Cette commune compte une population de 14602 (R.G.P.H. 2008). Le taux de raccordement en matière d'assainissement est estimé à 94% soit un linaire de 21400m (2009).

B) Commune de Sidi Abdelli : [49]

Sidi Abdelli :

L'A.C.L. de cette commune se situe au Nord-Est de la limite de la Wilaya Tlemcen. Son réseau est de type unitaire et son rejet à lieu dans chaabat qui traverse la ville et qui rejoint l'Oued Isser.

Sidi Snoussi :

Cette agglomération est bordée à l'Est par la C.W. 19, au Sud par chaabet Haik et à l'Ouest par DJ Semoured. Cette agglomération est munie d'un réseau d'assainissement de type unitaire dont le collecteur final traverse le C.W. 19 pour déverser ces eaux usées directement dans l'Oued Senoussi.

Taslit :

Ce centre est situé sur un plateau dominant le croisé de l'Oued Senoussi et de la rive gauche de l'Oued Isser. Il est entouré de terre agricole et muni d'un réseau de type unitaire dont le rejet s'effectue directement dans l'Oued Isser.

El Alouya :

Cette agglomération secondaire se situe à l'Est des limites de la commune sur la rive gauche de l'Oued Isser. Elle est entourée au sud à l'Ouest et au nord par des terres agricoles. Son réseau d'assainissement est de type unitaire dont le collecteur de rejet longe chaabet El Aoicha, pour se déverser dans l'Oued Isser.

Giatna El Hamma :

Ce centre est situé à l'extrême Sud de la commune. Il est limité au Nord par Djebel El Matmar El Abied et au Sud par l'Oued Chouly. Ce centre est doté d'un réseau d'assainissement de type unitaire dont le rejet se fait dans l'Oued Ali Yousef qui aboutit sur l'Oued Chouly.

Cette commune compte une population de 17960 (R.G.P.H. 2008). Le taux de raccordement en matière d'assainissement est estimé à 94% soit un linaire de 17830m (2009).

2.3.1.18. Daïra d'Ouled Mimoun :

A) Commune d'Ouled Mimoun :

Ouled Mimoun :

Cette agglomération chef lieu est située au niveau de l'intersection de la RN7 avec C.W.19. Le cadre de vie urbain et l'environnement de l'agglomération d'Ouled Mimoun sont exposés à un ensemble de problèmes lui conférant une dégradation des conditions d'hygiène par l'effet des rejets des eaux usées directement dans le milieu naturel, malgré la présence d'un site aménagé pour recevoir une station d'épuration (l'une des plus anciennes de la wilaya de Tlemcen). A cela, s'ajoute le problème de l'habitat précaire en plein centre ville, non viabilisée et celui de collecte et de mise en décharge des déchets ménagers de l'ensemble de la commune [31].

Cette agglomération est équipée d'un réseau unitaire fragmenté vu que ces extensions ont été conditionnées par la configuration de son site.

Il en résulte plusieurs points de rejet repartis de part et d'autre de l'agglomération :

- Rejet du réseau de l'ancienne ville situé à l'Ouest de l'agglomération ils' effectue dans l'Oued Isser avec un diamètre 400 mm.
- Rejet du réseau des nouvelles extensions à l'extrême Ouest de l'agglomération, qui se fait par le biais d'un collecteur traversant des champs jusqu'à la limite Sud-Ouest de l'agglomération pour se jeter dans l'Oued Isser diamètre 400mm.
- Rejet du réseau du centre ville qui aboutit à l'ancienne S.T.E.P. en état d'arrêt d'Ouled Mimoun, situé au Sud –Ouest de l'agglomération diamètre 600mm.
- Rejet du réseau de l'extension Sud –Est de l'agglomération qui se fait dans une chaabat menant à l'Oued Khalfoun diamètre 400mm.
- Rejet du réseau des extensions Sud, Sud-Ouest de l'agglomération qui déversent dans l'oued Khalfoun.

Une opération future de réunification de certains de ces rejets doit être lancée, il en résulte deux collecteurs l'un reprenant les rejets de la partie Sud, Sud-Ouest de la ville et l'autre la partie Nord –Ouest. Ces deux collecteurs s'unissent au Sud en un seul collecteur (diamètre 600) rejettent plus bas dans l'Oued Khalfoun, pour être prise en charge par la future station d'épuration à boue activée d'une capacité d'environ 60000 Equi/Hab [44].

Sidi Soufi :

C'est un hameau qui a subi des extensions vu sa position très proche, au Sud du chef lieu. Il est totalement entouré par des terres agricoles. Son réseau d'assainissement est de type unitaire qui se termine par un point de rejet, dans chaabet El Krarbich [44].

Tahmoumint :

Ce centre se situe entre la RN7 au Sud et la ligne de chemin de fer au Nord. Son relief est relativement plat puisqu'il est situé au pied de Djebel Dar El. Il est équipé

d'un réseau d'assainissement de type unitaire, dont le rejet s'effectue dans chaabet Youdi [49].

Cette commune compte une population de 25830 (R.G.P.H. 2008). Le taux de raccordement en matière d'assainissement est estimé à 95% soit un linaire de 55538 m(2009).

B) Commune de Beni semiel :

Beni semiel :

L'A.C.L. est Située au abord du C.W.19, elle est limitée au Sud par DJ Zemmour et Nord par des terres agricoles. Le relief de cette agglomération est relativement plat [31]. Elle équipé d'un réseau d'assainissement de type unitaire dont le rejet s'effectue dans l'Oued Bou Riane [44].

Benian :

Cette agglomération secondaire est située à l'Est de L'A.C.L. sur le C.W. 19, dans un ravin entre deux montagnes, DJ El Kriar au Sud et DJ El Loud au nord. Elle est munit d'un réseau d'assainissement de type unitaire dont le rejet se fait dans l'Oued Benian [49].

Merbah :

Ce centre est délimité au Nord part les monts de Ouled Chouly et au Sud par la forêt de Merbah. Il est équipé d'un réseau d'assainissement de type unitaire dont le rejet se fait dans chaabat Habel [49].

Cette commune compte une population de 4391 (R.G.P.H. 2008). Le taux de raccordement en matière d'assainissement est estimé à 95% soit un linaire de 11360 m(2009).

C) Commune de Oued Lakhdar:

Oued lakhdar:

Cette agglomération est délimitée au Nord par Bled Labane, au Sud par Djebel Dokara et à l'Ouest par Djebel Tichtiouine. C'est une zone montagneuse, le réseau de

cette localité est de type unitaire avec un collecteur de diamètre 600mm rejette dans chaabat Bouchama.

Il importe de souligner que certains problèmes nécessitent d'être prise en charge notamment : [80].

Les rejets final se trouve a proximité des habitations.

Le volume d'eau rejeté non traité peut à court terme poser des problèmes environnementaux (présence de nappe souterraine de formation Karstique et calcaire dolomies des monts de Tlemcen).

Yebdar Dachra :

Cette petite localité est une zone montagneuse délimitée au sud par Djebel Djerboun, au Nord par Djebel Medrara. Le rejet de cette localité se fait dans l'Oued Fernane [49].

Ouled Sidi El Hadj :

Petite localité au Sud de Yebdar Dachra, elle est située dans une zone dont le relief est montagneux. Elle rejette ces eaux usées dans l'Oued Fernane [49].

Cette commune compte une population de 5228 (R.G.P.H. 2008). Le taux de raccordement en matière d'assainissement est estimé à 95% soit un linéaire de 16863 m(2009).

2.3.1.19. Daïra d'Ain Tellout :

Commune Ain Nahala :

Ain Nahala :

L'agglomération d'Ain Nahala chef lieu de la commune est située à la limite Ouest de la wilaya de Tlemcen dans une zone entièrement entouré de terres agricoles.

Cette agglomération est équipée d'un réseau d'assainissement de type unitaire, le collecteur principal est de diamètre 500mm, par ailleurs les conduites secondaires sont de diamètres 300mm et 400mm.

Les rejets sont évacués au niveau de deux points de rejet à l'air libre, sans traitement: [89]

Le premier point de rejet situé a une distance de 1.1 Km de l'agglomération, au niveau d'un chaabat au Nord-Est de l'A.S. qui rejoint l'Oued Deb.

Le deuxième rejet situé a une distance de 0.9 Km de l'agglomération au niveau d'un chaabat au Sud-Ouest de l'A.S. qui rejoint l'Oued Deb.

Ain Nekrouf :

Ce centre est traversé par la C.W.70, le site de son implantation est relativement plat. Elle est entourée au Nord-Est par des collines au Sud-Ouest par une vallée plongeante

sur une chaabet. Ce centre est équipé d'un réseau d'assainissement de type unitaire dont le rejet aboutit dans une chaabat menant à l'Oued El Habour [89].

Remla :

C'est un petit centre situé au Sud de la commune à gauche de la C.W.70. Il est complètement entouré de terre agricole et aussi traversé par chaabat Er Remla. Ce centre est assaini par un réseau unitaire, le rejet a été prolongé le long de chaabet Er Remla, pour se jeter un peu plus en amont au lieu dit Sidi A.E.K Bou Dya [44].

Ouled Salah :

L'agglomération d'Ouled Salah s'étend sur une superficie de 17.5 Ha. Elle est munie d'un réseau d'assainissement de type unitaire, les conduites sont entre diamètre 300mm et 500mm. Les rejets d'eaux usées sont évacués vers un chaabat au Sud de cette agglomération à une distance de 1.3 Km et vers l'Ouest, sur une distance de 0.6 km sans aucune forme de traitement [89].

Cette commune compte une population de 6761 (R.G.P.H. 2008). Le taux de raccordement en matière d'assainissement est estimé à 95% soit un linéaire de 18040 m(2009).

2.3.1.20. Récapulation

L'état des lieux du point de vue assainissement, détaillé ci-haut, concernant la zone d'étude est récapitulé dans le tableau 2.6. Cependant, il est à noter que, faute de données, l'état des lieux établi ci-haut et synthétisé dans le tableau qui suit n'englobe pas tous les centres et les zones éparses des communes.

Tableau 0.6: Récapitulatif de l'assainissement par daïras et communes de la zone d'étude [44].

Daïra	Commune	Population R.G.P.H 2008	Linéaire en (ml) Dec2009	Taux de raccord. Dec2009 en %
Tlemcen	Tlemcen	148 955	150 114	98
Mansourah	Mansourah	50 787	40 245	95
	Beni Mester	18 016	28 705	90
	Terny	5 505	15 162	75
	Ain Ghoraba	5 006	24 814	85
Chetouane	Chetouane	47 489	44 035	85
	Amieur	12 945	38 672	89
	Ain Fezza	10 441	20 255	90
Hennaya	Hennaya	35 837	106 411	98
	Zenata	3 720	11 312	100
	O/Riah	4 111	11 800	93
Sabra	Sabra	27 692	88 724	83
	Bouhlou	6 413	24 498	80
Remchi	Remchi	50 400	153 709	98
	El Fhoul	7 018	44 808	78
	Ain Youcef	13 004	89 107	96
	Sebaa Chioukh	4 498	47 072	85
	Beni Oursous	12 529	55 161	95
O/Mimoun	O/Mimoun	25 830	55 538	95
	Oued Lakhdar	5 228	16 863	95
	Beni Smiel	4 391	11 360	95
Sebdou	Sebdou	40 194	18 965	92
Ghazaouet	Ghazaouet	34 997	41 910	84
	Souahlia	22 294	26 251	65
	Tient	4 400	17 950	95
	D. Yaghmouracen	6 224	14 456	75
Ain Tallout	Ain Nahala	6 761	18 040	95
Nedroma	Nedroma	32 010	33 979	90
	Djebala	9 233	18 713	82
Maghnia	Maghnia	113 919	89 445	94
	H.Boughrara	11 431	31 324	97
Marsat Ben M'Hidi	Marsat Ben M'Hidi	6 053	27 913	92
	Msirda Fouagua	5 822	20 693	95
Honaine	Honaine	5 379	16 666	99
	Beni Khelad	6 833	23 579	95
Bab El Assa	Bad El Assa	9 886	29 495	98
	Souani	9 416	28 770	95
	Souk Tleta	2 782	5 440	30
Felaoucen	Felaoucen	8 663	6 500	90
	Ain Fetah	7 295	7 080	90
	Ain Kebira	3 571	16 570	90
Beni Boussaid	Beni Boussaid	12 904	32 297	93
	Sidi Medjahed	7 467	23 405	96
Bensekrane	Bensekrane	14 602	21 400	94
	Sidi Abdelli	17 960	17 830	94
Beni Snous	Beni Snous	11 085	32 756	85
	Azail	7 481	20 524	85
	Beni Bahdel	2 833	13 621	85
Total		921 310	1 709 123	Moy = 89

Nous faisons remarquer que les autorités ont déployé des efforts considérables en mettant en place une infrastructure d'assainissement qui a atteint 1 709 123 mètres linéaires fin décembre 2009. Cet état de fait a été réalisé grâce aux divers plans de développement qui se sont succédé. Le taux de raccordement varie entre 65 et 100% pour les différentes communes de la zone d'étude à l'exception de la commune de Souk Tleta (taux de 30% seulement). En effet, cette commune se caractérise par des agglomérations éparses ce qui a rendu leurs raccordement au réseau d'assainissement une tâche presque impossible justifiant ainsi la conception d'un assainissement localisé type « Lits à Macrophytes ».

En conclusion, on constate que toutes ces infrastructures hydrauliques ont permis de réaliser un taux de collecte satisfaisant. Cependant, les tableaux 2.7 et 2.8 qui suivent, montrent une insuffisance du point de vue épuration de ces dernières. En somme beaucoup de collecteurs rejettent les eaux usées directement au milieu naturel sans être épurées. Outre le danger du risque de contamination directe des eaux de surface et souterraines, ce phénomène fait profiter à ceux qui utilisent (fraudemment) ces eaux pour l'irrigation sans se soucier de la santé de l'être Humain.

En effet, le volume d'eaux usées journalier, d'origine domestique, rejeté est estimé à 115.467 m³/j. Cependant, seul un volume de 42.820 m³/j (37%) est épuré dans les trois S.T.E.P. opérationnelles à savoir, Maghnia, Tlemcen et Sidi Senouci [6]. La quasi-totalité de ce volume est rejeté directement soit dans les oueds, dans les chaâbat ou dans le littoral. En conclusion, on peut dire qu'il reste beaucoup à faire du point de vue épuration des eaux usées domestiques dans le but d'accroître les ressources en eaux et préserver les ressources en eaux souterraines et superficielles.

Les tableaux 2.7 et 2.8, représentant les stations d'épurations existantes et projetées montrent que la politique prise pour le traitement des eaux usées est dirigée toujours vers des grandes infrastructures comme les stations à boue activée assurent une capacité de traitement assez importante, il est d'une grande nécessité de commencer à concevoir des systèmes de traitement pratiques, économiques, facile à réaliser et à entretenir, pour pouvoir prendre en charge des rejets d'eaux usées des petites localités et des points de rejets non épurés.

Tableau 0.7: Caractéristiques des stations d'épuration existantes [9].

S.T.E.P.	Capacité Eq/hab	m ³ /j	Vol. Epuré	Date réalisation	Etat actuel	Rendement épuratoire [44]	Procédé d'épuration	Observation [1]
Hamam-Bouhrara	-	-		1974	A l'arrêt	-	-	-
Ouled Mimoun	10 ⁴	-		1975	Mauvaise - Abandonnée	-	Simple décantation	Non Fonctionnelle S/dimensionnée
Akid Lotfi	-	-		1977	Dégradation très avancée	-	-	N'a jamais fonctionnée
Ain Youcef	3 10 ⁴	-		1988	A l'arrêt	-	Lit bactérien	En arrêt –
Maghnia	1510 ⁴	29400	19500	2000	En service	80%	Boues activées	
Tlemcen	1510 ⁴	31018	10 000	2004	En service	86%	Boues activées	
Sidi Snouci	12 10 ³	1440	530		En service	90%	Lagunage naturel	
Terny				2010	En service		Bassin de décantation	

Tableau2.8: Caractéristiques des stations d'épuration en projet et en étude.

S.T.E.P.	Agglomération raccordées [44]	Etat de l'étude [44]	Nature des eaux usée	Capacité Eq/hab [9]	Capacité m ³ /j [9]	Type
Sebdou	Sebdou	Etude achevée	Urbaine	45 000	6658	Boue activé
Marset Ben M'Hidi	Marset Ben M'Hidi	Etude en cours	Urbaine	50 000	2880	Boue activé
Nedroma	Nedroma	Etude achevée	Urbaine	70000	5500	Boue activé
Remchi	Nedroma	Etude achevée	Urbaine		24 144	Boue activé
Ouled Mimoun	Ouled Mimoun	Etude achevée	Urbaine	58072	7259	Boue activé
Mouillah	Oued Mouillah	Etude en cours	Urbaine et industrielle			Lagunage
Ain Tellout	Ain Tellout	Etude achevée	Urbaine	50600	2276	Boue activé
G.U.T. Hennaya	Mansourah, Tlemcen, Chétouane et Hennaya	En cours	Urbaine	384 000		Boue activé

2.3.2. Les rejets des unités industrielles

L'implantation des zones industrielles au niveau des grandes daïras est essentielle pour leur développement socio-économique. Cependant, le rejet des eaux résiduaires de certaines industries polluantes, sans prétraitement, au niveau des collecteurs des eaux usées domestiques, engendrent un problème majeur au niveau des milieux récepteurs. Une perturbation du système d'épuration des S.T.E.P. est observée lorsque les eaux du réseau sont épurées et un risque de pollution potentiel des ressources hydriques est imminent lorsque les rejets sont effectués directement au milieu naturel sans épuration.

La mauvaise gestion des déchets solides et liquides générés par les unités industrielles, leur confère un caractère potentiel de pollution et de dégradation du cadre de vie. Les eaux résiduaires de la zone industrielle, de la commune de Chetouane, chargées en produits chimiques, métaux lourds et substances toxiques sont déversées directement dans les cours d'eau qui affluent vers Oued Sikkak puis vers Oued Tafna traversant les jardins du croissant fertile. Aussi, un débit des eaux résiduaires industrielles estimé à 10217 m³/j déverse directement dans Oued Saf Saf dont 15 % provient de l'ENTC et la SOITINE [87].

Quoique, des dispositifs de traitement des eaux résiduaires industrielles ont été mis en place pour beaucoup d'unités industrielles (BENTAL ex : ENOF, l'ENCG – Maghnia, l'ENTC-Tlemcen, METANOF-Ghazaouet, l'INEDITEX-Sebdou et la SOITINE-Nedroma, etc...) [6], les eaux usées industrielles continuent à être déversées directement dans le milieu naturel sans traitement préalable. Ce fâcheux constat est dû aux rejets des unités industrielles non dotées d'un dispositif de traitement des eaux résiduaires (Maïserie la Tafna de Maghnia, MANTAL ex : Couvertex de Tlemcen, l'unité textile le Rouet de Chetouane et d'autres unités de maintenance qui rejettent de grandes quantités de graisse et d'hydrocarbures [87]) en plus des rejets des unités dotées d'un système de traitement perpétuellement en panne tel celui de la SOITINE de Tlemcen, pourtant cette dernière est classée comme unité à forte pollution.

La mer, même si les densités sont faibles sur le littoral de la Wilaya, n'est pas épargnée. Outre les rejets urbains, l'usine Alzinc a altéré le milieu marin et atmosphérique avant de trouver une solution d'ailleurs encore imparfaite [93]. Selon un rapport établi en 1994 par l'inspection d'environnement de la wilaya de Tlemcen, Alzinc, de par ses rejets liquides, constitue une menace grave pour les eaux marines, les richesses halieutiques et le port de Ghazaouet dont la vase est fortement contaminée en métaux lourds (plomb – cadmium – mercure) entraînant de grandes incidences sur le projet de dragage du port. Ce passif environnemental, même avec d'importants moyens de décontamination, mettra certainement beaucoup de temps pour se résorber [38]. Le

même cas pour les eaux résiduaires industrielles rejetées sans traitement préalable dans l'oued Ouardefou souvent chargée en matières toxiques (glycérine, gluten, bentonite, huiles brutes, éléments minéraux toxiques, etc) [92] et les eaux usées en provenance du Maroc (la ville de Oudjda, sa banlieue et diverses unités industrielles) [92] s'ajoutent à la pollution du barrage H.Boughrara. Pour plus de détail, on peut se référer aux tableaux A.10, A.11, A.12, A.13 et A.14 en annexe E qui donnent les principales unités industrielles polluantes des différentes zones industrielles dont Chetouane, Tlemcen, Maghnia, Ghazaouet et Remchi.

Enfin la zone d'étude n'est pas à l'abri d'une réédition de la pollution des eaux des Barrages de Hammam Boughrara et de Sikkak. Ces ouvrages restent potentiellement menacés si des dispositifs conséquents de contrôles qualitatifs ne sont menés régulièrement. Ce risque concerne également les nappes phréatiques des plaines de Maghnia, Hennaya et de Remchi qui doivent être surveillées par des dispositifs de suivi adéquats.

2.4. Utilisation des rejets pour l'irrigation

La présence d'eau usée au niveau des principaux cours d'eau et la rareté des eaux conventionnelles pour l'irrigation engendrée par une faible pluviométrie a poussé les agriculteurs à utiliser ces eaux usées pour l'irrigation de leurs terres. Les statistiques au niveau national montrent que la région de Tlemcen demeure une zone à très haut risque de contamination suite à ce phénomène. Le tableau 2.9, ci-dessous, donne le détail des différentes terres agricoles irriguées par les eaux usées (année 2009) [47]. Ce tableau montre qu'une superficie estimée à 173 ha de terres agricoles est irriguée par ces eaux usées dans la zone d'étude. Particulièrement, on constate que les zones les plus touchées par ce phénomène sont le groupement urbain de Tlemcen (Tlemcen, Chetouane et Beni Mester) avec un total des surfaces irriguées de 89 ha et la commune d'Hennaya avec 39 ha.

Tableau 0.9: Terres agricoles irriguées par les eaux usées.

Commune	Localité	Superficies irriguées par les eaux usées en (ha)	Type de cultures	Nombre de fellahs
Tlemcen	Sidi haloui	8	Maraichages	6
	Feddane sebaa	10	Maraichages	10
	Abou tachfine	10	Maraichages	6
	Sidi daoudi	6	Maraichages	4
S/total		34		26
Chetouane	Ain el hout	24.5	Arbo-Maraichages	14
	Ain defla	3	Arbo-Maraichages	2
	Ouzidane	4.5	Arbo-Maraichages	4
	Chetouane	7.5	Arbo-Maraichages	8
	Route saf-saf	10	Maraichages	5
S/total		49.5		33
Remchi	Remchi	4	Maraichages	6
S/total		4		7
Sebdou	Sebdou	9	Arbo-Maraichages	52
S/total		9		52
Sabra	Ain beida	1	Maraichages	3
	Sidi larbi	0.5	Maraichages	3
	Ain sebra	0.25	Maraichages	1
	Sidi ghalem	0.75	Maraichages	4
	Chrea	0.5	Maraichages	1
S/total		3		12
Beni mester	Sidi youcef	1.5	Arbo-Maraichages	3
	Sidi benali	1.5	Arbo-Maraichages	2
	Rous elmesrah	1	Arbo-Maraichages	1
	Zaouia	1.5	Arbo-Maraichages	8
S/total		5.5		14
Beni snous	Oued khemis	15	Arbo-Maraichages	35
S/total		15		35
Hennaya	Nair slimane	10	Arbo-Maraichages	2
	Ain sefah	15	Arbo-Maraichages	4
	Ouled kada	6	Arbo-Maraichages	3
	Mekacem	6	Maraichages	3
	Taaounia	2	Arboriculture	1
S/total		39		13
Ain fezza	Ain fezza	3	Maraichages	10
	Ouchba	5	Maraichages	15
S/total		8		25
Maghnia	Oued abess	5	Arboriculture	1
S/total		5		1
Total wilaya		173		218

2.5. Impact des rejets sur la sante humaine

La wilaya de Tlemcen est connue depuis plusieurs décennies comme étant une wilaya où les maladies à transmission hydrique sévissent à l'état endémo-épidémique.

L'insuffisance dans la gestion et l'exploitation des réseaux d'assainissement, l'irrigation par les eaux usées et un manque flagrant de système d'épuration des points de rejet sont les facteurs majeurs causant les maladies à transmission hydrique.

Dans ce cadre, la DHWT a débuté l'application de la mise en place de l'arrêté interministériel du 23 octobre 2005. L'agence régionale d'Oran de l'office nationale de l'assainissement (ONA) est installée depuis le mois d'octobre 2006 au niveau de la Wilaya de Tlemcen en vue de prendre progressivement en charge la gestion des réseaux d'assainissement des différentes communes de la Wilaya [43].

A présent, l'Office National d'Assainissement (ONA) a débuté la gestion et l'exploitation des trois S.T.E.P., à savoir celle de Tlemcen, Maghnia et Sidi Senouci ainsi que la prise en charge des réseaux d'assainissement des communes de Tlemcen, Mansourah, Chetouane et Maghnia.

2.5.1. Principales causes à l' origine des épidémies de MTH

L'existence de cross connexion entre réseau d'A.E.P. et réseau d'assainissement, la non-conformité des réseaux d'A.E.P. et d'assainissement (problème des contrôles, qualité des matériaux, professionnalisme des entreprises réalisatrices), l'utilisation de procédés techniques non adaptés à notre pays et les inondations des vides sanitaires sont, entre autres, autant de problèmes à l'origine de nombreuses maladies à transmission hydriques. Aussi, les infiltrations des eaux usées brutes rejetées dans des zones vulnérables dégradent la qualité de la ressource souterraine tout en induisant la contamination des sources et forages alimentant la population. Pour de plus amples informations, nous donnons, en annexe G tableau A.15, les différentes cités d'habitations de la zone d'étude dont les vides sanitaires sont inondés.

2.5.2. Situation épidémiologique

Les différentes enquêtes épidémiologiques menées autour des cas déclarés à partir de l'année 2000 ont montré une diminution très significative au fil de ces dernières années, montrant les efforts fournis par les autorités concernées (fig. 2.8), néanmoins quelques incidents graves (piquages illicites) causé par des actes non justifiés restent toujours très difficiles à contrôler, causant un alourdissement du bilan épidémiologique comme dans le cas des années 2008 et 2009. Seuls 22 cas ont été déclarés en 2010 ce qui reflète l'effort consenti, par les autorités, au domaine de la protection des réseaux l'A.E.P.

Cependant, les 22 cas déclarés, outre ceux non déclarés, restent une preuve tangible des contaminations des eaux par la pollution dont l'origine est souvent inconnue ou incertaine.

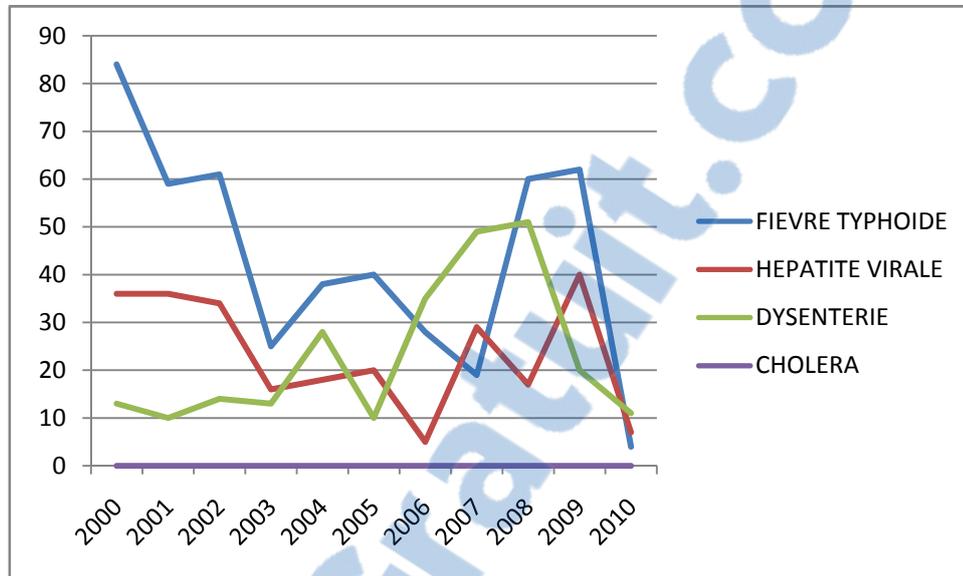


Figure 0.8: Représentation graphique de la situation épidémiologique de 2000 jusqu'à 2010 [43].

2.6. Etude détaillée du G.U.T. et de la commune d'Hennaya

Dans cette section, nous analysons avec plus de détails l'état de l'assainissement au niveau du G.U.T. (Tlemcen, Mansourah, Chetouane et Beni Mester) et de la commune d'Hennaya. Le choix de cette région particulière était motivé premièrement par la forte densité démographique et deuxièmement par la disponibilité d'une carte de vulnérabilité à la pollution. En outre, à la différence des autres régions de la zone totale d'étude, cette région particulière se distingue par l'existence d'aires irriguées par des eaux usées ainsi que par l'existence de zones industrielles.

La densité démographique de la zone de Tlemcen dépasse les 520 hab/km². Au rythme actuel de croissance et avec une population de plus de 200 000 hab [88], il existe le risque de ne pas pouvoir relever les défis de l'urbanisation à long terme. On constate dans la figure 2.9 que la densité de la population dans les communes de Tlemcen, Mansourah et Chetouane varie entre 500 hab/km² et 3720 hab/km². Par ailleurs, l'accélération du développement urbain des principales agglomérations du groupement « Champ de Tir, El Hamri, Oudjlida, Koudia » a entraîné des difficultés majeures dans la maîtrise du schéma d'assainissement. En effet, cette urbanisation éclatée a multiplié les points de rejets vers les Oueds. L'ensemble de ces rejets sont utilisés actuellement pour l'irrigation en aval. Cependant, l'implantation de la station d'épuration d'Ain El

Hout a été prévue pour ne prendre en charge que les effluents domestiques de la ville de Tlemcen et de l'agglomération d'Abou-Tachefine. En outre, cette dernière ne peut prendre en charge qu'une partie des eaux usées de ces deux agglomérations. Sa capacité de traitement est de $90700\text{m}^3/\text{j}$, soit pour les besoins de 150.000 équivalent habitants. Toutefois, la station d'Ain El Hout ne traite que 35% du volume total des rejets des agglomérations de Tlemcen et d'Aboutachfine [6].

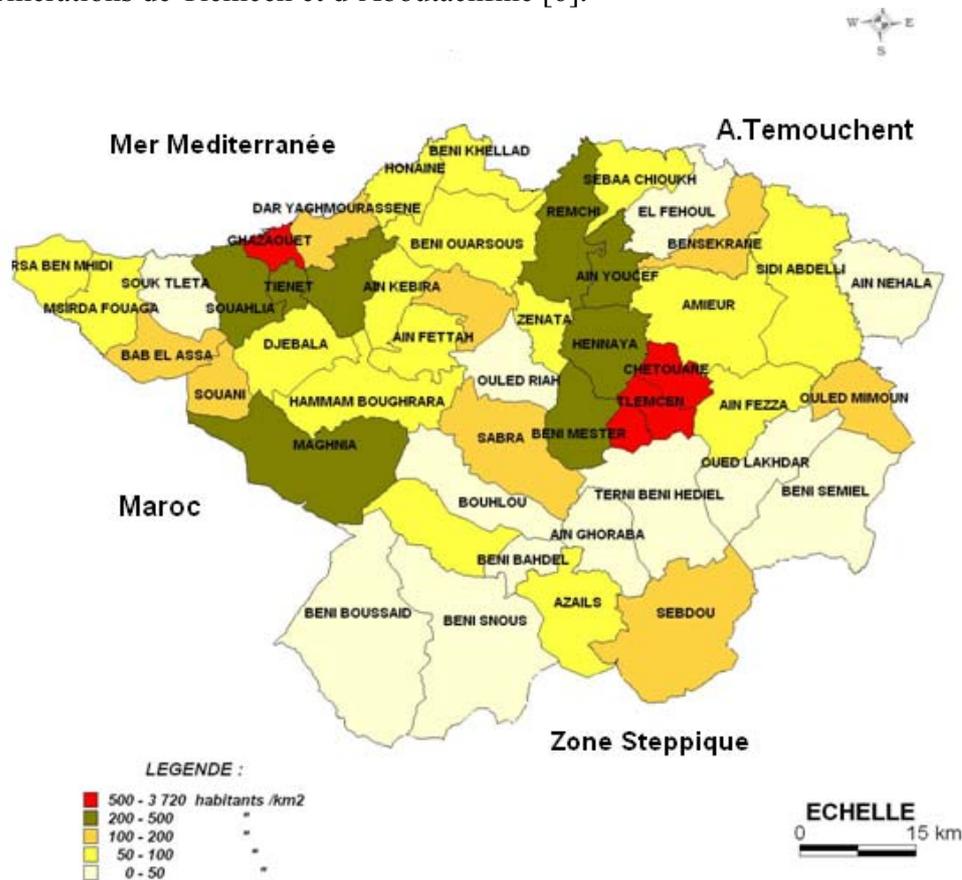


Figure 0.9: Densité démographique par commune de la zone d'étude (R.G.P.H.2008) [9].

Dans ce qui suit, les points de rejets non pris en charge par la station d'épuration existante, les surfaces irriguées par les eaux usées, les points de pollution ponctuels et les usines polluantes sont inventoriés, cartographiés et géoréférenciés avec le logiciel Mapinfo. Ces données sont ensuite superposées à une carte de vulnérabilité à la pollution de la région pour mettre en évidence les rejets les plus dangereux en vue d'y remédier incessamment dans le but de protéger les ressources en eaux souterraines et superficielles de la région.

2.6.1. Vulnérabilité de la zone d'étudiée

Les ressources en eau souterraine de la région de Tlemcen sont largement exploitées par forages. Elles sont essentiellement destinées à l'alimentation en eau potable de la population. Ce sont des eaux karstiques d'une bonne qualité physico-chimique mais très vulnérables à la pollution. Une carte de vulnérabilité des eaux karstiques de la région a été établie en utilisant l'approche européenne développée dans le cadre de cost 620 [17]. Deux facteurs ont été cartographiés. La nature géologique des formations couvertures du karst et la concentration de l'écoulement superficiel. La superposition des deux cartes obtenues a permis d'établir une carte de vulnérabilité à la pollution de quatre degrés: extrême, élevée, modérée et faible (fig.2.10).

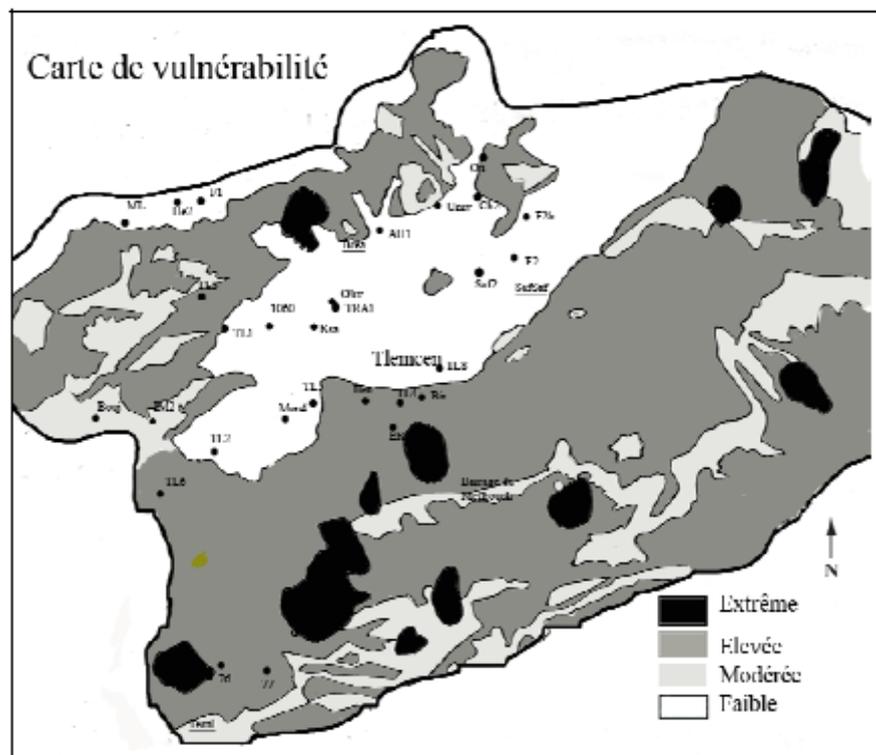


Figure 0.10: Cartographie de la vulnérabilité des eaux karstiques de la région de Tlemcen [17].

Il apparaît sur cette carte de vulnérabilité que les zones extrêmement vulnérables se localisent à proximité des points de pertes temporaires qui se localisent sur le plateau de Terni, Aïn Fezza. La vulnérabilité est élevée sur les zones en hauteur, qui correspondent aux affleurements karstiques et qui sont au même moment les impluviums des réservoirs karstiques captifs de la zone effondrée de Tlemcen. Les parties du secteur d'étude sur lesquels la vulnérabilité est modérée sont très peu étendues. Par contre, la vulnérabilité est faible dans la zone centrale du groupement urbain de Tlemcen où la

protection est élevée à la suite de l'affleurement des formations graveleuses gréseuses et argileuses du Mio-Plio-Quaternaire.

Cette carte de vulnérabilité va nous permettre la mise en évidence des zones à risques liées à l'existence de facteurs polluants tels que les rejets d'eaux usées sans prétraitement en milieu naturel.

2.6.2. Point de rejet et risque de pollution

Dans ce qui suit nous présentons un inventaire des différents rejets d'eaux usées ainsi que les parcelles des terrains irriguées par ces eaux. Ceux sont la, deux foyers de pollution potentielle, présents et qui menacent la pollution des ressources en eau souterraine.

La majorité des débits des eaux usées donnés dans les tableaux des points des rejets ci-dessous ont été évalués lors de l'étude du système d'épuration de la partie Ouest du G.U.T. à défaut d'information on a calculé les débits d'eaux usées domestiques évacués quotidiennement à partir de la consommation en eau potable de 100l/j/hab correspondant aux plus fortes consommations quotidiennes de l'année. Les débits des eaux usées sont ensuite estimés à 80% de la consommation en eau potable. Cependant, nous faisons remarquer que l'étude effectuée par la N.E.E. pour le compte de la DHWT [69] pour la période de 1997 à 2006, donne une moyenne de 64 l/j/hab. Cette dotation est faible comparée à la dotation de 130 l/j/hab prévue pour le court terme et de 180 l/j/hab prévue pour le long terme.

La représentation graphique des paramètres cités plus haut a été réalisée sur un fond de carte topographique. Pour cela on a utilisé une carte d'état major 1/50000 d'un levé photogrammétrique à partir de la prise de vue aérienne de 1987 dressé et publié par l'institut national de la cartographie complété sur le terrain en 1989. Une projection U.T.M, ellipsoïde de CLARKE 1880, zone 30.

Cette carte à découpage géographique englobe les communes de Tlemcen, Mansourah, Chetouane, Beni Mester, Hennaya et Terny. Ainsi elle touche les communes de Zenata, Amieur, Ouled Riah, Oued Lakhdar, Sebra, Bouhlou, Ain Ghoraba et Ain Fezza.

Le calage de cette carte a été fait sur un SIG par le logiciel Mapinfo. Le référentiel utilisé est "UTM Zone 30, (CLARKE 1880)p32630", 8, 55, 7, -3, 0, 0.9996, 500000, 0.

Suite à une superposition des couches, points de rejet, surfaces irriguées par les eaux usées, source et forage sur la carte de vulnérabilité citée plus haut, on constate qu'il y a plusieurs points de rejet qui se situent en zone à niveau de vulnérabilité élevé et

extrême ainsi qu'à l'utilisation de cette eau pour l'irrigation. Une interprétation fournie ci-dessous pour chaque commune ainsi décrivant les risques de pollution auxquels sont exposées les ressources en eau de la région.

A) Commune de Chetouane

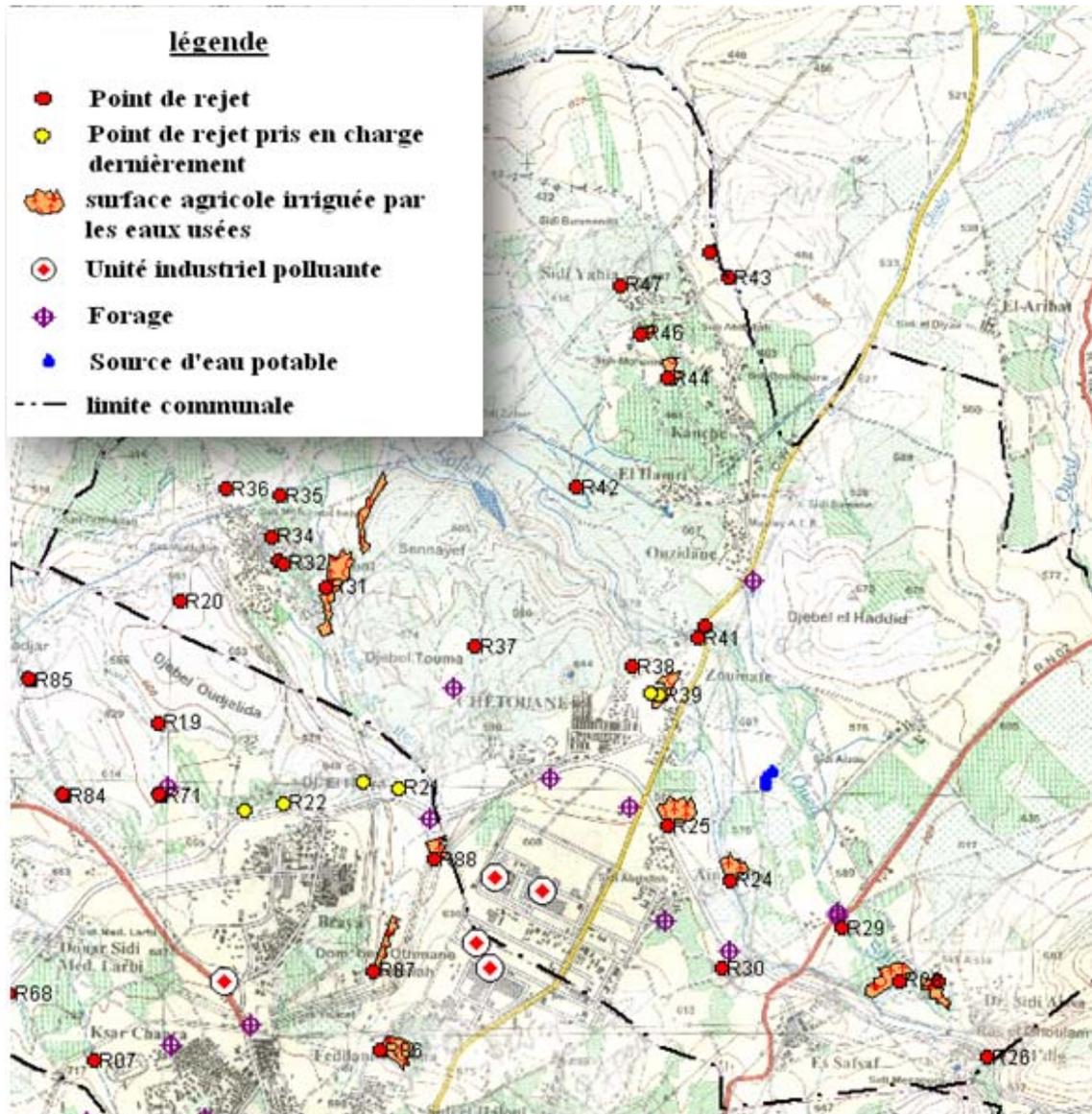
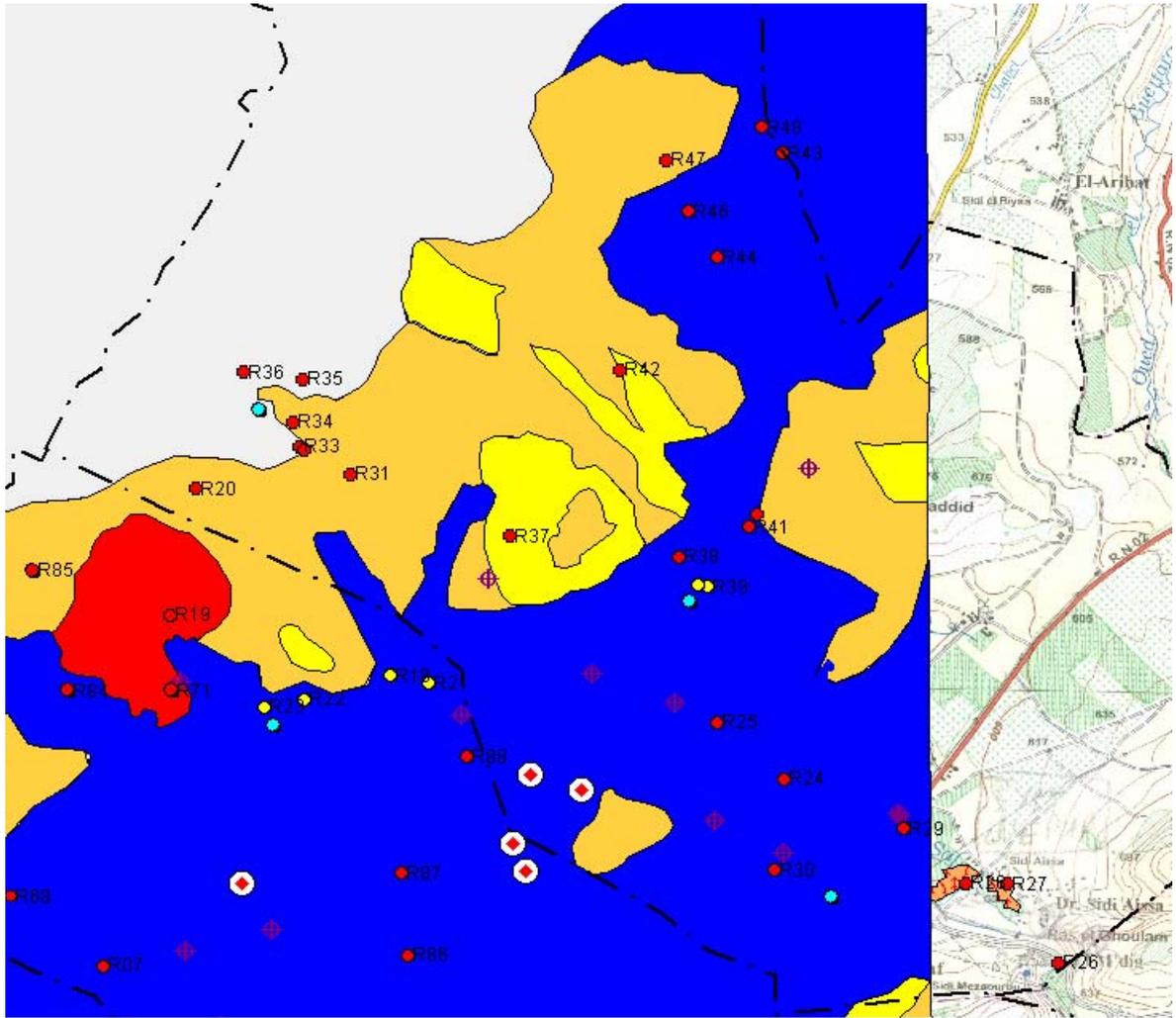


Figure 0.11: Divers points de rejets à travers la commune de Chetouane.



légende

- | | |
|---|----------------------------------|
| Point de rejet | Vulnérabilité nulle |
| Point de rejet pris en charge dernièrement | Vulnérabilité modérée |
| surface agricole irriguée par les eaux usées | Vulnérabilité élevée |
| Unité industriel polluante | Vulnérabilité très élevée |
| Hôpital | limite communale |
| Forage | |
| Source d'eau potable | |

Figure 0.12: Impact d'assainissement à travers la commune de Chetouane.

Les caractéristiques des points de rejets d'eaux usées de la commune de Chetouane sont synthétisées dans le tableau A.4 de l'annexe D. Le degré de vulnérabilité du point de rejet, obtenu par la superposition des cartes suscitées, est donné dans la dernière colonne du tableau. On constate que la commune de Chetouane englobe une unité polluante ENTC en zone à vulnérabilité élevée et 26 points de rejet d'eau usées brute dont :

- 09 points utilisées pour l'irrigation des parcelles de terre agricole représentant environ 49.5 ha (voir Tableau 2.6).
- 07 points de rejet se situent sur une zone à vulnérabilité élevée dans la localité de Ain El Hout.
- 01 point se situe sur une zone à vulnérabilité modérée.
- 02 points de rejets (R30 et R29) sont très proche des forages Saf Saf 1, 2 et 3 (forages destinés à l'A.E.P.).

Les points de rejets (R26, R27, R28, R35 et R36) ne sont pas pris en compte dans l'étude de la vulnérabilité de cette zone.

Il faut noter que les points de rejet R39 et R40 représentés en point jaune sur la carte, viennent d'être raccordés au rejet R38 représenté dans la figure 2.13.



Figure 0.13: Le point de rejet R38.

Au niveau du point de rejet R25, représenté dans les figures 2.14, 2.15 et 2.16, on constate que les eaux ont une couleur rougeâtre dont l'origine est sûrement industrielle. Ces eaux sont restituées à la nature sans aucun traitement préalable.



Figure 0.14: Le point de rejet R25 d'Ain Bendou.



Figure 0.15: Le point de rejet R25 d'Ain Bendou.



Figure 0.16: Le point de rejet R25 Ain Bendou évacuation a ciel ouvert.



Figure 0.17: Le point de rejet R24 d'Ain Bendou.

La figure 2.18 représente le point de jonction entre les deux points de rejet d'Ain Bendou, R24 (fig.2.17) qui évacue la partie Est de Ain Defla et le R25 (fig. 2.14, 2.15 et 2.16) qui évacue la partie Ouest de Ain Defla ainsi que la zone industrielle. Nous constatons bien une différence de couleur de l'eau rejetée.



Figure 0.18: Fin du caniveau des points de rejet R25 et R24 d'Ain Bendou.

Une étude effectuée par l'A.B.H. a montré qu'il y'avait déjà une contamination de A.Bendou par les eaux résiduaires rejeté dans la zone environnante [2]. Ceci a été confirmé par des analyses physico-chimiques qui montrent clairement la présence de nitrates NO_3 et de matières organique (MO) avec un taux élevé en chlore Cl. Les détails de ces analyses sont donnés en tableau A.3 de l'annexe B qui peuvent être comparés aux normes données en tableau A.1 de l'annexe A. Cette contamination peut être causée par les points de rejets d'eaux usées R 25 et R24 même si ces derniers sont en zone à faible vulnérabilité. Une étude plus approfondie de cette zone devrait être menée pour déterminer l'origine exacte de cette pollution.

On constate aussi que la prise en charge des deux points de rejet R25et R24 par le caniveau se fait sur environ 1000m. A la fin les eaux usées collectées sont rejetées directement dans l'oued comme le montre la figure (2.18) en se joignant avec une partie des eaux usée de l'oued Saf Saf. A ce niveau la, les eaux sont pompées pour une utilisation à des fins agricoles.

Les points de rejet R41 et R45 (fig. 1.19, 2.20 et 2.21) se trouvent dans la limite d'une zone de vulnérabilité élevée et déchargent actuellement en pleine nature sans prétraitement. Le point de rejet R41 évacue les eaux usées de l'huilerie et de l'abattoir. Ainsi, il représente un des points noirs de la commune de Chetouane. En effet, étant donné que les eaux de ce rejet sont elles aussi utilisées pour l'irrigation, elles

représentent un grand danger de pollution pour les sols. Aussi, l'arrivée de ces eaux au niveau d'une S.T.E.P. (la future S.T.E.P. d'Henaya par exemple) ne peut que rendre le procédé d'épuration plus compliqué. L'urgence est particulièrement signalée au niveau de l'abattoir et de l'huilerie d'Ouzidane. Ces deux dernières devraient être munies d'un système de traitement individuel adapté.



Figures 0.19: Le point de rejet R41.



Figure 0.20: Le point de rejet R45.



Figure 0.21: Le point de rejet de l'huilerie d'Ouzidane sur le R41.

B) Commune de Mansourah

Les caractéristiques des points de rejets d'eaux usées de la commune de Mansourah sont synthétisées dans le tableau A.5 de l'annexe D. Le degré de vulnérabilité du point de rejet, obtenu par la superposition des cartes ci-dessous (fig. 2.23 et 2.24) est donné dans la dernière colonne du tableau.

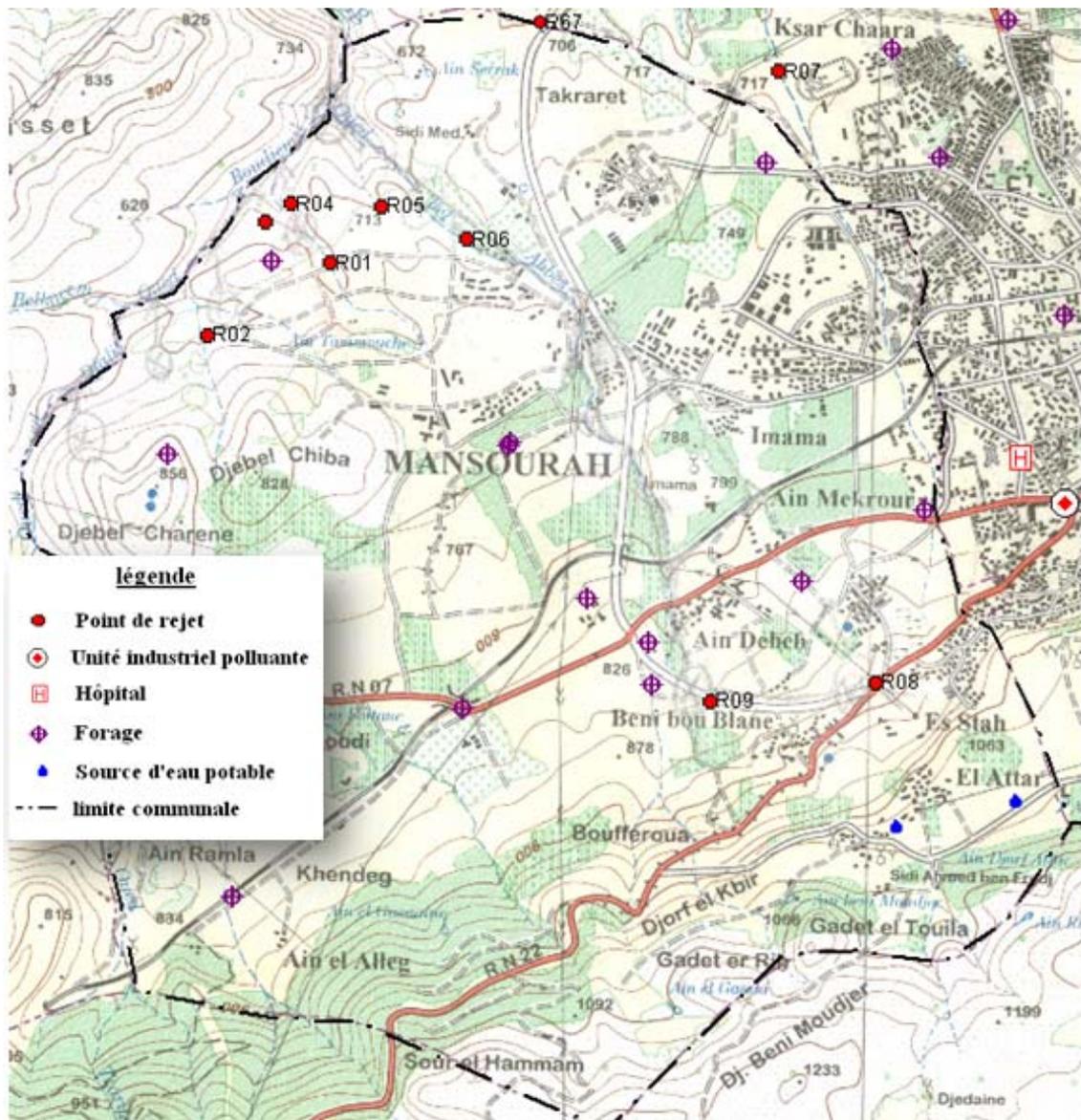


Figure 0.22: Répartition des points de rejet à travers la commune de Mansourah.

On constate que la commune de Mansourah compte 09 points de rejet d'eau usées brute dont 05 points (R04, R02, R03, R08 et R09) se situent en zone à vulnérabilité élevée. Les rejets les plus importants sont, R08 avec un débit d'eau usée de 4.33 l/s à Beni Boublene et R2 avec un débit d'eau usée de 4.92 l/s à champ de tir, cité Tagrat.

Il est à noter que dans la commune de Mansourah, l'utilisation des eaux usées pour l'irrigation a été éradiquée ces dernières années.

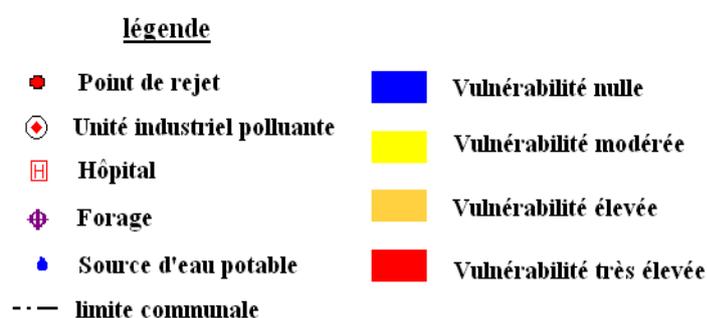
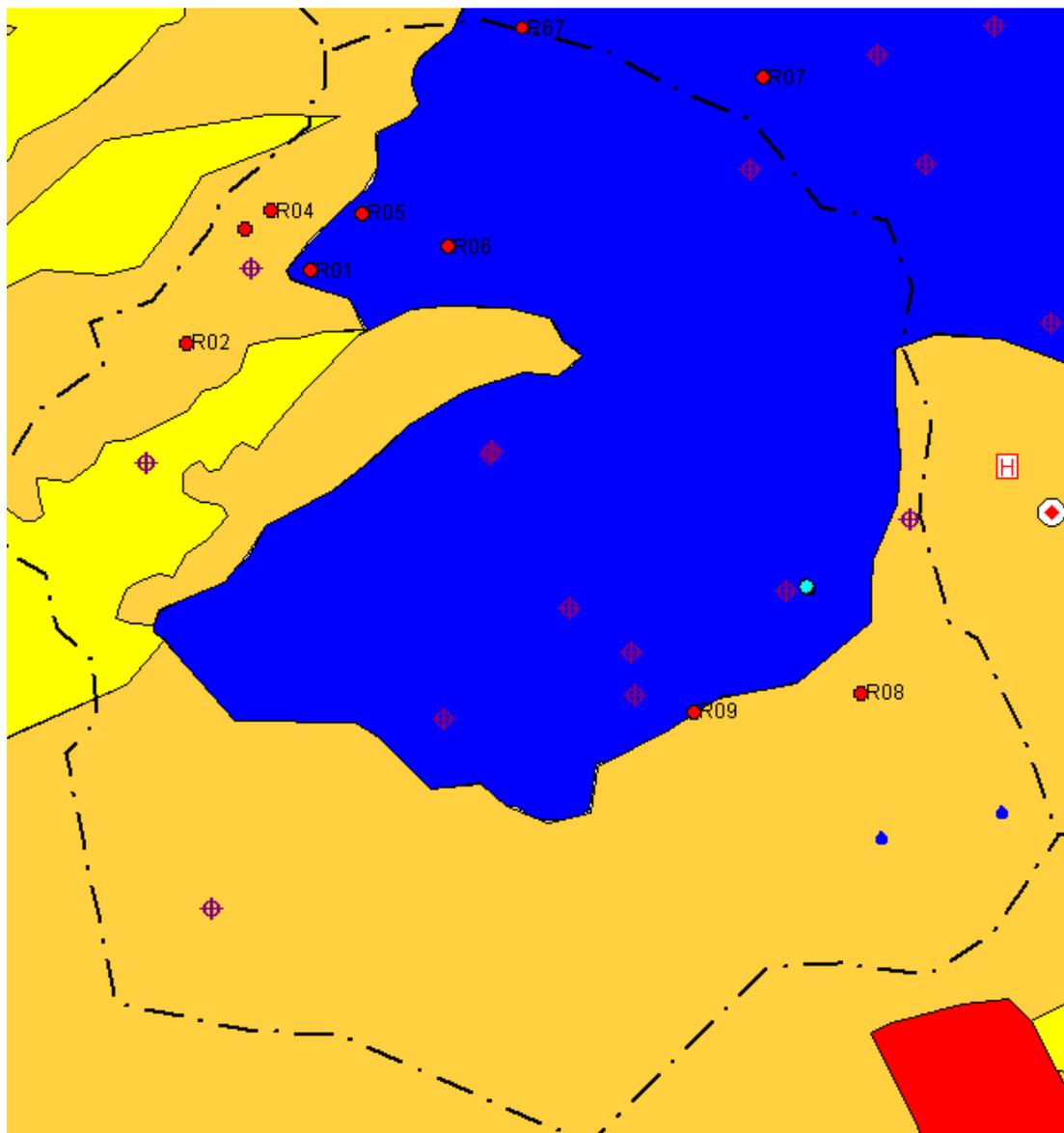
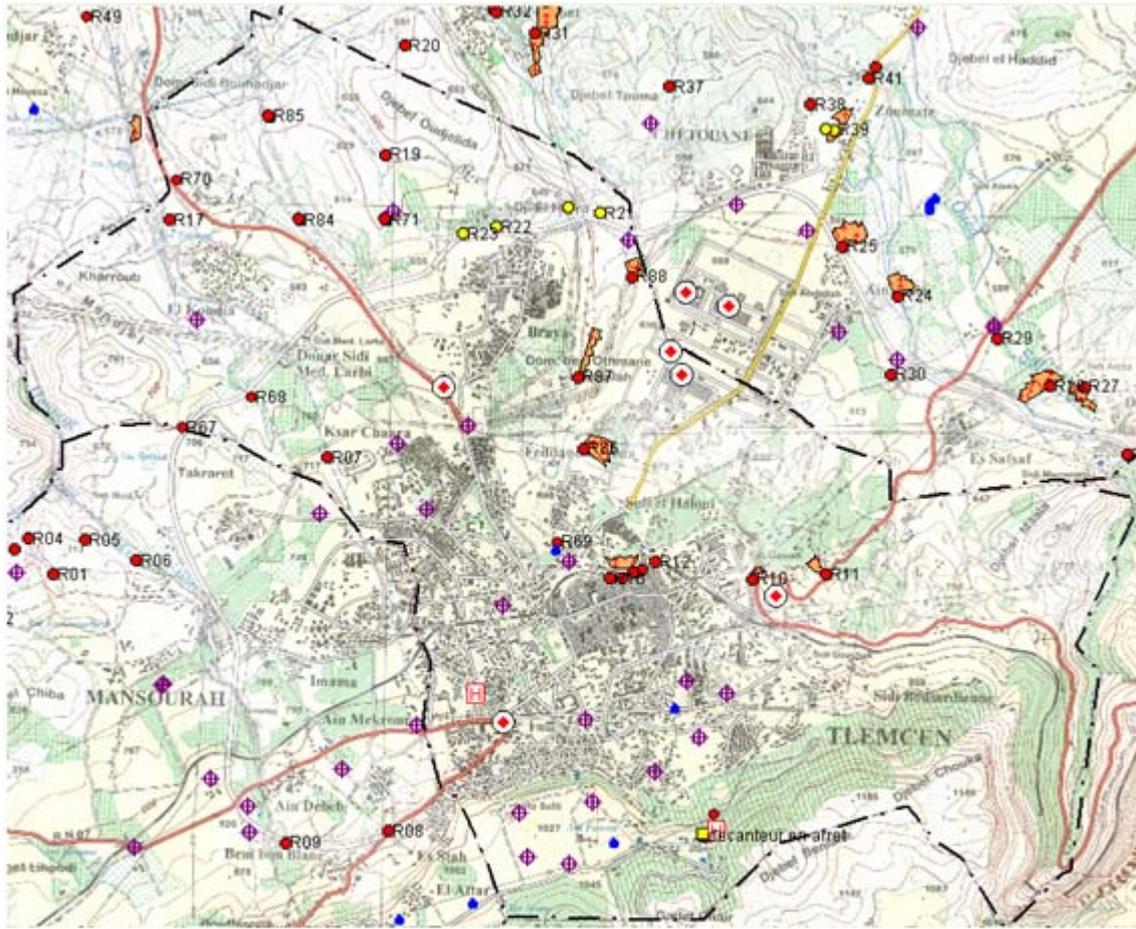


Figure 0.23: Répartition

*des foyers de pollution
potentielle à travers la
commune de Mansourah.*

C) Commune de Tlemcen :

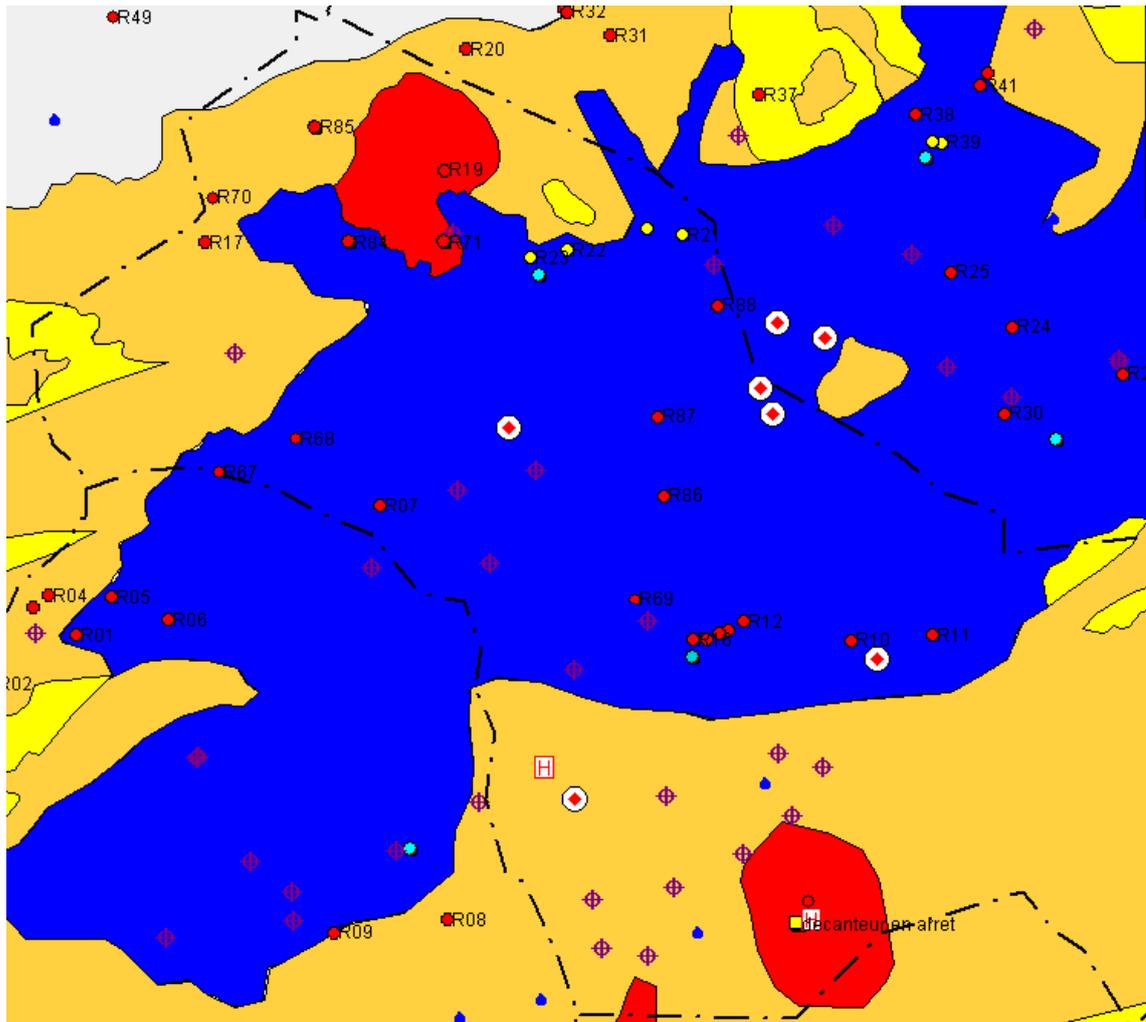
Les caractéristiques des points de rejets d'eaux usées de la commune de Tlemcen sont regroupés dans le tableau A.6 de l'annexe D. Comme précédemment la superposition des cartes en figures 2.25 et 2,26 révèle le degré de vulnérabilité en dernière colonne du susdit tableau.



légende

- | | | |
|--|--|------------------------|
| ● Point de rejet | 🍅 surface agricole irriguée par les eaux usées | 🏥 Hôpital |
| ● Point de rejet pris en charge dernièrement | ⊙ Unité industriel polluante | ⚡ Forage |
| | | 💧 Source d'eau potable |
| | | --- limite communale |

Figure 0.24: Repartition des points de rejet à travers la commune de Tlemcen.



légende

- | | |
|--|---------------------------|
| Point de rejet | Vulnérabilité nulle |
| Point de rejet pris en charge dernièrement | Vulnérabilité modérée |
| surface agricole irriguée par les eaux usées | Vulnérabilité élevée |
| Unité industriel polluante | Vulnérabilité très élevée |
| Hôpital | limite communale |
| Forage | |
| Source d'eau potable | |

Figure 0.25: Répartition des foyers de pollution potentielle à travers la commune de Tlemcen.

En tout, la commune de Tlemcen compte 21 points de rejet d'eau usées brute dont plusieurs sont utilisés pour l'irrigation des parcelles de terre agricole d'environ 34 ha.

En zone à vulnérabilité très élevée il y a 02 points de rejet celui d'Oudjlida et Boudjlida (R19, R71) et 01 point de rejet muni d'un décanteur en panne de la cité et du centre pour Insuffisants Respiratoire à Petits Perdreux.

On constate dans les figures 2.27 et 2.28 que le point de rejet d'eau usée, répertorié sous le N° R71 évacue les eaux usées de la nouvelle cité Boudjlida Est. Il est d'un diamètre de 1000 mm [64] et il est situé, dans une zone à vulnérabilité très élevée à la pollution, à proximité d'un forage d'eau.



Figure 0.26: Le point de rejet R71.



Figure 0.27: Le point de rejet R71.

Les rejets R70 et R17 (à débit très important) ainsi que le R85 (rejet futur de la cité Boudjlida) se trouvent en zone à vulnérabilité élevée. On note aussi l'existence de deux raccordements des eaux rejetées de l'Hôpital et de l'unité polluante Mantal dans le réseau d'assainissement de la ville sans aucun traitement préalable.

Il faut noter que les points de rejet R18, R21, R22 et R23 représentés par un point jaune sur la carte, viennent d'être raccordés à la station d'épuration de Ain El Hout.

Les rejets R67 et R68 issus du nouveau pôle universitaire sont représentés dans les figures 2.29 et 2.30, ci-dessous. Leurs débits théoriques respectifs sont de 154.38 l/s et 38.71 l/s.



Figure 0.28: Le point de rejet R67.



Figure 0.29: Le point de rejet R68.

La zone d'Oudjlida et Boudjlida réservée essentiellement à l'habitat collectif est munie d'un rejet d'eaux usées qui pose un problème majeur car il menace de pollution certaines sources importantes notamment la source d'Ain El Hout. Après cette étude il a été décidé de prolonger ces trois points de rejet futur du site Boudjlida et une partie de la cité Oudjlida à l'aval de la nouvelle Auto Route Est-Ouest en les éloignant de la zone de vulnérabilité à la pollution très élevée.

Mais malheureusement ce débit collecté plus en aval va accentuer le problème et s'ajoute aux eaux résiduaires de la commune d'Hennaya sur l'Oued Seffah qui achemine ces eaux vers la retenue du barrage Sikkak.

D) Commune de Hennaya :

Les points de rejets d'eaux usées de la commune de Hennaya sont représentés dans la figure 2.31. Leurs caractéristiques sont dans le tableau A.7 de l'annexe D. L'indisponibilité d'une carte de vulnérabilité de cette région ne nous permet pas de mettre en évidence le danger encouru par les ressources en eau. On peut, cependant, évoquer que la commune de Hennaya est confrontée à des problèmes majeurs en matière d'assainissement. Le premier est engendré par l'Oued Seffah qui est le principal exutoire des eaux résiduaires du chef lieu de la commune, de l'agglomération de Koudia et de la partie Ouest de Tlemcen. Ce cours d'eau, pollué et non aménagé, traverse l'agglomération d'Hennaya sur un parcours de 2800 m [68] accentuant la rupture de son tissu urbain et générant des impacts négatifs sur son urbanisation future. Ce drain naturel se perd au niveau de la plaine et devient ainsi une source de pollution active. Il y a environ 39 ha de terres agricoles irriguées par les eaux usées. Les eaux rejetées parviennent jusqu'au lac du barrage Sikkak engendrant un degré de pollution sérieux ainsi posant des difficultés pour le traitement de ces eaux destinée pour l'alimentation en eau potable du groupement urbain de Tlemcen.

Une étude de l'Agence des Bassins Hydrographique a été publiée récemment déterminant l'évolution de la qualité des eaux du barrage Sikkak [2]. Il a été constaté que la qualité des eaux du barrage de Sikkak montre clairement la présence d'éléments chimiques (cf. tableau A.4, fig. A.1 et A.2). Si on compare avec les normes de qualité des eaux de barrage (cf. tableau A.2), on constate que la moyenne des teneurs des paramètres analysés dépasse les normes en particulier les éléments NO_2 , NH_4 et PO_4 [2].

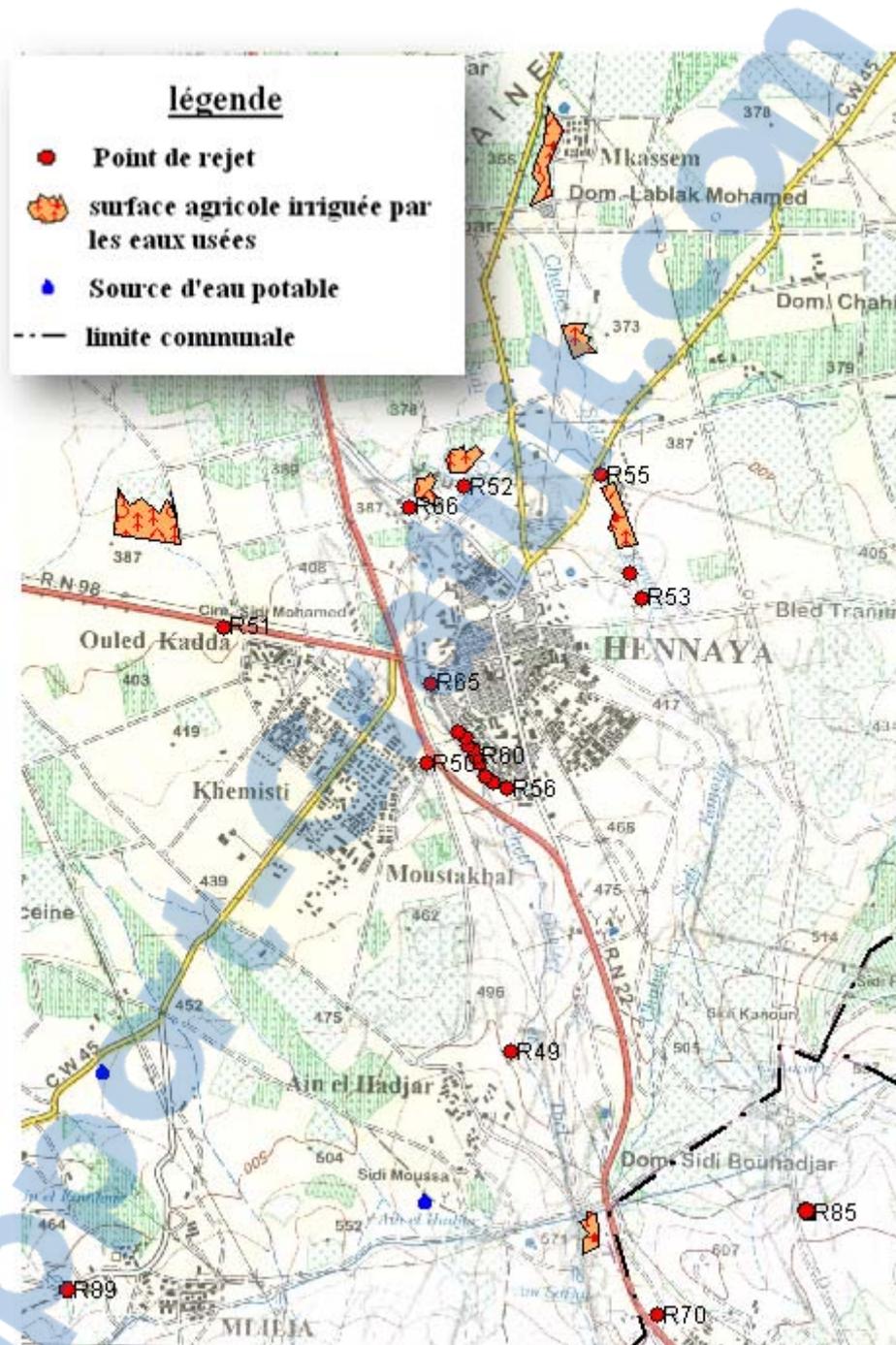


Figure 0.30: Répartition des points de rejet à travers la commune de Hennaya.

Les figures ci-dessous (fig. 3.34 à 3.37) illustrent l'ampleur ainsi que l'anarchie des points de rejet d'eau usée qui envahissent la ville d' Hennaya. Cette dernière est traversée par plusieurs oueds. A cet égard, le schéma de principe d'assainissement proposé doit prendre en charge le drainage de l'ensemble des eaux usées du couloir

Tlemcen-Hennaya vers une future station d'épuration qui pourrait être réalisée au nord de la commune.

Ce système d'assainissement reposerait sur un collecteur principal Tlemcen-Hennaya qui aboutirait à la station d'épuration. Ce réseau serait tracé de manière à permettre un écoulement gravitaire des eaux vers la station d'épuration. Il doit être dimensionné en tenant compte des programmes d'urbanisation prévus à long terme au niveau de Tlemcen-Ouest et Koudia. Une fois ces eaux épurées, elles peuvent être réutilisées par l'agriculture.



Figure 0.31: Le point de rejet R54.



Figure 0.32: Le point de rejet R53.



Figure 0.33: Le point de rejet R50.





Figure 0.34: Le point de rejet R51.

E) Commune de Beni Merster :

Les points de rejets d'eaux usées de la commune de Beni Mester sont représentés dans la carte de la figure 2.35. Leurs caractéristiques sont synthétisées dans le tableau A.9 de l'annexe D.

Tous les rejets d'eaux usées issues de l'agglomération de Beni Mester (A.S. et hameaux inclus) sont dirigés vers les chaabats environnantes. Les eaux usées sont ainsi déversées sans traitement dans l'Oued Boumedjmer. L'utilisation de ces eaux pour l'irrigation ainsi que les infiltrations et le ruissellement au niveau de cet Oued, représentent un risque potentiel de pollution des eaux souterraines exploitées par plusieurs forages implantés le long de cet oued.

La cartographie de la vulnérabilité à la pollution des eaux souterraines de cette région est vivement recommandée afin de mieux évaluer le degré de risque de pollution des eaux souterraines. A ce moment la un système d'épuration adéquat sera conçu en conséquence.

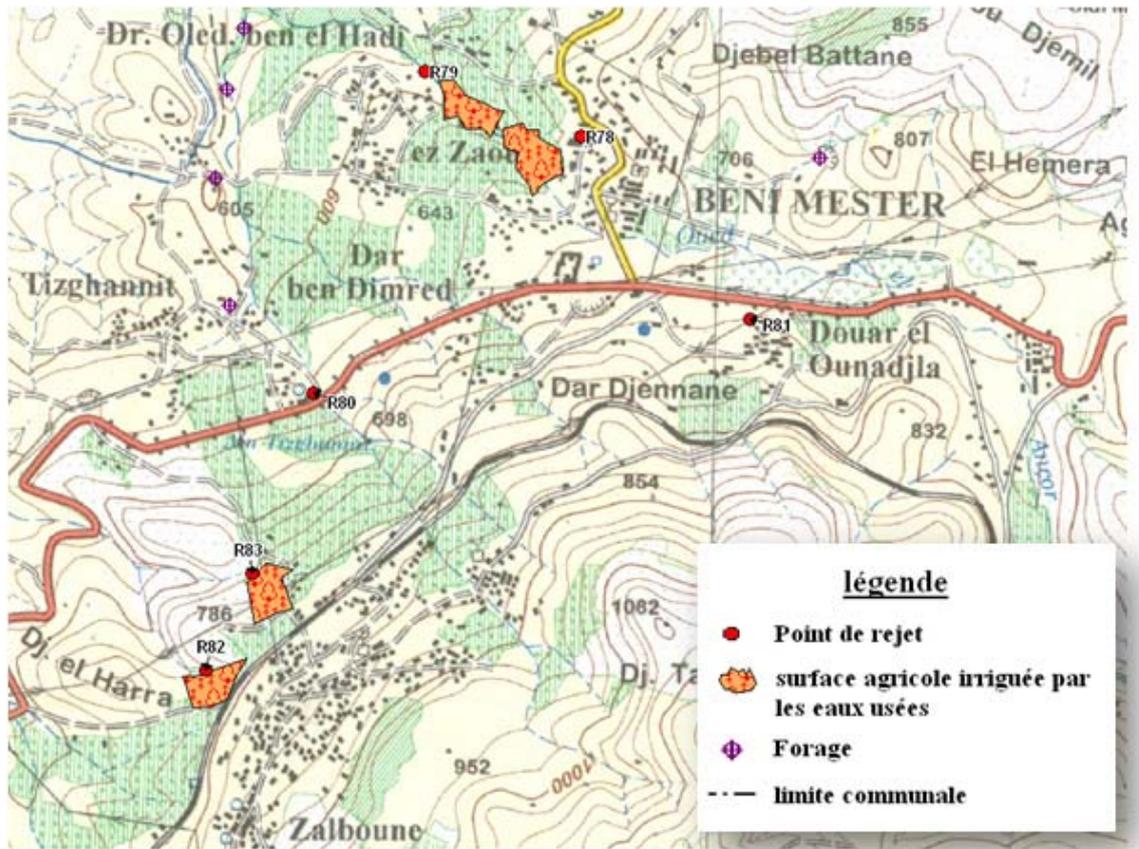


Figure 0.35: Répartition des points de rejet à travers la commune de Beni Mester.

F) Commune de Terny

Les caractéristiques, des points de rejets d'eaux usées de la commune de Terny représentés dans la carte de la figure 2.36, sont inventoriées dans le tableau A.10 de l'annexe D. L'agglomération de Terny compte 06 points de rejets dont les points R75, R76 et R77 ont été pris en charge récemment par un bassin de décantation. Les trois points de rejet restant sont : le rejet R74 du village Sidi Haffif, le rejet R72 du village Maffrouche appelé aussi Abouda et le rejet R73 du village Ouled Ouedfel qui représentent une véritable source de contamination pour le barrage Meffrouche et la nappe phréatique de la région.



Figure 0.36: Répartition des points de rejet à travers la commune de Terny.

Les eaux usées issues du réseau d'assainissement du village Ouled Ouedfel sont acheminées vers une fosse septique (rejet R73, fig. 2.37 et 2.38). Cette dernière, totalement inondée, occasionne des odeurs indésirables et exhorte la prolifération des moustiques dans toute la région. Par temps de pluies toutes ces eaux stagnantes d'eaux usées se trouvent directement acheminées par l'oued Ennachef déversant dans la retenue du barrage Meffrouche qui se situe à une distance ne dépassant pas 1.5 Km.



Figure 0.37: Le point de rejet R73.



Figure 0.38: Le point de rejet R73.

Le point de rejet R74 (fig. 2.39) du village Sidi Hafif d'un diamètre de 300mm est distant du village de plus de 2 km. Il déverse directement dans l'oued Ennachef qui alimente le barrage Meffrouche. Bien que le débit de ce dernier est négligeable le risque de pollution des eaux du barrage ainsi que celles de la nappe sous jacente n'est pas exclu.



Figure 0.39: Le point de rejet R74.

Les eaux usées issues du réseau d'assainissement du village Terni sont acheminées vers un bassin de decantation (voir figure 2.40). Par temps de pluie, il a été constaté un débordement au niveau du regard situé à l'amont de ce bassin. A la suite de cela il y'a eu détérioration de la conduite qui engendre actuellement un deversement partiel des eaux usées dans le milieu naturel (voir photo 2.41). En aval de ce point on constate

aussi que les eaux débordent à travers des regards en amont du bassin de décantation. Les terres agricoles avoisinantes sont ainsi inondées (voir photo 2.42).



Figure 0.40: Le bassin de décantation Terny.



Figure 0.41: Le point de rejet R76.



Figure 0.42: Déversement des eaux usées dans les terrains agricoles à l'amont du bassin de décantation de Terny.

Les eaux decantées sont rejetées dans l'oud Ennachef par le biais d'une conduite en PVC de 200mm de diamètre. Ces eaux sont troubles et de couleur grisâtre. L'impact sur la végétation à proximité du rejet est bien visible (photo 2.43). A quoi sert ce bassin finalement?



Figure 0.43: Les eaux à la sortie du bassin de décantation de Terny.

G) Cartographie des points à risque de pollution :

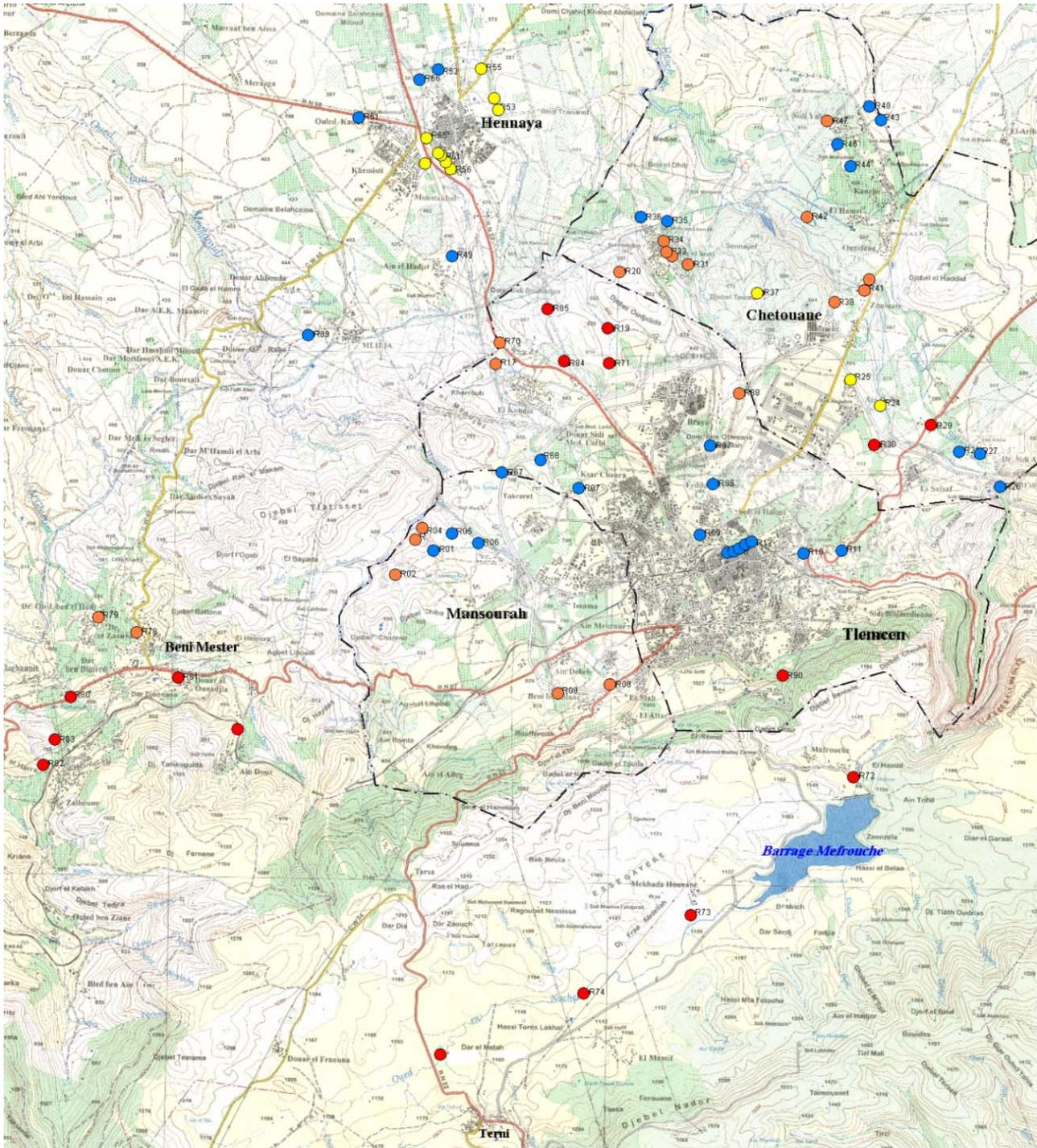
Dans ce qui suit nous donnons une carte que nous avons établie, dans laquelle nous avons procédé à un classement des différents rejets par rapport à un critère qui est : le risque de pollution. Nous avons donc adopté quatre degrés par ordre de priorité : risque de pollution très élevé, élevé, moyen et faible. La carte obtenue est donnée en figure 2.44.

Pour les régions couvertes par la carte de vulnérabilité, les degrés de pollution ont été déterminés par la superposition de la carte de vulnérabilité avec les points de rejets, prenant en considération la proximité de ces derniers par rapport aux forages.

Par contre, les régions non couvertes par cette carte, comme c'est le cas des communes de Beni Mester et d'Hennaya, trois facteurs ont permis de déterminer ces degrés de pollution à savoir : la proximité des points de rejets aux forages en exploitation, la nature géologique des terrains affleurants et le sens de l'écoulement superficiel.

Il apparaît sur cette carte que la majorité des points de rejets à risque de pollution très élevé (un nombre de 10 sur un total de 16) ainsi que 03 points de rejet à risque de pollution élevé ne seront pas pris en charge par la future station d'épuration d'Hennaya et constituent donc des sites favorables pour une implantation de station à filtre planté de macrophyte.

Pour les points de rejets restants, la quasi-totalité sera prise en charge par la future station d'épuration de Hennaya, mais vue l'échéance de réalisation de cette dernière, les points de rejet à risque très élevé et élevé doivent bénéficier d'une solution à très court terme.



Legende:

- risque de pollution très élevé
- risque de pollution élevé
- risque de pollution moyen
- risque de pollution faible
- limite communale

Figure 2.44: Représentation des points de rejets par degré de pollution.

2.7. Conclusion et recommandations

Les importants rejets industriels et domestiques des eaux usées dans les régions vulnérables à la pollution, représentent un risque potentiel de contamination des ressources hydriques, d'autant plus qu'ils sont majorés par l'absence des installations de traitement. Les statistiques au niveau national montrent que la région de Tlemcen demeure une zone à très haut risque de pollution.

La présence d'eaux usées au niveau des principaux cours d'eau notamment les ressources en eau, les sols agricoles et le littoral (exutoire final de la majorité de ces affluents) et la rareté des eaux superficielles a conduit à l'utilisation de ces eaux par les agriculteurs pour l'irrigation de leurs terres. Ce phénomène contribue d'avantage à renforcer le risque de propagation des maladies à transmission hydrique. Ajouter à ceci, les rejets liquides, non traités des unités industrielles transitant parfois par les barrages, comme celui de Sikkak. La situation est condamnable.

Suite à l'étude préliminaire du futur schéma directeur d'assainissement et ces différentes variantes, on constate qu'il y a plusieurs points de rejets qui ne seront pas pris en charge par la nouvelle station d'épuration de Hennaya. A savoir les points de rejets R69, 70,71,72,73,74,87,86, ainsi que les points R10,11,12,13,14,15,16.

Il faut noter qu'au cours de l'élaboration de ce travail et suite à la constatation du positionnement des futurs points rejet R71, R84 et R85 de la nouvelle cité Boudjlida (prévue essentiellement à l'habitat collectif) dans une zone à vulnérabilité très élevée à la pollution, Il a été demandé au maître d'ouvrage des V.R.D. de Boudjlida, d'éloigner et de prolonger ces trois rejets jusqu'à l'aval de la nouvelle autoroute Est-Ouest dans le but d'éviter toute contamination des eaux souterraines de cette région.

Cependant, le point de rejet R71, le point de rejet de Oudjlida coté Ouest (R19) et de Saf Saf (R29 et R30) se trouvent très proches de forages d'eau en exploitation, d'où la nécessité à court terme d'évacuer ces eaux. A mentionner, que les forages se situant dans une zone à vulnérabilité même faible (le cas des forages Saf Saf 1, 2 et 3) peuvent être eux mêmes source de contaminations, d'où l'intérêt d'établir les périmètres de protection.

La collecte des eaux usées des centres de la commune de *Beni Mester* (R78, 79, 80, 81, 82,83) vers plusieurs stations d'épuration à filtres plantés de macrophytes, s'avère être une priorité absolue, afin d'éviter toute contamination des eaux souterraines exploitées par la population à travers les différents points d'eau, puits et forages. Cependant une carte de vulnérabilité à la pollution de cette zone doit être établie au préalable. En absence de cette dernière les points de rejets a risque de pollution de cette

région ont été étudiés en se référant à trois facteurs : la nature géologique des terrains affleurants, le sens de l'écoulement et la proximité des points de rejet par rapport aux forages d'eau. L'élaboration de cette carte des points de rejets à risque de pollution, nous a permis de classer ces derniers en quatre degrés par ordre de priorité.

Les points de rejets R4, R3 et R2 de la commune de *Mansourah* de la cité *Tagrat*, les points de rejet R74 du village *Sidi Hafif* et R73 du village *Oued Ouadfel* sont des rejets classés à haut risque de pollution (élevé et très élevé). Selon les paramètres préliminaires constatés à savoir le débit d'eaux usées, le nombre d'habitants et l'espace disponible, la réalisation d'une station à filtre planté de macrophyte est plus qu'envisageable.

Il est également nécessaire de compléter le système de traitement des eaux usées de l'agglomération de *Terny* par la réalisation de filtres plantés de macrophyte à écoulement horizontal en aval du décanteur. Ce serait une solution idéale.

Chapitre III

CONCEPTION D'UNE STATION D'EXPERIMENTATION POUR ETUDIER ET OPTIMISER LES PHENOMENES D'EPURATION PAR LES PLANTES

3.1. Introduction

L'importance de l'eau dans l'économie ne cesse de croître. Cependant, l'industrialisation croissante, l'accroissement de la population et de son niveau de vie ainsi que la multiplication des zones éparses, sont autant de facteurs ayant contribué à ce que les rejets d'eaux résiduelles aient un impact néfaste sur les ressources en eaux superficielles et souterraines.

Vu le retard démesuré dans le domaine d'épuration des eaux usées, l'Algérie a mis en place dernièrement un programme ambitieux en matière d'assainissement. Cependant, seuls les points de rejet les plus importants en termes de volumes ont été pris en charge, ainsi les systèmes d'épuration adoptés sont ceux de grandes capacités telles que les stations classiques à boues activées. Négliger ainsi les rejets éparses de volumes moins importants est sûrement une erreur fondamentale qui peut se traduire par des conséquences néfastes sur l'environnement en général et sur la santé humaine en particulier. Actuellement, l'installation de ces stations classiques assez onéreuses est devenue systématique, occasionnant par conséquent un retard considérable dans le développement et la conception de nouveaux types de procédés adaptés aux petites agglomérations. Chaque projet de station d'épuration constitue un cas particulier dont la réalisation dépend de différents paramètres et les procédés sont en constante évolution. A cet effet, les ingénieurs chargés de l'étude de ces types de projets, doivent maîtriser les différentes techniques et procédés d'épurations afin de décider du choix du type de traitement.

L'objectif de ce chapitre est de concevoir une station expérimentale du type « Macrophytes » pour étudier les paramètres de conception en fonction des données locales propres à la région d'étude tout en optimisant les matériaux locaux à utiliser. Pour ce faire, nous nous inspirons de l'expérience algérienne déjà vécue en ce type de stations. Ainsi, avant de commencer l'étude de la susdite station expérimentale, nous donnons tout d'abord un aperçu rapide sur la conception et les performances épuratoires de l'unique station de ce type réalisée à Touggourt par les autorités algériennes.

3.2. Description de la station de Touggourt

Le ministère des ressources en eau a procédé en 2007 à la mise en place d'un système expérimental d'épuration des eaux usées par les macrophytes. Ce système pilote de traitement des eaux usées, premier son genre en Algérie, a été réalisé au niveau de la localité de Temacine (Vieux Ksar) dans la wilaya d'Ouargla.

L'étude du système d'épuration a été établie par le bureau d'étude *WWGI* (Royaume Uni) spécialisé dans ce type de procédé [41]. Les travaux ont été réalisés par une entreprise locale sous la supervision des experts du *WWGI*. L'étude et l'assistante technique concernant ce projet ont été financées dans le cadre de la coopération Allégro-Belge sur le Fonds d'Etudes et d'Expertise Belgo-Algérien (F.E.E.). Quand aux travaux ils ont coûtés 9.000.000 DA avec une durée de réalisation de 6 mois. Ce projet a été pris en charge dans le cadre d'un budget communal (P.C.D.). La station a été mise en service en juillet 2007. Sa gestion et son entretien ont été confiées à seulement quatre ouvriers de l'Office National de l'Assainissement.

3.2.1. Description du projet

La station a été dimensionnée pour le traitement d'un débit de $15 \text{ m}^3/\text{j}$ d'eau usée domestique, ce qui correspond en moyenne au volume rejeté par 100 habitants soit 20 habitations du Vieux Ksar de Temacine. Cette dernière occupe une superficie totale de 400 m^2 et elle est équipée d'un banc de 80 cm d'épaisseur, à écoulement horizontal, plantés par différents types de macrophytes avec une alimentation gravitaire. L'étanchéité du banc est assurée par des géo-membranes. Le filtre est alimenté par des eaux usées décantées par une fosse septique d'un volume total de 45 m^3 , soit trois jours de séjour. Une vue générale de cette station est donnée en figure A.3 en annexe F. Le volume total du bassin de traitement est de 400 m^3 . Des murs de ralentissement du flux de l'eau à l'intérieur du bassin ont été rajoutés afin de s'assurer que les eaux séjournent le temps nécessaire (5 jours) dans le bassin. Les matériaux utilisés dans le bassin sont des graviers de carrières locales pour la couche filtrante et du parpaing pour la réalisation du bassin comme le montre la figure (fig. A.4).

La station est divisée en deux parties :

- La première partie du bassin de traitement des eaux usées compte 941 plantes dont 23 espèces différentes utilisées pour l'épuration.
- La deuxième partie est la zone de drainage (voir les figures A.5 et A.6). Le système comporte un réseau de drainage gravitaire souterrain de 468 m réparti en 6 zones principales. Elle a été divisée comme site expérimental pour servir

de zone d'irrigation souterraine. Cent trente huit (138) plantes parmi 17 espèces ont été plantées dans la zone de drainage (figure A.7 et A.8). Ces plantes sont des espèces d'arbres fruitiers tels que les figuiers (figure A.9).

3.2.2. Performances épuratoires

Après quelques mois de fonctionnement, le procédé assure un rendement épuratoire très appréciable selon les analyses effectuées par l'ONA dont les détails sont donnés par les tableaux 3.1, 3.2 et 3.3 suivants.

Tableau 3.1 : Résultat d'analyse des charges à l'entrée de la S.T.E.P..

Désignation	volume	Les Charges à l'entrées de la S.T.E.P.									
		MES	DBO5	DCO	N-NH4	NTK	N-NO2	N-NO3	PI	T	pH
	m ³	kg/j	kg/j	kg/j	kg/j	kg/j	kg/j	kg/j	kg/j	C°	
Valeur moyenne mensuelle	14.5	11.07	2.46	4.10	/	/	0.003	0.50	/	19.75	/

Tableau 3.2 : Résultat d'analyse des charges à la sortie de la S.T.E.P.

Désignation	volume	Les Charges à la sorties de la S.T.E.P.									
		MES	DBO5	DCO	N-NH4	NTK	N-NO2	N-NO3	PI	T	pH
Valeur moenne mensuelle	m3	kg/j	kg/j	kg/j	kg/j	kg/j	kg/j	kg/j	kg/j	C°	
	14.5	0.31	0.46	0.76	/	/	0.001	0.42	/	19.25	/

Tableau 3.3 : Les rendements de la S.T.E.P.

Désignation	Les rendements								
	MES	DBO5	DCO	N-NH4	NTK	N-NO2	N-NO3	PI	T
Valeur moyenne mensuelle	%	%	%	%	%	%	%	%	%
	97.12	81.27	81.27	/	/	69.22	17.75	/	19.25

Durant toute la période de l'exploitation de cette station pilote en Algérie, il a été observé que le rendement d'épuration et les facteurs organoleptiques sont acceptables. Il

a aussi été observé une absence de moustiques, insectes indésirables et de rongeurs. On peut donc conclure que ce type de procédé peut être conçu pour traiter les eaux usées dans des régions assez chaudes telles que la région de Touggourt. En général, ce procédé d'épuration, de plus en plus utilisé notamment pour les petites communautés européennes, présente beaucoup d'avantages. Il est simple à exploiter, à entretenir et peut être réalisé par des matériaux locaux. C'est un procédé écologique qui fonctionne sans utilisation d'énergie ni apport de produits chimiques. Cependant, l'expérience acquise dans cette station concerne seulement les filtres plantés à écoulement horizontal, quoique le type le plus utilisé et le plus recommandé du point de vue simplicité et efficacité, est le filtre à écoulement vertical. Aussi, il faut noter que l'inconvénient majeur de cette station est l'utilisation de plusieurs espèces de plantes dans le même bassin, suite à cela les exploitants ne peuvent pas déterminer quelles sont les plantes les plus efficaces pour le traitement de ces effluents. A cet effet, l'implantation d'une station expérimentale dans notre d'étude (zone concernée par ce mémoire) est plus que souhaitable pour optimiser les différents paramètres de conception, particulièrement pour le filtre à écoulement vertical.

3.3. Description de la station expérimentale proposée

Compte tenu de ce qui a précédé dans la section précédente, il est donc impossible d'utiliser les paramètres de la station de Touggourt pour optimiser la conception du même type de station dans la région de Tlemcen et plus particulièrement une station à écoulement vertical. Afin de déterminer les paramètres optimaux pour la réalisation d'un premier prototype de stations à macrophytes au niveau de la région tlemceniène, nous proposons la réalisation de la station expérimentale, évoquée plus haut, au niveau du campus de Chetouane. Le plan de situation de cette station est donné dans la figure 3.1 et son schéma de réalisation est proposé dans la figure 3.2.

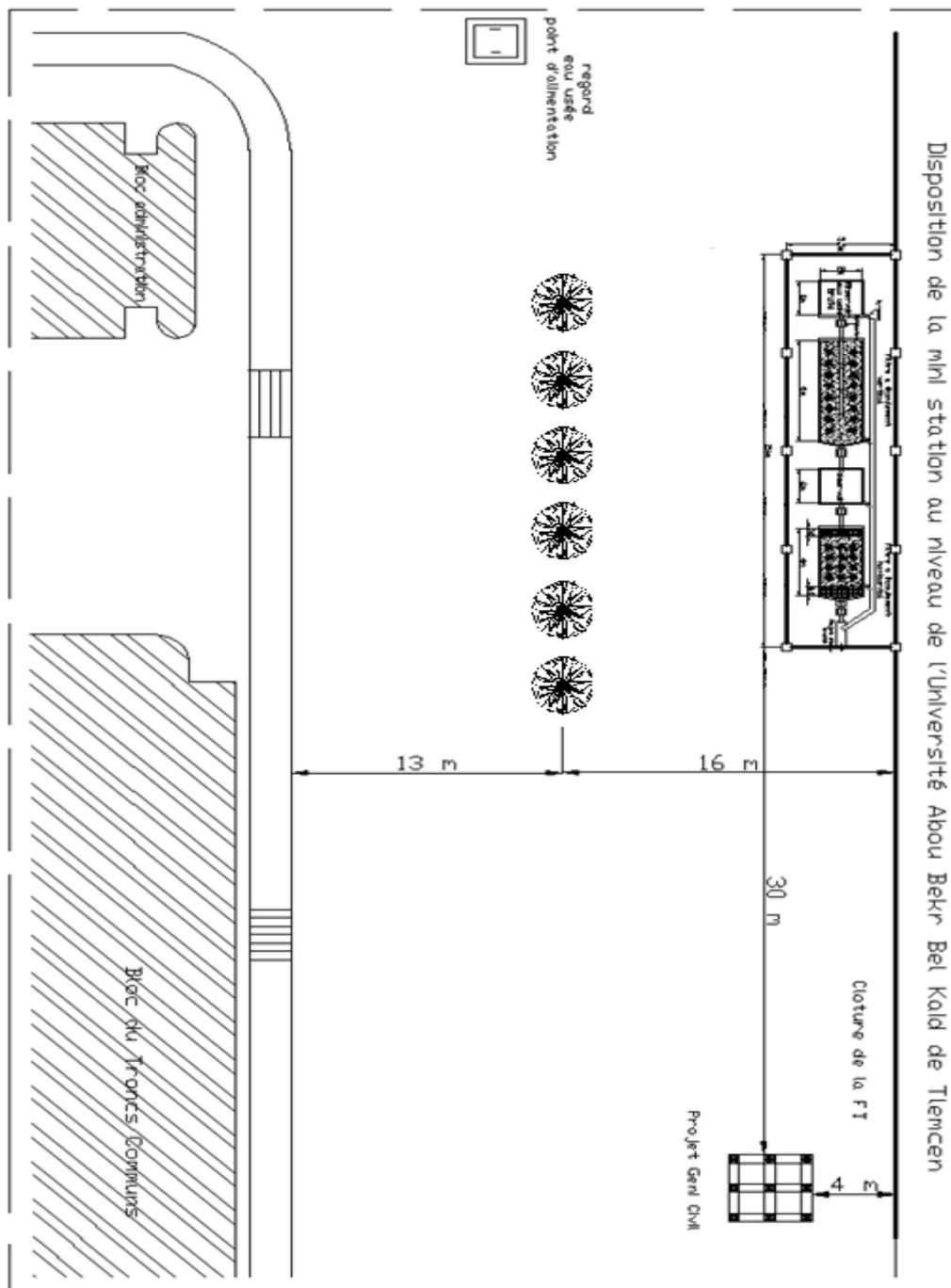


Figure 0.1 : Plan de situation de la station expérimentale proposée au niveau du campus de Chetouane.

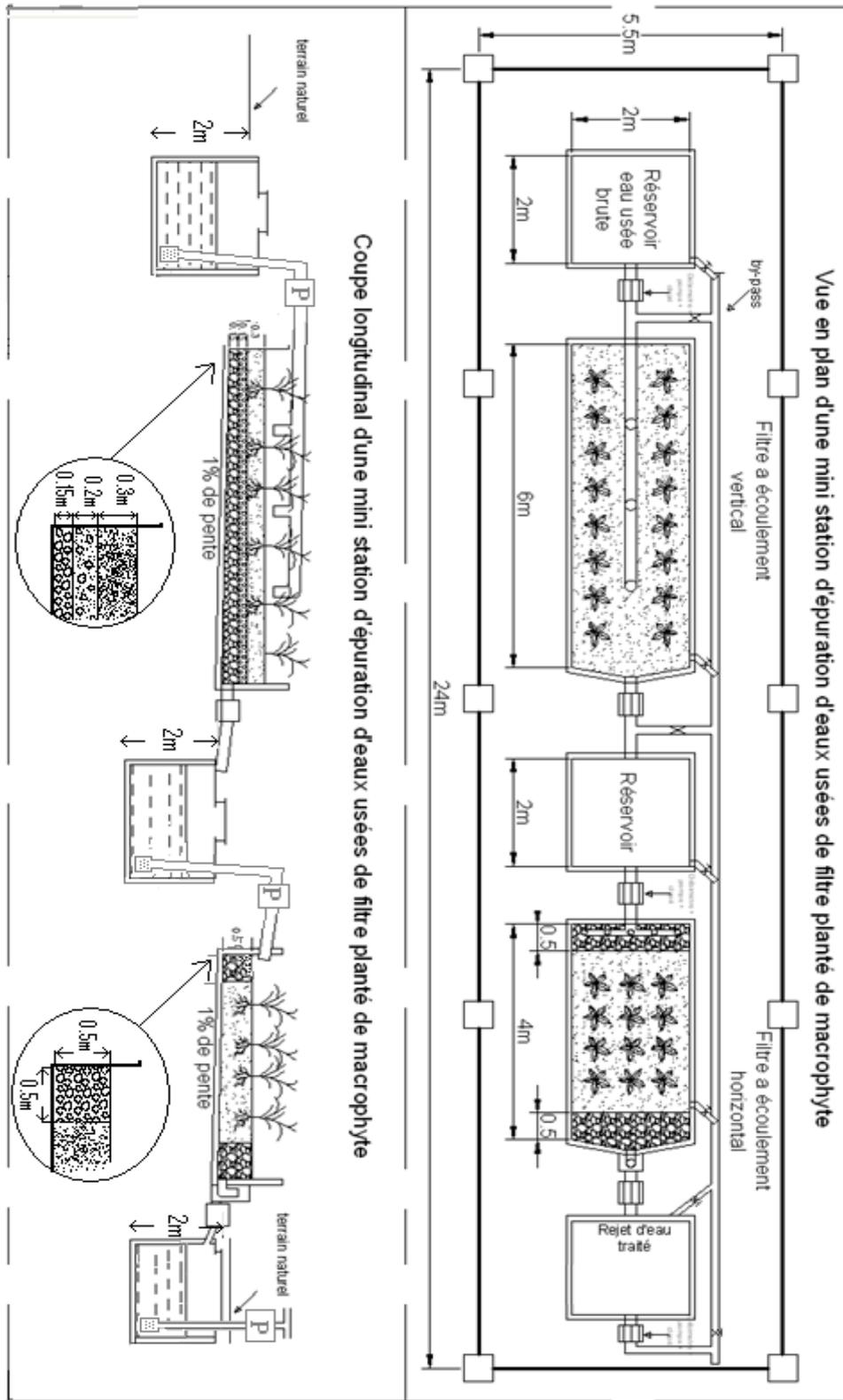


Figure 0.2: Schéma de la station expérimentale proposée.

3.3.1. L'objectif recherché

L'objectif recherché de cette station expérimentale est:

- l'optimisation de la texture du substrat filtrant avec des matériaux locaux,
- la sélection de plantes adaptées pour réaliser un meilleur rendement épuratoire tout en assurant une longue durée de vie de la station,
- l'optimisation des paramètres hydrodynamiques.

3.3.2 Le matériel de laboratoire

Le matériel de laboratoire nécessaire pour la bonne marche des expérimentations à effectuer consiste en un ensemble d'appareillages de contrôle des variables hydrodynamiques et de mesure des paramètres physico-chimiques et bactériologiques des eaux résiduaires à en amont et en aval du procédé. Outre les instruments de contrôle, les autres principaux instruments de mesure sont:

- l'oxydimètre : pour mesurer le taux d'oxygène dans les eaux avant et après le traitement.
- le conductimètre : pour la mesurer la conductivité.
- le pH mètre : Pour la mesure du pH
- le DBO mètre : pour la mesure du DBO_5 . Nous proposons un appareil de mesure de la DBO avec sélection directe de l'échantillon.
- le spectrophotomètre. Nous recommandons un spectrophotomètre spécial pour eaux usées. Il mesure tous les paramètres clés, de l'ammonium au zinc (Nutriments, Métaux, - Désinfectants, - Surfactants etc...)

Les appareils portatifs tels que ceux donnés dans la figure 3.3 sont à recommander lorsqu'ils existent.



Figure 0.3: Appareils de mesure portatifs (Oxidimètre, Conductimètre, pH mètre)

3.3.3. Le dimensionnement

Les dimensions qu'on propose pour la station expérimentale (échelle réduite) sont indiquées en figure 3.2. On recommande deux bassins en béton afin de pouvoir expérimenter différentes textures des filtres avec différents matériaux locaux. Deux bassins sont proposés : le premier en amont, est de 12 m^2 et celui en aval est de 8 m^2 (en respectant la recommandation dans la littérature de 60 et 40% pour les lits verticaux). Il est cependant souhaitable d'avoir 3 lits de 12 m^2 en amont et 2 lits de 8 m^2 en aval afin d'avoir un traitement continu dans certaines configurations. Toutefois cette option n'est pas indispensable dès le début. Elle augmenterait considérablement le coût de réalisation de la station. Des traitements à un rythme discontinu seront envisagés pour pallier à cette contrainte.

L'objectif majeur de la station expérimentale n'est autre que l'optimisation du substrat filtrant (texture et nature) en fonction des matériaux locaux, des contraintes locales propres à la région d'étude et des paramètres hydrodynamiques. Le nombre d'équivalent habitant qui sera traité par cette station dépendra, entre autres, des scénarios qui seront expérimentés.

Le prototype qui serait éventuellement conçu en fonction des paramètres optimisés fera l'objet d'un dimensionnement des surfaces utiles, qui tiendra compte des recommandations existantes dans la littérature.

3.3.4. Les matériaux du substrat filtrant

On propose pour la première expérimentation la configuration suivante pour les substrats filtrants :

- 1^{er} étage à écoulement vertical : Une première couche de 30 cm d'épaisseur avec 50% du sable de carrière mélangé à 50% de gravier fin (3/8), une deuxième couche de 20 cm d'épaisseur avec 50% du gravier (8/15) mélangé à 50% de gravier (16/25) et une troisième couche de 15 cm d'épaisseur avec du gravier grossier (25/40).
- 2^{ème} étage à écoulement horizontal : La profondeur sera de 50cm. Le point d'alimentation sera composée de 50% du gravier (8/15) mélangé à 50% de gravier (16/25), la couche filtrante sera composée de 50% sable de carrière mélangé à 50% gravier fin (3/8) et le point d'évacuation sera composée de 50% du gravier (8/15) mélangé à 50% de gravier (16/25).

3.3.5. Les plantes

Les premières expérimentations seront effectuées avec des lits plantés de roseaux (type *phragmites australis*). Ces roseaux sont très abondants dans pratiquement tous les oueds du bassin de la Tafna. L'utilisation de ces derniers dans notre futur projet expérimental nécessite un repiquage et une pré-culture d'une durée d'environ 1 mois dans des pots avant la plantation finale, pour le but d'amplifier leur développement



racinaire. Des photos, prises au niveau de champs à *Sidi Said*, de ces roseaux ainsi que leur développement racinaire sont montrées dans les figures 3.4 et 3.5.

Figure 0.4 : Photo des racines de roseaux prise au niveau de l'oued Sidi Othmane.

Figure 3.5: Photo des roseaux (*phragmites* prise au niveau de l'oued Sidi Othmane.

3.3.6. Le réseau « alimentation- évacuation » des eaux

L'alimentation des bancs se fera au niveau du regard d'eau usée qui évacue les eaux résiduaires de la cité des enseignants à proximité de la station. On peut aussi envisager d'épurer différentes qualités d'eaux usées on les ramenant d'autres endroits par des citernes. Un système de contrôle de la fréquence et du volume des bâchées sera installé dans le but d'optimiser le débit à traiter en fonction des différents substrats et qualités d'eaux usées.

Toutes les canalisations seront réalisées en PVC muni de plusieurs vannes et by-passes afin d'expérimenter toutes les variantes possibles (lits parallèle-parallèle, parallèle-série, série-série etc.). Le choix du matériau PVC s'est basé sur la simplicité de son installation et de son faible coût par rapport au PEHD.

On prévoit aussi des réservoirs de stockage et des pompes à boue pour permettre de réguler le débit et la fréquence des bâchées, le recyclage des eaux déjà traitées et d'alimenter la station avec d'autres sources d'eaux usées.

L'évacuation des eaux traitées sera effectuée au niveau d'un regard situé en aval de la station.

3.3.7 Le Coût d'investissement

Pour la réalisation de cette station expérimentale à filtre planté de macrophyte, nous avons fait une estimation du coût après consultation de plusieurs entreprises de réalisation dans le domaine de l'hydraulique. Le devis estimatif et quantitatif représenté dans le tableau 3.4 a été élaboré avec une moyenne des prix unitaires afin d'avoir une évaluation moyenne du coût de revient de cette dernière.

Par ailleurs, le coût de cette station expérimentale est plus élevé que celui d'une station réelle, de même dimension, conçue sur le terrain du fait que d'une part elle est munie d'un réseau d'alimentation et d'évacuation plus complexe, de bancs avec du béton armé, de pompes et de réservoirs supplémentaires et d'autre part l'estimation des petites quantités est toujours surévaluée.

Vu qu'il existe déjà des laboratoires d'analyse d'eau usée au niveau de la wilaya de Tlemcen, l'évaluation des prix concernant le matériel de laboratoire n'a pas été prise en considération dans cette évaluation.

Tableau 3.4 : devis estimatif et quantitatif de la S.T.E.P. expérimentale.

N°	DESIGNATION DES EQUIPEMENT	U	P.U.HT	QTE	PT.HT
1	Fourniture et mise en place d'un Substrat filtrant de granulométrie gravier 3/8 melangé avec du sable y compris réglage, étalage et toutes autres sujétions.	M ³	1500,00	10	15 000,00
2	Fourniture et mise en place d'un Substrat filtrant de granulométrie gravier 8/15 mm melangé avec du gravier 16/25mm y compris réglage, étalage et toutes autres sujétions	M ³	1400,00	10	14 000,00
3	Fourniture et mise en place d'un Substrat filtrant de granulométrie 25/40 mmy compris réglage, étalage et toutes autres sujétions	M ³	1200,00	5	6 000,00
4	Evacuations des terres excédentaires y compris	M ³	500,00	30	15 000,00

	nettoyages, réglages et toutes autres sujétions				
5	Fourniture et mise en œuvre de béton ordinaire de propreté dosée a 250kg/m ³ y comprise réglage de pente et toutes autres sujétions	M ³	20000,00	5	100 000,00
6	Fourniture et pose de Pompe a boue HMT: 22 m / Q: 4m ³ /h y compris raccordement sur la conduite, essai et tout autre sujétion.	U	65000,00	3	195 000,00
7	Fourniture et pose Pompe centrifuge 4L/s a 3m y compris raccordement sur la conduite, essai et tout autre sujétion.	U	5000,00	1	5 000,00
8	Fourniture et pose de conduite type PN4 Ø50 mm selon plan y compris raccordement, join, colle, fixattion, essai et toute autre sujestion	ML	200,00	45	9 000,00
9	Fourniture et pose de T type PN4 Ø 50 mm y compris raccordement, join, colle, fixattion, essai et toute autre sujestion	U	200,00	17	3 400,00
10	Fourniture et pose de coude type PN4 Ø 50 mm y compris raccordement, join, colle, fixattion, essai et toute autre sujestion	U	120,00	20	2 400,00
11	Fourniture et pose de Vanne type PN4 Ø 50 mm y compris raccordement, join, fixattion, essai et toute autre sujestion	U	1900,00	5	9 500,00
12	Fourniture et pose de clapé de non retour Ø 50 mm y compris fixattion, essai et toute autre sujestion	U	1500,00	4	6 000,00
13	Fourniture et pose de crépine Ø 50 mm y compris fixattion et toute autre sujestion,	U	1500,00	5	7 500,00
14	Fourniture et pose de conduite type PN4 Ø 80 selon plan mm y compris raccordement, join, colle, fixattion, essai et toute autre sujestion,	ML	260,00	30	7 800,00
15	Fourniture et pose de coude type PN4 Ø 80 mm y compris raccordement, join, colle, fixattion, essai et toute autre sujestion	U	200,00	15	3 000,00
16	Fourniture et pose de T type PN4 Ø 80 mm y compris raccordement, join, colle, fixattion, essai et toute autre sujestion	U	200,00	8	1 600,00
17	Fourniture et pose de Vanne Ø 80 mm y compris raccordement, join, fixattion, essai et toute autre sujestion	U	2900,00	7	20 300,00
18	Fourniture et pose de conduite type PN4 Ø 90 mm y compris raccordement, join, colle, fixattion, essai et toute autre sujestion,	ML	350,00	32	11 200,00
19	Fourniture et pose de coude type PN4 Ø 90 mm y compris raccordement, join, colle, fixattion, essai et toute autre sujestion	U	300,00	13	3 900,00
20	Fourniture et pose de T type PN4 Ø 90 mm y compris raccordement, join, colle, fixattion, essai et toute autre sujestion	U	600,00	6	3 600,00
21	Fourniture et pose de Bouchons étanches PN4 Ø 90 mm y compris fixattion, essai et toute autre sujestion	U	800,00	8	6 400,00
22	Fourniture et pose de conduite type PN4 Ø110 mm selon plan y compris raccordement, join, colle, fixattion, essai et toute autre sujestion	ML	400,00	30	12 000,00

23	Fourniture et pose de flotteur électrique y compris branchement essai et toute autre sujestion	U	900,00	3	2 700,00
24	Fourniture et mise en place d'horloge électrique (minuterie) y compris réglage et toute autre sujestion	U	3000,00	3	9 000,00
25	Fourniture et pose de câble électrique avec gaine de protection y compris branchement, essai et toute autre sujestion	ML	400,00	60	24 000,00
26	Fourniture et pose de disjoncteurs électrique de protection y compris branchement, essai et toute autre sujestion	U	6000,00	1	6 000,00
27	Réalisation de banc en béton armé dosée a 350kg/m3 de Dim 6 m x 2 m x H 1m avec 10cm d'épaisseur selon plan y compris coffrage ferrailage crépissage et toute autre sujestion	M ³	35000,00	4	140 000,00
28	Réalisation de banc en béton armé dosée a 350kg/m3 de Dim 4 m x 2 m x H 1m avec 10cm d'épaisseur selon plan y compris coffrage ferrailage crépissage et toute autre sujestion	M ³	35000,00	3	105 000,00
29	Ouverture de la tranchée en terrain toute nature sur une profondeur et largeur selon profil en long au moyen mécanique ou manuel y compris étalage des parois, nettoyage du fond de fouille, nivellement, réglage de pente et toutes autres sujestions	M ³	3000,00	40	120 000,00
30	Remblai de la tranchée en terre de provenance des déblais ou importer, arrosés et compactée en couches successives de 20 cm y compris toutes autres sujestions	M ³	200,00	10	2 000,00
31	Fourniture et pose de réservoir en plastique 2200L y compris réglage, raccordement, essai d'étanchéité et toute autre sujestion	U	40000,00	3	120 000,00
Total HT					986 300,00
TVA 17 %					167 671,00
Total TTC					1 153 971,00

Conclusion générale et perspectives

Dans un passé très récent les techniques d'assainissement et les procédés d'épuration se sont sophistiqués et diversifiés. Les méthodes qui mettent en œuvre les processus naturels tels que les filtres plantés de macrophytes ont pris une place conséquente dans ce domaine.

Poursuivre le déversement des eaux usées des secteurs assainis, sans traitement préalable dans le réseau hydrographique des bassins versants de la Tafna et les Côtiers Oranais particulièrement dans les régions à forte vulnérabilité à la pollution, risque à court terme d'aggraver la pollution des ressources hydriques superficielles et de compromettre la potabilité des ressources en eau souterraines. Cette situation va s'empirer, d'autant plus qu'il n'existe toujours pas de stratégie globale ni de plans d'intervention adaptés pour la prise en charge des points de rejets des petites agglomérations. L'instauration d'une politique globale qui prend en charge ces problèmes de pollution, doit impérativement adopter la conception et l'implantation des filtres plantés de macrophytes appropriés à ces milieux. Dans ce mémoire, on a mis en évidence la simplicité et l'efficacité prouvée de ce procédé naturel, en premier en établissant un état d'art assez riche concernant le savoir-faire acquis dans ce domaine et en second en analysant les données recueillies au niveau de la station pilote à macrophytes de la localité de *Temacine* dans la wilaya de Ouargla. Aussi, l'étude de l'état d'assainissement et du capital des ressources hydriques, nous a permis d'inventorier les points de rejets, constituant un risque de pollution important, non pris en charge par la station en exploitation de Ain el Houtz et la station future d' Henaya. Ces points ont été groupés par commune :

Parmi les points de rejet de la commune de Tlemcen on note les points R19, R71 dans l'agglomération de Boudjlida et R85 de l'agglomération de Koudia. La prise en charge à court terme de l'épuration des eaux de ces rejets est extrêmement urgente étant donné que nous les avons classés comme rejets à risque très élevé, de pollution.

La commune de *Beni Mester* est caractérisée par l'existence de différentes zones éparses et par conséquent de points de rejet à savoir R78, 81, 80, 82, 83 A.C.L. 79 difficilement collectables vers une seule station d'épuration. Dans le cas classique l'unification de ces points est du point de vue économique incommode du fait de son coût exorbitant, ce qui nous oriente vers l'utilisation des stations à filtre planté de macrophyte, mieux adaptées pour ce type d'agglomération.

La commune de Terny est constituée de petites agglomérations qui engendrent des rejets éparses tel que, le point R72 Maffrouch, R73 ouled Ouedfel, R 74 Sidi Hafif,

A.C.L. de Terny. Son emplacement en amont du barrage Meffrouche et la forte perméabilité du sol (karst) amplifie le risque de pollution des ressources superficielles et souterraines et le rend quasi certain. Ceci exclu d'avantage la réalisation d'une station d'épuration classique (à boue activée), Ainsi la réalisation de station d'épuration à filtres plantés de macrophyte s'avère être la solution idéale dans ce cas.

Les points de rejets R4, R3 et R2 de la commune de *Mansourah* de la cité *Tagrat* sont des points de rejets à risque élevé du fait qu'ils se trouvent en zones à vulnérabilités élevées à la pollution. Selon les paramètres préliminaires recueillis à savoir le débit d'eaux usées, le nombre de population et l'espace disponible, la réalisation d'une station à filtre planté de macrophytes peut être la solution idéale à ce problème.

En outre, selon une étude préliminaire du futur schéma directeur d'assainissement les points de rejets R69, 70,71,72,73,74,87,86, ainsi que les points R10,11,12,13,14,15,16 ne seront pas pris en charge par la nouvelle station d'épuration de Hennaya.

Bibliographie

- [1] **A.B.H.**, (2007), *Etude d'une fiche technique du bassin versant de la Tafna*, Agence de Bassin Hydrographique Oranie Chott Chergui.
- [2] **A.B.H.**, (2009), *Plan directeur d'aménagement des ressources en eau rapport final 3eme partie la qualité de l'eau*, avec la coopération Algéro-Allemande G.T.Z par l'agence de bassin hydrographique Oranie Chott Chergui.
- [3] **Adjim H.**, (2004), *Evaluation et affectation des ressources hydriques superficielles du bassin versant de la Tafna*, Mémoire de Magister, Univ-Tlemcen, 163p.
- [4] **Alexandre O., Boutin C., Duchène P. et al.**, (1998), *Filières d'épurations adaptées aux petites collectivités*, Paris, Cemagref Éditions FNDAE n°22 Document technique, 96 p.
- [5] **Allouche N. F.**, (2006), *La phytoremediation pour la dépollution des eaux usées*, recherche et développement. -Division Bioénergie & Environnement- (Bulletin des Energies Renouvelables), N°10, p. 16-17.
- [6] **A.N.A.T.**, (2007), *Plan directeur d'aménagement et d'urbanisme du Groupement Urbain de Tlemcen*, phase finale, D.U.C, 209 p.
- [7] **A.N.A.T.**, (2009), *Plan Directeur d'Aménagement et d'Urbanisme du groupement des communes Nedroma Djbala, Ain Kebira*, phase finale, D.U.C de la wilaya de Tlemcen, 228p.
- [8] **A.N.A.T.**, (2005), *Plan directeur d'aménagement et d'urbanisme du Groupement Urbain de Tlemcen*, 2^{ème} phase, D.U.C de la wilaya de Tlemcen, 220p.
- [9] **A.N.A.T.**, (2010), *Plan d'Aménagement du Territoire de la Wilaya de Tlemcen*, 1^{ère} phase, D.U.C de la wilaya de Tlemcen, 257p.
- [10] **Ansola G., Fernfindez C., Luis E.**, (1995), *Removal of organic matter and nutrients from urban wastewater by using an experimental emergent aquatic*

macrophyte system, Faculty of Biology, University of Leon, Spain, ELSEVIER Ecological Engineering, p. 13-19.

- [11] **Arlon , Kone D.**, (2002), *Epuration des eaux usées par lagunage à microphyte et à macrophyte en Afrique de l'Ouest et du centre : Etat des lieux, performances épuratoire et critères de dimensionnement*, Université Luxembourgeoise, Thèse de doctorat, 170 p.
- [12] **Atelier d'Architecture d'Aujourd'hui**, (2009), *Plan d'Occupation de Sol de la commune de Ain Fezza Tagma*, 1^{er} phase, D.U.C de la wilaya de Tlemcen, 46p.
- [13] **Benest M.** , (1985), *Evolution de la plate forme de l'Ouest Algérien et du Nord Est Marocain au cours du jurassique supérieur et au début du crétacé : stratigraphie milieux de dépôt et dynamique sédimentaire*, N°95 Fasc1.
- [14] **Bensaoula F.**, (1992), *Carte Hydrogéologique d'Ouled Mimoun au 1/50000 et notice explicative*, thèse de magister, université d'Oran, 359p.
- [14bis] **Bensaoula .**, (2006), *Karstification, hydrogéologie et vulnérabilité des eaux karstiques. Mise au point d'outils pour leur protection (application aux monts de Tlemcen-ouest oranais)*, these de doctorat d'etat, université de Tlemcen, 195p.
- [15] **Bensaoula F., Adjim M.**, (2008), *La mobilisation des ressources en eau : contexte climatique et contraintes socio-économiques (Cas de la Wilaya de Tlemcen)*, Larhyss Journal, ISSN 1112-3680, n° 07, p.79-92.
- [16] **Bensaoula F., Benaboura L.**, (2008), *Eaux usées domestiques : traitement, valorisation et perspectives. Cas de la S.T.E.P. de Maghnia*, « SNHYC08 » seminaire Nat. d'Hydraulique Chlef 23et24 Nov 2008.
- [17] **Bensaoula F., Bensalah M.**, (2007), *Cartographie de la vulnérabilité des eaux karstiques de la région de Tlemcen (Algérie).Adaptation et application de l'approche européenne*, Bulletin d'hydrogéologie, N°22 : 59-76. Ed. Lang P.
- [18] **Bensaoula F., Bensalah M., Adjim M., Achachi A., Abdelmoumen A.**, (2004), *Ressources en eau et développement agricole sur le plateau de Terni.* . Colloque

méditerranéen sur la gestion durable des espaces montagnards, Tlemcen, octobre 2004.

- [19] **Benslimane M.**, (2008), *La problématique de l'eau dans l'aménagement des agrosystèmes S.T.E.P.iques et oasiens de l'ouest Algérien : Cas d'Ain Skhouna et Brezina*, Thèse de Doctorat en science hydraulique de à Univ-Tlemcen.
- [20] **Bindu T., Sylas V P., Mahesh M. et al.**, (2008), *Ramasamy pollutant removal from domestic wastewater with Taro (Colocasia esculenta) planted in a subsurface flow system*, Kottayam, (ScienceDirect) Elsevier.
- [21] **Boon A G.**, (1986), *Report of a visit by members and staff of WRC to Germany to investigate the root zone method for treatment of wastewaters*, Ed. Water Research Center.
- [22] **Börner T., Felde K., Gschlössl T. et al.**, (1998), *Constructed wetlands for wastewater treatment in Germany*, Constructed wetland for wastewater treatment in Europe.
- [23] **Bouanani A.**, (2004), *Hydrologie, transport solide et modélisation, Etude de quelques sous bassins de la Tafna (NW – Algérie)*, Thèse de doctorat Univ-Tlemcen, 250p.
- [24] **Boutin C. Esser D. Molle P. et al.**, (2000), *Les filtres et lits plantés de roseaux en traitement d'eaux usées domestiques*, « Perspectives pour le traitement d'eaux pluviales » publié dans "Les rendez-vous du GRAIE, p. 1- 12.
- [25] **Branchu Ph ., Rollin C., Grange D. et al.**, (2007), *Traitement de surverses des réseaux unitaires par temps de pluie : expérimentation à l'échelle du pilote par filtres verticaux plantés de roseaux*, *Combined sewer overflow treatment: pilot scale experimentation by vertical-flow reed beds*. Ed. NOVATECH, p. 1-8.
- [26] **Brouillet J L., Sambuco J P., Soteras G., et al.**, (2008), *Ecotechniques d'assainissement des eaux domestiques : evolution et perspective*, Montpellier, XIIIe Congrès Mondial de l'Eau – 1^{er} au 4 Sept 2008, 17 p.
- [27] **Cabanes F.**, (2006), *Dephosphatation des effluents : précipitation et valorisation du phosphore*, CIRIMAT – ENSIACET, Toulouse institut national polytechnique, Thèse de doctorat, 219 p.

- [28] **Cabinet d'Architecture Dar El Handassa.**, (2010), *Plan d'occupation de sol de Bensekrane*, 1^{er} phase, D.U.C de la wilaya de Tlemcen, 38p.
- [29] **Cabinet d'Architecture Dar El Handassa**, (2010), *Plan directeur d'aménagement et d'urbanisme Hennaya*. 2^{ème} phase, D.U.C de la wilaya de Tlemcen, 94p.
- [30] **Cabinet d'Architecture Dar El Handassa**, (2009), *Plan Directeur d'Aménagement et d'Urbanisme de la commune de Zenata*, phase finale, D.U.C de la wilaya de Tlemcen, 91p.
- [31] **Cabinet d'Architecture Dar El Handassa**, (2010), *Plan d'Occupation de Sol de la commune de Ouled Mimoun*, phase 2, D.U.C de la wilaya de Tlemcen, 62 p.
- [32] **Cemagref**, (2007), *Conception et exécution d'installations d'épuration d'eaux usées*, cadre guide pour un cahier des clauses techniques particulières - fascicule n°81- titre II, 76 p.
- [33] **Chaïb J., Steenhoute C., Thorez P.**, (2002), *Connaitre pour agir*, publication de l'Agence régionale de l'environnement de Haute-Normandie, p.1-4.
- [34] **Nogués P.**, (2010), *La station d'épuration des eaux usées à lits plantés de roseaux: la Rhizosphère. Une technologie écologique et performante*, service qualité environnement, Aéroport de Strasbourg, p. 1-6.
- [35] **Collignon F.**, (1986), *Hydrologie appliquée des aquifères Karstiques des monts de Tlemcen*, Thèse de Doctorat, Université d'Avignon, 288p.
- [36] **Commission Européenne**, (2001), *Procédés extensifs d'épuration des eaux usées adaptés aux petites et moyennes collectivités (500-5000 eq-hab)*, Luxembourg, Office des publications officielles des Communautés européennes, Office International de l'Eau ISBN 92-894-1690-4, 42p.
- [37] **Daloz A.**, (2007), *L'épuration des eaux usées par les filtres plantés de macrophytes*, mémoire, Ecole Nationale Supérieure d'Architecture de Lyon, 26p.

- [38] **D.E.**, (1994), *Rapport d'inspection*, de la direction de l'environnement de la wilaya de Tlemcen.
- [39] **D.E.**, (2010), *Rapport sur les unités industrielles polluantes au niveau de la wilaya de Tlemcen*, Document interne.
- [40] **D.H.W.T.**, (2010), *Inventaire des petits barrages et des retenues collinaires au niveau de la wilaya de Tlemcen*, document interne.
- [41] **D.H.W.T.**, (2008), *Rapport sur le projet pilote d'épuration des eaux usées réalisé au niveau de Temacine (ouargla)*, document interne.
- [42] **D.H.W.T.**, (1994), *Schéma Directeur d'Assainissement de la wilaya de Tlemcen*, Géologie hydrogéologie et hydro-climatologie, mission B.
- [43] **D.H.W.T.**, (2010), *Lutte contre les maladies à transmission hydrique*, Rapport interne.
- [44] **D.H.W.T.**, (2010), *Rapport d'assainissement général au niveau de la wilaya de Tlemcen*, document Interne.
- [45] **Direction de l'Eau et de l'Assainissement**, (2003), *Filières d'épuration adaptées aux petites collectivités - Lille Métropole*, communauté Urbaine, 29 p.
- [46] **Dos Santos S., Aube T.**, (2008), *Evaluation in situ des performances de la Phytoépuration adaptée à l'assainissement individuel*, Universités de Pau et de Perpignan, p.1-17.
- [47] **D.S.A.**, (2010), *Rapport sur les terres agricoles irriguées par les eaux usées au niveau de la wilaya de Tlemcen*, Document interne.
- [48] **Durrant A E., Scrimshaw M D., Stratful I. et al.**, (1999), *Review of the feasibility of Recovering Phosphate from Wastewater for use as a raw material by the Phosphate Industry*, Journal of Environmental Technology, p. 749-758.
- [49] **E.N.H.Y.D.**, (1993), *Schéma directeur d'assainissement de la wilaya de Tlemcen*. DHWT.

- [50] **E.P.A. Manual**, (2000), *Constructed Wetlands Treatment of Municipal Wastewaters*, National Risk Management Research Laboratory Office of Research and Development U.S. Environmental Protection Agency, 166 p.
- [51] **Grison C.**, (1999), *Epuration des eaux usées par des filtres plantés de macrophyte*, Une étude bibliographique, Agence de l'Eau Rhône Méditerranée et Corse, 78p.
- [52] **Groupe Macrophytes et Traitement des Eaux**, (2005), *Epuration des eaux usées domestiques par filtres plantés de macrophytes*, « recommandation techniques pour la conception et la réalisation », version N°1, 44p.
- [53] **Haberl R. Perfler R. Mayer H.**, (1995), *Constructed Wetlands in Europe*, Water science & technology, Vol 32 N°3, pp. 305-315.
- [54] **Hans B.**, (1987), *Treatment of wastewater in the rhizosphere of wetland plants – the Root-Zone Method*, Water science & technology, Vol 19, Rio, pp. 107-118.
- [55] **Herlemont B.**, (2003), *Une climatologie exceptionnelle- Esquisse de bilan phytosanitaire-*, Euroviti, Montpellier 26 et 27 Nov 2003.
- [56] **Hiroomi Imamoto Æ Kenji Horiya Æ Mitsuo Yamasaki Izumi Washitani**, (2006), *An experimental system to study ecophysiological responses of submerged macrophytes to temperature and light*, Ecological research Vol 22, N°1, pp 172-176.
- [57] **Hydex**, (2008), *Schema directeur d'assainissement de la ville de SEBDOU*, DHWT, 52p.
- [58] **Audic JM., Esser D.**, (2006), *L'épuration : Nettoyée pour protéger l'écosystème aquatique*, Un récit de vingt-cinq ans de recherche partenariale pour l'ingénierie de l'agriculture et de l'environnement avec : Suez Environnement, Société d'Ingénierie Nature et Technique, Cemagref, 4 p.
- [59] **Kerzabi R.**, (2008), *Identification de l'aquifère des grés serravaliens du bassin miocène dans la région de Remchi, Hennaya, Bensekrane et O/Mimoun*, Mémoire de magister, Univ-Tlemcen.

- [60] **Laloë J., et Rouganne O.**, (2008), *Recommandations pour le bon fonctionnement des stations d'épuration à filtres plantés de roseaux*, Rozérieulles, (agence de l'eau RHIN. MEUSE), 29 p.
- [61] **Laurent D., Yann L., Collas**, (2005), *Phytoremédiation et la phytorestauration ou l'utilisation des plantes pour la dépollution et l'épuration des eaux usées*, Le Rale d'eau Vol 124: 8-15.
- [62] **Mara D.**, (2004), *Domestic Wastewater Treatment in Developing Countries*- London Sterling, First published by Earthscan in the UK and USA, 310 p.
- [63] **Ménoret C.**, (2001), *Traitement d'effluents concentrés par cultures fixées sur gravier ou pouzzolane*, Thèse de doctorat université de Montpellier, Publier par CEMAGREF LYON QELY, 132 p.
- [64] **Messaoudane**, (2010), *Etude des V.R.D de la nouvelle ville Boudjlida*, D.L.E.P de la wilaya de Tlemcen.
- [65] **Molle P.**, (2008), *Evaluation du procédé RhizoS.T.E.P.*, Lyon, Cemagref, Département Milieux Aquatiques, Qualité et Rejets, Unité de Recherche « Qualité des Eaux et Prévention des Pollutions », 55 p, [consulté le 24 décembre 2010]. Disponible sur : <URL : http://www.cemagref.fr/le-cemagref/lorganisation/les-centres/lyon/ur-maly/epuration-des-eaux-usees/documents/etude-des-filtres-plantes-de-roseaux-saur-rhizoS.T.E.P./preview_popup/file>
- [66] **Molle P., Grasmick A.** , (2009), *Diagnostiquer et prévoir le colmatage des systèmes d'infiltration-percolation*. Université de Clermont Ferrand, Cemagref de Lyon et de l'université de Montpellier, 6p.
- [67] **Moreno-Grau S., Garcla-Sfinchez A., Moreno-Clavel j. et al**, (1996), *A mathematical model for waste water stabilization ponds with macrophytes and microphytes*, ELSEVIER Ecological Modelling, p. 77-103.
- [68] **N.E.E.**, (2007), *Etude du schéma directeur d'assainissement de la commune de Hennaya*, DHWT.
- [69] **N.E.E.**, (2007), *Etude d'un système d'épuration de la partie Ouest du G.U.T*, DHWT.

- [70] **Ouattara JMP., Coulibaly L., Manizan PN. et al**, (2008), *Traitement des Eaux Résiduelles Urbaines par un Marais Artificiel à Drainage Vertical Planté Avec Panicum Maximum sous Climat Tropical*, European Journal of Scientific Research, Volume 23, Issue 1, p. 25-40.
- [71] **Poulet J B., Terfous A., Dap S. et al**, (2004), *Waste water treatment plants with macrophytes stations d'épuration à lits filtrants plantes de macrophytes*, Courrier du Savoir, Strasbourg et Université Mohamed Khider. Biskra, N°05, p. 103-106.
- [72] **Project Consultings**, (2009), *Etude de l'assainissement avec décanteurs des centres de Terny, Oued Ouadfel et Tababla*, D.H.W.T.
- [73] **Pronost J., Pronost R., Deplat L. et al**, (2002), *Stations d'épuration : dispositions constructives pour améliorer leur fonctionnement et faciliter leur exploitation*, Office International de l'Eau CNFME / SNIDE document technique fonds national pour le développement des adductions d'eau, 86p.
- [74] **Van Cuyk S., Siegrist RL., Lowe K. et al**, (2004), *Evaluating Microbial Purification during Soil Treatment of Wastewater with Multicomponent Tracer and Surrogate -Tests Vadose Zone Processes and Chemical Transport-*, Harvey Published in J, Vol. 33 No. 1, p. 316-329.
- [75] **Jing SR., Lin YF., Wang TW. et al**, (2002), *Microcosm Wetlands for Wastewater Treatment with Different Hydraulic Loading Rates and Macrophytes*, Wetlands and Aquatic Processes, Published in J, Vol. 31 No. 2, p. 690-696.
- [76] **Société québécoise d'assainissement des eaux (S.Q.A.E)**, (1993), *Systèmes de traitement des eaux usées par marais artificiels « Étude de techniques de remplacement applicables à l'assainissement des eaux usées de petites agglomérations »* (S.Q.A.E), V.3.1, 212 p.
- [77] **TAAMIR bureau d'étude d'architecture et d'urbanisme**, (2010), *Plan Directeur d'Aménagement et d'Urbanisme de la commune de Sidi Medjahed*, 1^{er} phase, D.U.C de la wilaya de Tlemcen, 89p.

- [78] **TAAMIR Bureau d'Eludes Architecture et Urbanisme**, (2009), *Plan d'Occupation de Sol de la commune de Sebaa Chioukh*, D.U.C de la wilaya de Tlemcen, 53p.
- [79] **TAAMIR bureau d'étude d'architecture et d'urbanisme**, (2008), *Plan Directeur d'Aménagement et d'Urbanisme de la commune de Souahlia*, Phase finale, D.U.C de la wilaya de Tlemcen, 91p.
- [80] **TAAMIR bureau d'étude d'architecture et d'urbanisme**, (2008), *Plan d'Occupation de Sol de la commune de Oued Lakhdar*, phase finale, D.U.C de la wilaya de Tlemcen, 71p.
- [81] **Taylor., Francis**, (2006), *Natural Wastewater Treatment Systems -Subsurface and Vertical Flow Constructed Wetlands-* by Group, LLC, [consulté le 06 novembre 2009]. Disponible sur : <URL :www.crcnetbase.com/doi/abs/10.1201/9781420037128.ch6>
- [82] **Takashi A., Franklin L B., Harold L L. et al**, (2007), *Water Reus*, Issues, Technologies, and Applications University of California, Metcalf & Eddy | AECOM.
- [83] **Tiglyene S., Mandi L., Jaouad A.**, (2005), *Enlèvement du Crome par infiltration verticale sur lits de phragmites australis*. Steudel, Revue des sciences de l'eau / Journal of Water Science, vol. 21, n° 1, 2008, p. 1-16.
- [84] **U.R.B.A.T.**, (2007), *Plan Directeur d'Aménagement et d'Urbanisme de la commune de MSIRDA FOUAGA*, 1^{er} phase, D.U.C de la wilaya de Tlemcen, 60p.
- [85] **U.R.B.A.T.**, (2010), *Plan d'Occupation de Sol de M'SALA commune de Chetouane*, 2^{eme} phase, D.U.C de la wilaya de Tlemcen, 44p.
- [86] **U.R.B.A.T.**, (2010), *Plan d'Occupation de Sol de la zone nord ouest Maghnia*, 2^{eme} phase, D.U.C de la wilaya de Tlemcen, 33p.
- [87] **U.R.B.A.T.**, (2010), *Plan d'Occupation de Sol des cartiers Birouana Kalaa*, 1^{er} phase, D.U.C de la wilaya de Tlemcen, 28 p.
- [88] **U.R.B.A.T.**, (2009), *Plan d'Occupation de Sol de l'entrée de Tlemcen*, 1^{er} phase, D.U.C de la wilaya de Tlemcen, 30 p.

- [89] **U.R.B.O.R.**, (2010), *Plan Directeur d'Aménagement et d'Urbanisme de la commune de Ain Nahala*, 1^{er} phase, D.U.C de la wilaya de Tlemcen, 111p.
- [90] **U.R.B.O.R.**, (2009), *Plan Directeur d'Aménagement et d'Urbanisme de la commune Marst Ben M'Hidi*, 2^{eme} phase, D.U.C de la wilaya de Tlemcen, 177p.
- [91] **U.R.B.O.R.**, (2009), *Plan Directeur d'Aménagement et d'Urbanisme de la commune De Beni Boussaid*, D.U.C de la wilaya de Tlemcen.
- [92] **U.R.S.A.**, (2009), *Plan d'Occupation de Sol Sud Ouest de la ville de Maghnia*, phase finale, D.U.C de la wilaya de Tlemcen, 90p.
- [93] **U.R.S.A.**, (2009), *Plan Directeur d'Aménagement et d'Urbanisme de la commune de Ghazaouet*, 2eme phase, D.U.C de la wilaya de Tlemcen, 121p.
- [94] **Vandaele S., Thoeye C., Van Eygen B. et al**, (2000), *Small wastewater treatment plants in Flanders (Belgium): standard approach and experiences with constructed reed bed-BELGIQUE*, Water science and technology, p. 57-63, Vol 41 No 1.
- [95] **Vymazal J.**, (2002), *The use of sub-surface constructed wetlands for wastewater treatment in the Czech Republic: 10 years experience*, Elsevier Ecological Engineering, p. 633–646.
- [96] **Vymazal J., Nicholas., Durham**, (2005), *Horizontal sub-surface flow and hybrid constructed wetlands systems for wastewater treatment*, USA, Elsevier Ecological Engineering (science-direct), p. 478–490.
- [97] **Wastewater Gardens International**, (2002), *Zone humides artificielles conception et construction*, Institut of Ecotechnics – Planetary Coral Reef Fondation, 24 p.

ANNEXES

Annexe A

Normes de qualité des eaux

Tableau A. 1: Norme de qualité des eaux potables.

Paramètres		Norme algérienne		Norme de l'OMS		Norme de la C.E.E	
		CR	CMA	CR	CMA	CR	CMA
PH	-	6,5-8,5	-	7-8,5	6,5-9,2	6,5-8,5	9.5
Température	°C	20	25	-	-	12	25
Conductivité (Cond.) 20°C	µS/cm	-	2800	-	-	-	2500
Résidu sec (RS) à 105°C	mg/l	-	2000	500	1500	-	1500
Turbidité (Turb.)	NTU	1	2	1	25	0	4
Dureté totale (TH)	mg/l	100	500	100	500	-	-
Calcium	mg/l	75	200	-	-	-	-
Magnésium	mg/l	-	150	-	150	30	50
Sodium	mg/l	-	200	-	-	20	175
Potassium	mg/l	-	20	-	-	-	-
Sulfates	mg/l	200	400	-	250	-	250
Chlorures	mg/l	200	500	200	250	-	250
Nitrates	mg/l	-	50	-	50	-	50
Nitrites	mg/l	-	0.10	-	0.10	-	0.10
Aluminium	mg/l	-	0.20	-	-	0.05	0.20
Ammonium	mg/l	0.05	0.50	-	1.50	0.05	0.50
Phosphate	mg/l	-	0.50	-	-	-	-
Matières Organiques	mg/l	-	3.00	-	-	2	5
Argent	mg/l	-	0.05	-	-	-	0.001
Arsenic	mg/l	-	0.05	0.01	-	-	0.05
Baryum	mg/l	-	1.00	0.70	-	-	0.01
Cadmium	mg/l	-	0.01	0.003	-	-	0.005
Cyanure	mg/l	-	0.05	0.07	-	-	0.05
Chrome	mg/l	-	0.05	0.05	-	-	0.05
Cuivre	mg/l	0.05	1.50	0.05	1.50	0.10	-
Fer	mg/l	-	0.30	0.10	3.00	0.05	0.20
Fluor	mg/l	0.30	2.00	-	0,6-1,7	-	0,7-1,5
Manganèse	mg/l	-	0.50	0.05	0.10	0.02	0.05
Mercure	mg/l	-	0.001	-	0.001	-	0.001
Plomb	mg/l	-	0.05	-	0.01	-	0.01
Phosphore	mg/l	-	0.50	-	-	-	-
Sélénium	mg/l	-	0.01	-	0.01	-	0.01
Zinc	mg/l	-	5.00	-	3.00	-	5.00
Hydrocarbures Aromatiques Polycycliques (HAP)	mg/l	-	0.20	-	-	-	0.20

CR : Concentration de Référence.

CMA : Concentration Maximale Admissible.

OMS : Organisation Mondiale de Santé.

C.E.E. : Communauté Economique Européenne.

Tableau A. 2: Norme de qualité des eaux de Barrage.

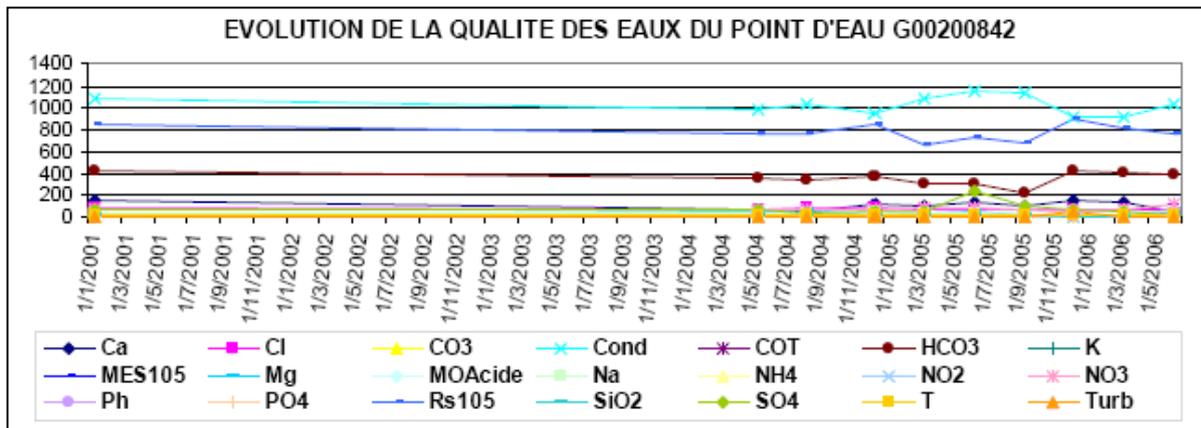
Paramètres	Unité	bonne	moyenne	Polluée	Très polluée
NO ₂	mg/l	<0.01	0.01- 0.1	0.1 – 3	>3
NH ₄	mg/l	<0.01	0.01- 0.1	0.1 – 3	>3
PO ₄	mg/l	<0.01	0.01- 0.1	0.1 - 3	>3
NO ₃	mg/l	<10	10-20	20 – 40	>40
DBO ₅	mg/l	<5	5-10	10- 15	>15
DCO	mg/l	<20	20-40	40-50	>50
MO	mg/l	<5	5-10	10-15	>15

Annexe B

Evolution de la qualité des eaux souterraines

Tableau A. 3 : Evolution de la qualité des eaux souterraines du point d'eau d'Ain Bendou (code G00200842) [2]

Code	Date de Prélèvement	Ca	Cl	CO3	Cond.	COT	HCO3	K	MES 105	Mg	MO Acide	Na	NH4	NO2	NO3	Ph	PO4	Rs105	SiO2	SO4	T	Turb.
G00200842	22-01-2001	149	86	0	1090		428	2	10	22	1.40	39	0.00	0.00	75	7.20	0.00	860	12.00	72	19	8.40
G00200842	23-05-2004	63	71	0	990		366	2	4	59	0.80	41	0.01	0.01	72	7.60	0.13	760	11.00	70	20	1.00
G00200842	30-08-2004	55	87	0	1040	4.69	344	3	4	62	3.00	39	0.04	0.03	74	7.60	0.18	760	10.10	34	21	2.00
G00200842	26-12-2004	119	82	0	958	9.08	383	3	6	25	0.90	46	0.00	0.02	72	8.00	0.21	860	13.50	50	19	2.00
G00200842	19-03-2005	94	64	0	1090	6.62	305	4	12	32	1.70	37	0.02	0.00	88	7.20	0.00	660	22.00	59	19	7.00
G00200842	21-06-2005	135	70	0	1160		304	3	14	54	1.60	39	0.00	0.04	93	7.20	0.09	730	10.00	236	20	8.00
G00200842	21-09-2005	94	74	0	1150		215	3	10	24	2.00	46	0.04	0.02	72	7.60	0.03	680	12.10	104	21	5.00
G00200842	20-12-2005	147	68	0	914		426	3	11	21	1.20	44	0.01	0.00	46	7.30	0.00	900	6.00	67	19	50.00
G00200842	21-03-2006	139	68	0	917		403	3	11	20	1.50	46	0.10	0.04	74	7.20	0.15	820	6.30	54	19	5.00
G00200842	17-06-2006	45	73	0	1040		399	3	26	70	0.70	48	0.02	0.05	111	7.30	0.32	760	10.80	25	20	5.00



Annexe C

Evolution de la qualité des eaux de barrages

Tableau A. 4: Evolution de la qualité des eaux du barrage Sikkak [2].

Paramètres (mg/l)	NO ₂	NH ₄ ⁺	PO ₄ ⁻	NO ₃	DBO ₅	DCO	MO
Année							
2002	--	--	--	--	--	--	--
2003	--	--	--	--	--	--	--
2004	--	--	--	--	--	--	--
2005	1.27	3.78	1.81	17.45	9.66	40.00	7.76
2006	0.40	1.43	1.18	8.33	8.45	39.17	6.69
2007	0.28	0.86	0.43	7.67	9.58	39.75	7.08
Moyenne	0.65	2.02	1.14	11.15	9.23	39.64	7.17

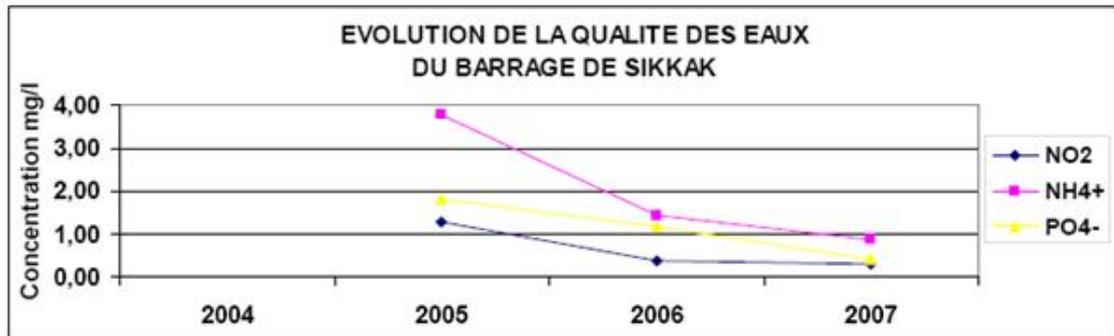


Figure A. 1: Evolution de la qualité des eaux du barrage Sikkak de (No₂, Nh₄⁺, Po₄⁻).

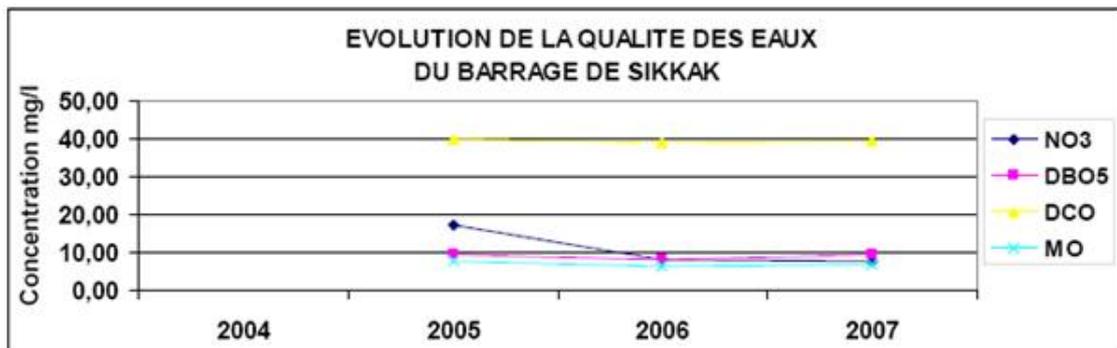


Figure A. 2: Evolution de la qualité des eaux du barrage Sikkak de (No₃, DBO₅, DCO, MO).

Annexe D

Details des diffents points de rejet dans les différentes communes de la zone d'étude

Tableau A. 5: Points de rejets de la commune de Chetouane.

commune	N° rejet	appellation	Localité	Diam. collecteur	Débit E.U en l/s	Degré de vulnérabilité a la pollution
CHETOUANE	R20	Rejet Oudjlida Coté Est	Oudjlida		0,52	Elevée
	R24	Rejet Ain Defla 1	Ain Defla	400	2,61	Nulle
	R25	Rejet Ain Defla 2	Ain Defla	500	3,13	Nulle
	R26	Rejet M'dig	M'dig	400	1,41	Non étudier
	R27	Rejet Sidi Aissa	Sidi Aissa	400	1,2	Non étudier
	R28	Rejet Saf Saf 1 (pont)	Saf Saf	400	1,87	Non étudier
	R29	Rejet Saf Saf 2 (Ferme)	Saf Saf	500	0,66	Nulle
	R30	Rejet Saf Saf 3 (Forage)	saf Saf	500	1,02	Nulle
	R31	Rejet Ain El Houtz 1	Ain El Houtz	500	3,79	Elevée
	R32	Rejet Ain El Houtz 2	Ain El Houtz	400	1,39	Elevée
	R33	Rejet Ain El Houtz 3	Ain El Houtz	400	0,67	Elevée
	R34	Rejet Ain El Houtz 4	Ain El Houtz	400	1,98	Elevée
	R35	Rejet Ain El Houtz 5	Ain El Houtz	400	0,29	Non étudier
	R36	Rejet Ain El Houtz	Ain El Houtz	400	0,94	Non étudier
	R37	Rejet Pole Universitaire	Chetouane	400	4,69	Modérée
	R38	Rejet Cimetiere	Chetouane	500	4,14	Nulle
	R39	Rejet Ain Sefra 1	Chetouane	300	1,39	Nulle
	R40	Rejet Ain Sefra 2	Chetouane	400	1,22	Nulle
	R41	Rejet Chetouane Pont	Chetouane	400	2,15	Nulle
	R42	EL Hamri Nouveau	EL Hamri Nouveau	400	1,82	Elevée
R43	M'sella Sidi Yahia 1 (Ouzid)	Ouzidane	500	5,22	Nulle	
R44	ouzigane (intesection)	ouzigane et Hamri Ancien	400	4,76	Nulle	
R45	Rejet El Bayada	Ouzidane	400	1,47	Nulle	
R46	Rejet Sidi Yahia 2	ouzigane	600	4,28	Nulle	
R47	Rejet Sidi Yahia 1 (Mosqué)	Ouzidane	400	0,73	Elevée	
R48	Rejet M'salla Sidi Yahia 2	Ouzidane	500	0,4	Nulle	

Tableau A. 6: Points de rejets de la commune de Mansourah.

commune	N° rejet	appellation	Localité	Diam. collecteur	Débit E.U en l/s	Degré de vulnérabilité a la pollution
MANSOURAH	R01	Rejet du Dalot	Champ de tir	1000	17,48	Null e
	R02	Zone d'activité	Champ de tir	800	4,92	Elevée
	R03	Rejet cite universitaire 2000	Champ de tir	400	0,06	Elevée
	R04	rejet cite 500 à coté université	Champ de tir	500	1,32	Elevée
	R05	rejet cite 17 Ortobre	Champ de tir	600	1,26	Null e
	R06	rejet chaarbet Abes	champ de tir et Mansourah	1250	3,63	Null e
	R08	Rejet Hai Ouali Must	riat el kebir, Boudghene et El attar	1000	4,33	Elevée
	R09	Rejet Beni Boublene	beni Boublene	500	0,64	Elevée

Tableau A. 7 : Points de rejets de la commune de Tlemcen.

commune	N° rejet	appellation	Localité	Diam. collecteur	Débit de pointe E.U en l/s	Degré de vulnérabilité a la pollution
TLEMCCEN	R07	rejet Makhokh	Mansourah, Bel horizon et G,V Kifane	1 000	46,6	Nulle
	R10	rejet sidi Yacoub	la garre, riat el hamar, el hartoune, kalaa Sup, sidi Chaker et Biroua	Dalot 5 500/4000	17,18	Nulle
	R11	rejet Mechkana	Riat El Hammar, Sidi Boumediene, Sidi Tahar, Ain Ourabine et Birouana		7,53	Nulle
	R12	rejet Essour 1	Medina	500	3,64	Nulle
	R13	rejet Essour 2	Medina	400	0,65	Nulle
	R14	rejet Essour 3	Medina et Centre ville	600	10,47	Nulle
	R15	rejet Essour 4	El Fekharine et Centre Ville	600	0,83	Nulle
	R16	rejet Essour 5	El Fekhrine et Centre Ville	600	2,05	Nulle
	R17	Rejet Koudia	Koudia	1 000	15,48	Elevée
	R18	Rejet Oudjlida (Coté Brea)	Oudjlida		0,45	Prise en charge dernièrement
	R19	Rejet oudjlida Coté Ouest	Oudjlida		2,47	Très élevée
	R21	Rejet Brea vers Step	Brea	1000	28,46	Prise en charge dernièrement
	R22	Rejet Brea Rond Point	Brea	400	0,44	Prise en charge dernièrement
	R23	Rejet Brea Dar El Ihssan	Brea	600	1,85	Prise en charge dernièrement
	R67	Nouveau	Nouveau pôle universitaire 2		154.38	Nulle
	R68	Nouveau	Nouveau pôle universitaire 1		38.71	Nulle
	R69	Nouveau	Feddane es Sbaa			Nulle
	R70	Nouveau	Koudia			Elevée
	R71	Futur 1	Rejet Boudjlida 1	1000		Très élevée
	R84	Futur 2	Rejet Boudjlida 2			Nulle
R85	Futur 3	Rejet Boudjlida 3			Elevée	
R86	Feddane sebaa				Nulle	
R87	Abou tachfine				Nulle	
R88	Abou tachfine				Nulle	

Tableau A. 8: Points de rejets de la commune d'Hennaya.

commune	N° rejet	appellation	Localité	Diam. collecteur	Débit E.U en l/s	Observation
HENNAYA	R49	Ain El Hadjar	Ain El Hadjar	500	1.97	Pris en charge par la future STEP
	R50	Khemisti Est	Khemisti	800	9.89	
	R51	Ouled Kada	Ouled Kada	400	12.11	
	R52	Abattoir	ben Mhidi	400	7.046	
	R53	Nair Slimane	Nair Slimane	400	6.36	
	R54	La gare	Nair Slimane	500	5.2	
	R55	ben Mhidi	ben Mhidi	1000	5.05	
	R56	Oued Guelien	Hennaya	/	/	
	R57	Oued Guelien		/	/	
	R58	Oued Guelien		/	/	
	R59	Oued Guelien		/	/	
	R60	Oued Guelien		/	/	
	R61	Oued Guelien		/	/	
	R62	Oued Guelien		/	/	
	R63	Oued Guelien		/	/	
	R64	Oued Guelien		/	/	
	R65	Oued Guelien		0	0	
	R66	Oued Guelien	/	11.61		
	R89	Rejet Mlilia Oued Bou Messaoud	Mlilia		1.34	

Tableau A. 9: Points de rejets de la commune de Beni Mester.

commune	N° rejet	appellation	Localité	Débit E.U en l/s
BENI MESTER	R78	rejet Beni Mester	Beni Mester	5.9
	R79	rejet Zaouya	Zaouya	
	R80	rejet Tizghannit	Tizghannit	1.5
	R81	rejet Ounadjla	Ounadjla	
	R82	rejet Zalboune 2	Zalboune	6.5
	R83	rejet Zalboune 1		

Tableau A. 10: Points de rejets de la commune de Terny.

commune	Code du rejet	appellation	Localité	Diam. collecteur (mm)	Débit E.U (l/s)	Observation
TERNY	R72	rejet village mefrouche	mefrouche		0.95	Zone à vulnérabilité élevée
	R73	rejet oued Ouedfel	oued Ouedfel		0.7	
	R74	rejet Sidi Hafif	Sidi Hafif	300		
	R75	Rejet Terny 1	Terny		1.7	
	R76	Rejet Terny 3		500		
	R77	Rejet Terny 2				

Annexe E

Details des unités industrielles polluantes dans la zone d'étude

Tableau A. 11: Polluants des unités industrielles de Chetouane [39].

Unité industrielle	activités	Nature des rejets	Volume des rejets	Milieu récepteur	Dispositif de traitement	Observation
Zone industrielle de Chetouane						
SITEL	Centraux téléphone numérique publique	Liquide domestiques	--	--	--	--
ENTC	Armoires métalliques et pièces téléphoniques	Liquides boues cyanurées	120 m ³ /j	Oued Sikkak	Neutralisation précipitation décyanurisation déchromassions	- Boue cyanurées stockées dans les futs en attendant solution pour leur traitement - 8802 Kg d'Askarels
GIPLAIT	Lait et dérivés	Liquide solide (emballage)	--	Oued Sikkak ERATOM Saf Saf	--	--
SOITINE	Textile	Liquide solide (emballage)	1152 m ³ /j [51]	Oued Sikkak Saf Saf	Dégrillage Dessablage Décantation neutralisation Coag.floculation Epaissement des boues	- Unité très consommatrice en eau. - Dispositif de traitement en panne - 3240 Kg d'Askarels B.P.C.(biphényles polydorés), (fabrc transfo)interdit dans les pays développés en 1995
INDUSTRIE CHIMIQUE	- Savonnerie - Mousse polyuréthane - Dents artificielles et matériel dentaire - Bougies	Liquides Gazeux solides	1.05 m ³ /j	Réseau urbain air décharge publique	Aucun	- unité fortement polluante - rejet gazeux toxique - rejet solide banaux et toxiques.
UNITES MAINTENANCE	- Réparation véhicules maintenance (SNVI) - Maintenance et production (DNC- SNTR)	Liquides solides	19 M ³ /j	Réseau urbain stockage unité	Aucun	les eaux de lavage contiennent des détergeant acide, huiles et graisses
TRANSFORMATION PLASTIQUE	Transformation plastique, caoutchouc, métal et traitement de surface	Liquides gazeux solides	1.5 M ³ /j	- Réseau urbain - Air Réutilisation au sein	Déchets solides récupérés par broyage au sein des unités	Nuisance atmosphériques due à la présence de métaux lourds (unité CRIMA)

Tableau A. 12: Polluants des unités industrielles de Tlemcen [39].

Unité industrielle	activités	Nature des rejets	Volume des rejets	Milieu récepteur	Dispositif de traitement	Observation
Zone industrielle de Tlemcen						
NAFTAL	Dépôt d'hydrocarbure. capacité 711000 litres de carburants	Liquides en cas de fuite	--	Nappe phréatique entre gare ferroviaire et dépôt	--	- A été source de pollution jusqu'en 1991. - dépôt implanté en zone devenue résidentielle.
MANTAL ex COUVERTEX		Liquide	--	Oued Sikkak	Aucun	- Eaux usées très polluées - Implantation en plein centre urbain

Tableau A. 13: Polluants des unités industrielles de Remchi [39].

Unité industrielle	activités	Nature des rejets	Volume des rejets	Milieu récepteur	Dispositif de traitement	Observation
Zone Industrielle de Remchi						
	Dépôt d'hydrocarbures capacité de 38 millions de litres	Liquides en cas de fuite accident Solides (stocks lubrifiants et pneumatiques)	-	Nappe phréatique de Remchi	-	Fuite d'hydrocarbures atteignent gravement nappe phréatique en 1988 jusqu'à 1990

Tableau A. 14: Polluants des unités industrielles de Maghnia [39].

Unité industrielle	activités	Nature des rejets	Volume des rejets	Milieu récepteur	Dispositif de traitement	Observation
Zone industrielle de Maghnia						
Complexe de corps gras (ENCG) *BENTAL ex ENOF	Huilerie - Savonnerie - Glycérine - Production de bentonite de forage - Production de terre décolorante - carbonate de calcium	Liquides Liquides solides Gazeux	430 M3/j 600 M3/j	Oued Abbés puis barrage Boughrara Oued Abbes puis barrage Boughrara	Traitement physico chimique bactériologique - Station de neutralisation récemment mise en service - Dispositif de lutte contre pollution atm en perspectives	- Equipements vétustes (1951) - unité située en plein centre urbain - Nuisances atmosphériques sans nocivité pour la santé humaine
* MAISERIE LA TAFNA	Amidon – Dextrine Aliment de bétail sirop de glucose	Liquides	500M3/j	Oued Abbes puis barrage Boughrara	- Station transitoire récupérant gluten et amidon mais pas la matière soluble. - Station d'épuration en cours d'étude	Unité à l'origine de : - Nuisances olfactives - Réduction du taux d'oxygène dans le barrage

Tableau A. 15: Polluants des unités industrielles de Ghazaouet [39].

Unité industrielle	activités	Nature des rejets	Volume des rejets	Milieu récepteur	Dispositif de traitement	Observation
Zone Industrielle de Ghazaouet						
Unité d'Electrolyse de Zinc Ghazaouet	- Lingot de zinc - Acide sulfurique concentré à 98 % - Alliage Zamak - Cadmium métal - Anodes de Zinc	Liquides solides gazeux	35 M3/heure 3 tonnes/heure	Air Mer Sol	- Station de neutralisation des métaux lourds - Décharge industrielle pour les boues de lixiviation. - Traitement en queue des gaz sulfureux	Dispositif d'épuration tardive (vase du port contaminée aux métaux lourds, fréquence de maladies respiratoires à Ghazaouet)

Annexe F

Photos de la station à macrophytes de Touggourt



Figure A. 3: Vue générale de la station de Touggourt à filtre planté de macrophytes.



Figure A. 4: Photo prise lors de la réalisation du bassin de traitement.



Figure A. 5: Photo prise lors de la réalisation de la conduite principale du réseau de drainage des eaux pour l'irrigation des arbustes.



Figure A. 6: Photo prise lors de la réalisation du réseau de drainage des eaux pour l'irrigation des arbustes.

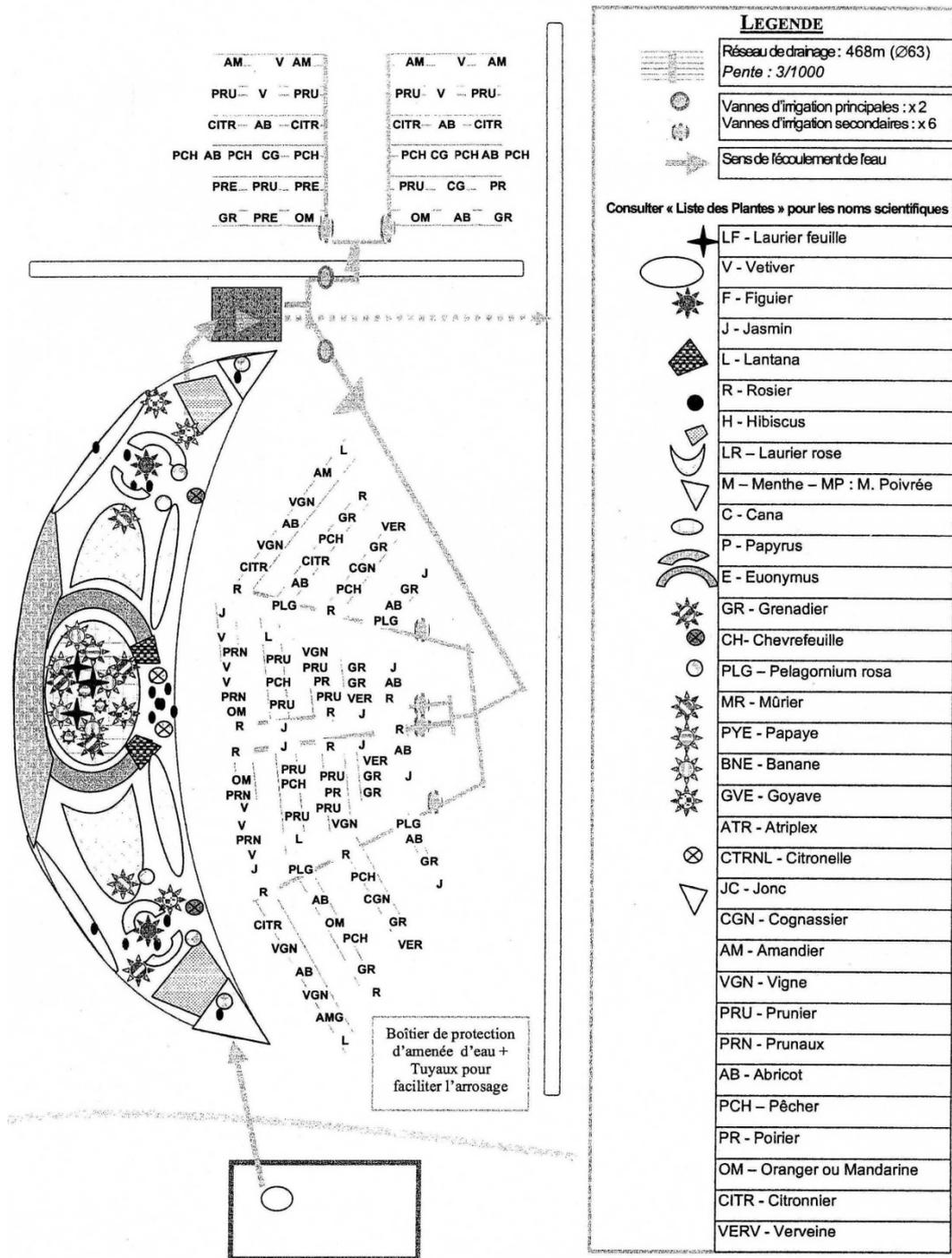


Figure A. 7: Vue globale de la station et disposition, avec liste des noms scientifiques, des plantes utilisées dans le bassin de traitement et dans la zone d'irrigation.





Figure A. 8: Varité de plantes utilisées dans le bassin de traitement.



Figure A. 9: Photo d'un figier planté dans la station d'épuration.

Annexe G

Données diverses

Tableau A. 16: Les vides sanitaires inondés de la zone d'étude [43].

N°	DAIRAS	COMMUNES	DESIGNATIONS
01	TLEMCEN	TLEMCEN	Cité 322 logt (manque 01 bloc) Diar Essaboun Cité des jardins Cité SNTV Mechtkana Cité Rhiba Cité Lahcen (reste 02 Blocs) Cité 27 logt La Gare Cité mutuelle agricole Cité 500 logts Cité 17 octobre Cité 40 logts DNC Ain Nedjar
02	MANSOURAH	MANSOURAH	Cité 200 logts Bouhanak Cité des roses ENTC (achevé, quelque fois les regards débordent) Cité 144 logts EPLF
03	MAGHNA	MAGHNA	Bt SORECOR Bt DNC et Azouni, Bt Lycée Cité Policière et Militaire
04	GHAZAOUET	GHAZAOUET	Cité Benamor Chefak Cité 72 lots, 48 logts les sables BT Résidence les sables
05	NEDROMA	NEDROMA	Cité 224 logts (reste un bloc)
06	HENNAYA	HENNAYA	Cité 160 logts Cité 60 logts Cité 120 logts
07	REMCHI	REMCHI	Cité HLM Si Tarek Cité 60 logts Cité CFPA Cité DGSN (Mutuelle)
08	O/MIMOUN	O/MIMOUN	Cité 112 logts