

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية

République Algérienne Démocratique et Populaire

وزارة التعليم العالي والبحث العلمي

Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche
Scientifique



جامعة أبو بكر بلقايد - تلمسان -

Université Abou Bekr Belkaid-Tlemcen



Faculté de Technologie

Département d'Hydraulique

Mémoire de fin d'étude pour l'obtention du diplôme de Master en
Hydraulique

Option : Technologie de traitement des eaux

Thème

**Étude, Conception et dimensionnement d'une STEP par
filtres plantés de roseaux des eaux usées des zones éparses
de la commune de Terny**

Présenté le : 23/06/2014 par :

Par

Mme: MEDJDOUB Touria

Devant le jury composé de :

Mr. ADJIM Mohamed
Mr. BOUMEDIENE Maamar
Mr. BOUANANI Abderezzak
Mr. BENMANSOUR Abdelhalim
BOUCHELKIA Hamid

Président
Examineur
Examineur
Encadreur
Co Encadreur

Promotion : 2013/2014.

Résumé

Les zones éparses Sehb et Ouled Bounoire, localisée au Sud de Terny, rejetait, jusqu'à 2013, 864 m³/j d'eaux usées dans la nature, à travers des fosses septiques non contrôlées et/ou des rejets sauvages.

Ces eaux usées, déversées de façon anarchique dans la nature présentent un danger permanent pour les habitants et la nature (Nappe phréatique, forage de Merchiche, Ghar Boumaaza, ..., etc.).

Durant ces dernières années la Direction des ressources en eau (DRE) de Tlemcen a réalisé un réseau d'assainissement et un bassin de décantation qui déverse en aval des localités éparses Sehb et Ouled Bounoire. Les analyses des eaux rejetées à travers le bassin de décantation, ont révélé que celles-ci ne répondaient pas aux normes.

Dans ce mémoire, nous avons présenté l'étude, la conception, le dimensionnement et l'évaluation du coût du projet de réalisation d'une STEP équipé de filtres plantés de roseaux pour épurer les eaux usées de ces zones et protéger ainsi l'environnement dans cette région

ملخص

المناطق النائية سهب واولاد بونوار الواقعة بترني ترمي في الوقت الحالي 2013 ما مقداره 864 م³/يوميا من مياه الصرف الصحي مباشرة في الطبيعة او في مطامر جوفية غير مراقبة او على شكل مصبات مشوهة للطبيعة.

هذه المياه القدرة والمروية بغير انتظام في الطبيعة تشكل خطر دائم على السكان والطبيعة (المياه الجوفية ما فيها نقب مرشيش و غار بو معزة ..الخ).

مؤخرا قامت مديرية الموارد المائية لولاية تلمسان على انجاز شبكة الصرف الصحي اضافة الى مجمع للترسيب الذي يرمي حاليا بالحد السفلي للمنطقتين سهب واولاد بونوار التحاليل لهذه المياه القدرة المترسبة اثبتت انها لا تتناسب مع مقاييس المياه المرماة.

من خلال هذه المذكرة قمنا بتقديم دراسة شاملة تصميم و تقدير لانجاز محطة تصفية با استخدام النباتات (القصب) لتصفية المياه المرماة و المحافظة على هذه المناطق سهب واولاد بونوار.

Abstract

Sparse area SEHB and Ouled Bounoire, located south of Terny, rejected, until recently, 864 m³ / d of wastewater in nature, through septic uncontrolled and / or illegal dumping.

These wastewater dumped haphazardly in nature have a permanent danger for people and nature (Groundwater, drilling Merchiche, Ghar Boumaaza, .. etc..).

Lately ERD Tlemcen achieved sewerage and a settling basin that discharges downstream scattered SEHB and Ouled Bounoire locations. The analyzes of the water discharged through the settling basin, revealed that these standards are met.

In this paper, we presented the study, design, sizing and costing of the project to build a STEP planted with reeds to purify water rejection and protect the sparse area SEHB and Ouled Bounoire.

DEDICACES

Ce travail est dédié à :

- *Mes très chères parents qui m'ont toujours apportés
Leur amour et leur affection*
 - *Mon mari, qui m'a vraiment encouragé*
 - *Ma petite fille Rawane*
 - *Mes très chères sœurs et frères*
- *Toute ma famille et belle famille toujours encouragée,
Conseillée et soutenue durant mon travail*
 - *Mes chères collègues de la DRE Tlemcen*
 - *Mes très chères amies*

M. Touria

Dédicace

Remerciements

Je remercie Dieu, le Tout Puissant, le Miséricorde, qui m'a donné l'opportunité de mener à bien ce travail. C'est avec un grand plaisir que, j'adresse mes sincères remerciements à l'égard de

Mes encadreur, Monsieur Benmansour A et Monsieur Bouchelkia H pour m'avoir offert encadrement pour leur provenance, leur aide et leurs conseils tout le long de celui-ci

J'exprime toute ma gratitude aux membres du jury de la commission de suivie de ce travail notamment Monsieur Adjim. M Monsieur Boumédiene. M et Monsieur Bouanani. A qui ont su apprécier ce dernier. La pertinence de leurs critiques et suggestions nous a permis d'être à la hauteur de ce travail.

Je réserve une pensée spéciale à tous les enseignants du département d'hydraulique qui ont su nous donner une formation didactique et appréciable durant tout notre cursus, à la promotion TTE 2013/2014 pour la sagesse qu'elle a fait preuve. Ce geste sera gravé à jamais dans nos mémoires.

Un grand merci tout particulièrement à mon chef de service de l'assainissement Aissa Madaoui N pour son aide et ses encouragements à Meriem, Mme Bouklia N, Slimani Amaria, qui m'ont permis de réunir la bibliographie nécessaire à mon étude Je remercie aussi de façon générale toutes les personnes qui ont bien voulu me faire partager leur expérience pour cette étude (ONA Alger, ONA unité de Tlemcen).

Je ne terminerai pas sans avoir exprimé mes remerciements envers toutes les Personnes qui ont contribué de près ou de loin à la réalisation de ce projet qui sera d'utilité au future.

Sommaire

Résumé	i
ملخص	ii
Abstract	iii
Dédicace	iv
Remerciements	iiiv
Sommaire	v
Abréviations	vii
Liste des figures	xi
Liste des tableaux	xiii

Introduction générale

Chapitre I : Eaux usées et technique d'épuration

Introduction	1
I.1 Histoire de l'assainissement et de l'épuration.....	3
I.2 Définition des eaux usées.....	4
I.3 Différentes formes de pollution.....	4
I.3.1 Pollution Microbiologique.....	4
I.3.2 Pollution Organique.....	5
I.3.3 Produits toxiques minéraux ou organiques.....	5
I.4 Les différentes étapes d'épuration des eaux usées.....	5
I.4.1 Le traitement physique.....	5
I.4.1.1 Le dégrillage.....	5
I.4.1.2 La dilacération.....	5
I.4.1.3 Le dessablage – dégraissage.....	6
I.4.1.4 Le tamisage.....	6
I.4.2 Le traitement physico-chimique.....	6
I.4.3 Le traitement biologique.....	6
I.4.3.1 Matières en suspension.....	6
I.4.3.2 Matières volatiles en suspension.....	7
I.4.3.3 Matières minérales.....	7
I.4.3.4 Coliformes.....	7
I.4.3.5 Paramètres biochimiques.....	7
I.5 Technique D'épuration des Eaux usées.....	8
I.5.1 Techniques intensives.....	8
I.5.2 Techniques extensives.....	9
I.5.2.1 Lagunage naturel.....	9
I.5.2.2 Lagunage aéré.....	10
I.5.2.3 Lagunage anaérobie.....	11
I.5.2.4 Lagunage à haut rendement.....	12
I.5.2.5 Infiltration –percolation sur sable.....	12
I.6 Principaux aspects de la réutilisation des eaux usées.....	13

Sommaire

I.6.1	Aspect économique.....	13
I.6.2	Aspect sanitaire.....	14
I.6.3	Aspect environnementale.....	15
I.7	L'épuration dans le monde.....	15
I.7	Etat d'assainissement en Algérie.....	17
I.7.1.1	Réseau d'assainissement.....	17
I.7.1.2	Station d'épuration.....	18
I.7.2	Etat d'assainissement de la wilaya de Tlemcen.....	19
I.7.2.1	Réseau d'assainissement.....	19
I.7.2.2	Station d'épuration.....	20
	Conclusion	21
Chapitre II : Traitement des eaux usées par Macrophytes		
	Introduction	22
II.1	Historique.....	22
II.2	Application en Algérie	24
II.3	Principe de la Phytoépuration.....	25
II.4	Domaine d'application.....	25
II.5	Généralités sur les macrophytes.....	27
II.5.1	Définition.....	27
II.5.2	Les macrophytes utilisées en Phytoépuration.....	27
II.5.3	Les Roseaux (Phragmites Communs Plebiscites).....	28
II.5.3.1	Caractéristiques générales.....	28
II.5.3.2	Le rôle des roseaux dans le processus épuratoire des eaux.....	29
II.6	Le rôle des micro-organismes.....	30
II.7	Les matériaux.....	30
II.8	Les types de filtres plantés.....	31
II.8.1	Filtres à écoulement horizontal.....	31
II.8.1.1	Principe de fonctionnement.....	31
II.8.1.2	Caractéristiques techniques.....	32
II.8.1.3	Performance.....	33
II.8.2	Filtres à écoulement verticale.....	33
II.8.2.1	Principe de fonctionnement.....	33
II.8.2.2	Caractéristiques techniques.....	35
II.8.2.3	Performance.....	35
II.8.2.4	Avantages et inconvénients.....	36
II.8.3	Système mites.....	37
II.8.3.1	Principe de fonctionnement.....	38
II.9	Influence du climat sur le système	39
II.10	Indications technique	41
II.10.1	Contraintes géotechnique	41
II.10.2	Topographie et la surface disponible	41
II.11	Les mécanismes et performances épuratoires	42
II.11.1	Les mécanismes d'élimination	42
II.11.1.1	Les matières en suspension (MES)	43
II.11.1.2	La Demande Biochimique en Oxygène.....	43
II.11.1.3	La Demande Chimique en Oxygène.....	43
II.11.1.4	L'azote.....	44
II.11.1.5	Le phosphore.....	45
II.11.1.6	Les métaux.....	45
II.11.1.7	Les micro-organismes d'origine humaine.....	46

Sommaire

Conclusion	61
Chapitre III : étude du site et proposition de la solution d'épuration	
Introduction	48
III.1 Aperçu historique de la commune de Terny et les Zones éparses de Terny	48
III.2 Le contexte physique de la commune	48
III.2.1 Situation géographique	48
III.2.2 Relief et topographie	50
III.2.3 Contexte Hydrologique	50
III.2.4 Géologie-Hydrogéologie	55
III.2.5 Climat	55
III.2.6 Population –démographie	55
III.2.7 Les infrastructures hydrauliques d'assainissement existantes	57
III.2.7.1 Situation assainissement	57
Conclusion	57
Chapitre IV : Etude technico-économique d'une STEP à base de macrophytes	
Introduction	62
IV.1 Variantes proposées	62
IV.2 Dimensionnement des éléments de la STEP	64
IV.2.1 Débit de pointe	65
IV.2.2 Dégrilleur	65
IV.2.2.1 Largeur de la chambre de dégrillage	65
IV.2.2.2 Hauteur de la chambre de dégrillage	66
IV.2.3 Bassin de décantation	66
IV.2.4 Le regard d'alimentation	67
IV.2.5 Les conduites d'alimentation	67
IV.2.6 Filtre vertical	68
IV.2.6.1 Surface des filtres	68
IV.2.6.2 Profondeur de lit	69
IV.2.6.3 Pente	70
IV.2.6.4 Nombre de filtres	70
IV.2.6.5 Matériaux filtrant	70
IV.2.6.6 Alimentation et répartition	71
IV.2.6.7 Les conduites de répartition	71
IV.2.6.8 Evacuation et drainage	72
IV.2.6.9 Plantes	73
IV.2.7 Filtre horizontal	73
IV.2.7.1 Surface des filtres	73
IV.2.7.2 Profondeur de lit	74
IV.2.7.3 Pente	74
IV.2.7.4 Matériaux filtrantes	74
IV.2.7.5 Alimentation et répartition	75
IV.2.7.6 Evacuation et drainage	75
IV.2.7.7 Plante	75
IV.3 Données de base pour le calcul de dimensionnement	75
IV.3.1 Débits	76
IV.3.1 Données de base	76
IV.4 Résultats	77
IV.4.1 Variante I (Bassin de décantation + Filtre horizontal)	78
IV.5 Analyse et choix de variante	85

Sommaire

IV.5.1	analyse.....	85
IV.5.1.1	Domaine d'application.....	85
IV.5.1.2	Les contraintes géotechniques.....	85
IV.5.1.3	Performance épuratoire.....	85
IV.5.1.4	Contraintes climatique.....	86
IV.5.1.5	La topographie et surfaces disponibles.....	86
IV.5.1.6	Etude économique.....	87
IV.5.1	Choix de la variante la plus adéquate.....	91
IV.6	Conception de la STEP.....	92
IV.6.1	Le Décanteur.....	92
IV.6.2	Dispositif d'alimentation du premier étage.....	93
IV.6.3	Les filtres plantés.....	93
IV.6.3.1	Etages et nombre de filtres.....	93
IV.6.3.2	Alimentation.....	94
IV.6.3.3	Matériaux de garnissage	95
IV.6.3.4	Revanche	96
IV.6.3.5	Etanchéité	96
IV.6.3.6	L'évacuation et l'aération.....	97
IV.6.4	Plantation des roseaux	98
IV.6.4	L'évacuation des boues.....	98
	conclusion	99
		100
	Conclusion générale	
	Bibliographie	102
	Annexes	107
	Annexe A:	
	Diagnostic Générale de STEP au niveau de la wilaya	
	Annexe B	108
	Photos des Différentes Technologie D'alimentation et De Répartition	
	Annexe C	109
	Bulletin d'analyse du bassin de décantation de Terny	
	Annexe D	
	Norme des rejets des eaux usées	110

Sommaire



Abréviations

Abréviation	Signification
D.R.E.W.T. ou Ex DHWT	-Direction des ressources en eau de la wilaya de Tlemcen -Direction de l'Hydraulique de la Wilaya de Tlemcen
Cemagref	Unité de Recherche Qualité des Eaux Prévention des Pollutions
ONA	Offices national d'assainissement
APC	Assemblée populaire communale
ADE	Algérienne des eau
ANBT	Agence national des barrage et transfert
A.C.L	Agglomération Chef Lieu
A.S	Agglomération Secondaire
A.E.P.	Alimentation en Eau Potable
PDAU	Plan de développement et d'aménagement urbain...
MTH	Maladie à Transmission Hydrique
STEP	Station D'épuration Des Eaux Usées
E.U	Eau usées
RGPH	Recensement générale des population
T.A.M	Taux accroissement moyenne
C.T	Courte terme
M.T	Moyen terme
L.T-	Long terme
F.H.	Filtre Horizontal
F.V	Filtre Vertical
RN22	Route national
DBO	Demande Biochimique en Oxygène
DCO	Demande Chimique en Oxygène
MES	Manière En Suspension
MO	Matière Organique
EH ou Eq/hab	Equivalent Habitant
hab.	Habitant
C°	Degré celcus
HA	Hectare
Ts	Temps de séjours
Qp	Débit de pointe
U	Unité
PU	Prix unitaire
ML	Mètre linéaire
m ² /EH	Mètre carrée par équivalent habitant
Mg/l	Milligramme par litre
DA	Dinars algérien

Liste des tableaux

Tableau I.1	: Classement des procédés d'épuration des eaux usées.....	8
Tableau I.2	: Linéaire à travers la wilaya de Tlemcen.....	19
Tableau II.1	: Evolution de la mise en place de filtres plantés de macrophytes dans quelques pays Européens. (H = horizontal, V = vertical)	23
Tableau II.2	: Paramètre de l'auto surveillance de la station de Ourgla.....	24
Tableau II.3	: Condition d'adaptation du procédé	26
Tableau II.4	: Rôle des matériaux de remplissage	31
Tableau II.5	: Performance épuratoires des filtres plantés à écoulement vertical	36
Tableau II.6	: Comparaison des filtres plantés de roseau à écoulement verticale et à écoulement horizontal	37
Tableau II.7	: Technique d'épuration extensive	39
Tableau II.8	: Principaux mécanismes d'élimination des différents types de polluants.....	42
Tableau III.1	: Répartition spatiale de la population actuelle.....	56
Tableau III.2	: Ressources en eau mobilisées pour l'AEP de la commune de Terny.....	57
Tableau III.3	: Etat des réseaux de distribution d'eau potable.....	57
Tableau V.1	: K en fonction de la forme des barreaux.....	66
Tableau IV.2	: Règles de base habituelles de dimensionnement.....	69
Tableau IV.3	: caractéristiques recommandées pour les différentes couches filtrantes.....	71
Tableau IV.4	: Valeurs de $kDBO_5$ et de surfaces spécifiques en fonction du type d'eaux à traiter.....	74
Tableau IV.5	: Détermination empirique de la surface spécifique du lit horizontal en fonction du traitement primaire	74
Tableau IV.6	: Résultats des calculs débit	76
Tableau IV.7	: Données de base pour le calcul de dimensionnement.....	77

Liste des tableaux

Tableau IV.8	<i>: Caractéristiques des bassins pour la 1^{ère} variante (méthode 01).....</i>	79
Tableau IV.9	<i>: Caractéristiques des bassins pour la 1^{ère} variante (méthode 02).....</i>	80
Tableau IV.10	<i>: Caractéristiques des bassins pour la 2^{ème} variante (1^{ère} étage).....</i>	82
Tableau IV.11	<i>: Caractéristiques des bassins pour la 2^{ème} variante (2^{ème} étage).</i>	83
Tableau IV.12	<i>: Caractéristiques des bassins pour la 2^{ème} variante (2^{ème} étage)..... Devis quantitatif et estimatif de la 1^{ère} première variante.....</i>	84
Tableau IV.13	<i>: Devis quantitatif et estimatif de la 2^{ème} deuxième variante.....</i>	88
Tableau IV.14	<i>: Devis quantitatif et estimatif de la 2^{ème} deuxième variante.....</i>	89
Tableau IV.15	<i>: Caractéristiques des différentes couches filtrantes pour un filtre vertical.....</i>	95
Tableau IV.16	<i>: Caractéristiques des matériaux filtrant pour les filtres horizontaux.....</i>	96

Liste des figures

Figure I.1	: Schéma de mécanisme en jeu dans les bassins de lagunages naturel	09
Figure I.2	: Step De Loupershouse.....	10
Figure I.3	: Infiltration-percolation étanchée et drainée.....	12
Figure I.4	: Step de Momerstroff.....	13
Figure I.5	: Couverture de l'assainissement de base dans le monde d'après une évaluation de l'OMS en 2002.....	17
Figure I.6	: Evolution du linéaire du réseau d'assainissement.....	18
Figure I.7	: Evolution des procédés d'épuration les plus utilisées en Algérie.....	19
Figure II.1	: le principe de la phytoépuration.....	25
Figure II.2	: Domaine d'application du procédé.....	25
Figure II.3	: les plantes selon le procédé épuratoire utilisé (flottante, submergées ou émergées).....	27
Figure II.4	: Différentes plantes aquatiques épuratrices utilisées dans les systèmes d'assainissement par bassins filtres plantés.....	28
Figure II.5	: Le principe d'assimilation des nutriments au niveau de la rhizosphère.....	29
Figure II.6	: Détail du massif filtrant.....	32
Figure II.7	: Photo représentatif du système à écoulement verticale.....	34
Figure II.8	: Schéma du principe du système mixte.....	38
Figure II.9	: Système d'épuration mixte avec trois bassins à écoulement vertical en 1er étage et deux bassins à écoulement horizontal en 2ème étage.....	38
Figure II.10	: Les filtres verticaux de QUEIGE en conditions hivernale et estivale...	40
Figure II.11	: Surface brute nécessaire en fonction de la capacité de la station en habitant.....	41
Figure III.1	: situation de la commune de TERNY BENI HEDIEL dans la wilaya de Tlemcen.....	49
Figure III.2	: Bassins versants concernés par l'étude.....	51
Figure III.3	: Carte hydrogéologique de la Wilaya de Tlemcen.....	53
Figure III.4	: Carte géologique de la wilaya de Tlemcen	54
Figure III.5	: Bassin de décantation du sud de Terny	58
Figure III.6	: Le schéma directeur du collecteur d'assainissement des localités Sehb Et O/ Bounoire.....	59
Figure III.7	: Schéma d'organisation proposé pour l'espace communal.....	60
Figure IV.1	: Quelques Configurations Possibles.....	63
Figure IV.2	: LE choix de configuration possible	64
Figure IV.3	: Variation des débits et des vitesses en fonction du remplissage	68
Figure IV.4	: Bornes d'aérations de la station d'épuration à filtres plantés de roseaux de Treize Septiers.....	72
Figure IV.5	: Alimentation par tranchées.....	75
Figure IV.6	: Alimentation par rampes de répartition.....	75
Figure VI.7	: Schéma synoptique de la 2 ^{ème} variante de station par filtres plantés de roseaux.....	78

Liste des figures

Figure VI.8	:	<i>Schéma synoptique de la 1^{ère} variante de station par filtres plantés de roseaux.....</i>	81
Figure IV.9	:	<i>Bassin de décantation de L'AS SEHB et OULED BOUNOIRE.....</i>	92
Figure IV.10	:	<i>rejet finale du l'AS SEHB et OULED BOUNOIRE.....</i>	92
Figure IV.11	:	<i>Alimentation en surface des filtres verticaux de la Station Saint Laurent (France).</i>	94
Figure IV.12	:	<i>Plaque anti-affouillement.....</i>	94
Figure IV.13	:	<i>Différents types de plaque anti-ffouillement.....</i>	95
Figure VI.14	:	<i>L'emplacement de la géomembrane.....</i>	96
Figure IV.15	:	<i>Ventilation.....</i>	97
Figure IV.16	:	<i>Dispositif d'évacuation d'eau traitée à la sortie d'un filtre à flux horizontal.....</i>	97
Figure IV.17	:	<i>Schéma générale de la STEP.....</i>	98

Introduction générale

Introduction générale

En 1980 on estimait que 2 milliards d'hommes dans le monde n'avaient pas accès à un point d'eau potable. Par ailleurs, l'O.M.S pendant cette même période estimait que 80% des maladies sur la planète sont transmises par les eaux contaminées par les polluants chimiques et organiques (L'O.M.S,1989).

L'eau a toujours hanté l'esprit des hommes, élément de la vie quotidienne et pivot des civilisations depuis l'antiquité, comme celles de l'Égypte, de la Chine ou du Pérou [63].

Cet élément de la vie facilement utilisé et difficilement obtenu, présente aujourd'hui une rareté majeure à l'échelle du globe et, beaucoup plus gravement dans les zones arides de la planète. Le manque d'eau prend de jour en jour de l'ampleur devant des sources limitées et une explosion démographique accentuée par la demande croissante de deux secteurs stratégiques l'agriculture et l'industrie.

Parmi les stratégies de résolution de ce problème, c'est l'utilisation rationnelle des eaux, et la réutilisation des eaux après traitement surtout en industrie et dans l'agriculture qui permettent de conserver l'eau potable seulement pour l'usage domestique. L'épuration des eaux est un moyen qui permet la réutilisation des eaux. Elle est assurée soit par voie physique, chimique ou biologique.

En Algérie l'épuration des eaux usées est limitée, en 2004 on comptait 67 stations dont 11 étaient fonctionnelles (DHW, 2004). Actuellement, l'Algérie dispose de 134 stations d'épuration (STEP et lagunes) en fonctionnement avec une capacité installée estimée à 12 millions EQH (équivalent habitant) soit 800 hm³/an.

La purification artificielle ou intensive des eaux usées a montré sa complexité et ses exigences matérielles et humaine (haute technicité). En plus c'est une technologie très chère. De ce fait d'autres moyens plus simples et efficaces sont de plus en plus utilisés pour l'épuration des eaux. Ceux sont les traitements extensifs. Ce sont des procédés purement naturels où les agents actifs dans le processus sont des macrophytes (plantes supérieures). Pour cette technique l'intervention de l'homme est très limitée et l'installation n'est pas trop coûteuse.

En Algérie, ce mode d'épuration n'est pas utilisé on dénombre deux STEP expérimentales pilotes. La première réalisée en 2007 dans la localité de Sidi El Djillali dans la wilaya de

Tlemcen et la deuxième réalisée en 2008 dans la localité de Témachine, vieux Ksar dans la wilaya d'Ouargla.

Notre travail consiste à étudier et dimensionner une station d'épuration à base de macrophytes pour la localité de Sahb à Terny, daïra de Mansourah, Wilaya de Tlemcen.

La zone d'étude est éparsée, enclavée, peu peuplée et est située en amont du barrage El Mefrouch. C'est une zone vulnérable aux eaux usées du fait de la qualité de son sol et son sous-sol est une nappe phréatique.

Dans ce mémoire, nous essayons dans un premier temps de décrire les stations d'épuration à filtres plantés de macrophytes. Nous décrirons ensuite la zone d'étude et nous relèverons par la suite la forte vulnérabilité à la pollution particulièrement dans cette localité en mettant en exergue la qualité du sol, la nappe phréatique, le barrage El Mefrouch, Ghar Boumaaza, dans le but de protéger les eaux souterraines et superficielles les plus menacées. Nous finirons ce travail par la suggestion d'une station d'épuration à substrats plantés de roseaux, sa conception, son dimensionnement et son évaluation.

Dans le chapitre I, nous introduisons brièvement un aperçu général sur les différentes eaux usées, les différents modes d'épuration. Par suite nous avons défini les deux modes d'épuration intensive et extensive. Nous avons ensuite développé le procédé extensif en citant son domaine d'utilisation ses avantages et inconvénients.

Le chapitre II est consacré à la description et l'analyse critique des stations d'épuration à filtres plantés 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 tout en montrant la simplicité l'efficacité la fiabilité et l'écologie de cette technique.

Dans le chapitre III, nous décrivons la zone d'étude et son état d'assainissement. On déterminera avec plus de détails les paramètres d'étude : l'évolution de la population, le climat (pluviométrie, vent), qualité du sol, l'assainissement existant, etc.

Dans le chapitre IV, nous décrivons deux variantes de STEP par lits à roseaux que nous avons conçus. Nous avons dimensionné les différents éléments de la STEP puis nous avons calculé les coûts d'investissement des deux variantes. Suite à toute cette étude nous avons choisi une des deux variantes.

Chapitre I
Eaux usées
et
Technique d'épuration

Introduction

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 (Hamza Chérif C, 2010).

Notre pays s'est engagé stratégiquement vers une politique environnementale fondée sur le concept de développement durable et entend ainsi faire de la protection de l'environnement un facteur clé du développement socioéconomique et éthique.

L'objectif principal du présent chapitre est de détailler les moyens techniques à la disposition des collectivités pour l'épuration de leurs eaux usées

I.1 Histoire de l'assainissement et de l'épuration

Attachant une grande importance à la qualité de l'eau, les romains ont construit des aqueducs, des thermes, des latrines et des égouts. Une ville romaine était d'abord bâtie sur l'établissement de ses services d'évacuation des effluents, qui avec le temps furent couverts et enterrés pour des questions de salubrité [63].

Au Moyen Age les rues servent de cloaque et les épidémies sont fréquentes. C'est au XIXe siècle que s'élabore la conception moderne de l'assainissement avec le mouvement hygiéniste Britannique, qui préconise de collecter les eaux urbaines et de les mener par des canalisations enterrées, jusqu'aux sites de rejet en milieu naturel (pour éloigner les épidémies). Les villes ont été assainies par la réalisation de réseaux d'égouts destinés à recevoir et transporter l'ensemble des eaux usées. La croissance constante, de l'urbanisation, de la démographie, ainsi que le développement industriel, a imposé la nécessité d'assainir les eaux usées des villes avant leur restitution dans le milieu naturel (Anonyme, 2000).

I.2 Définition des eaux usées

Une eau est dite usée ou polluée une fois qu'elle perd ses caractéristiques physiques, chimiques et organoleptiques (Audic JM , Esser D, 2006). Toutes les activités humaines, qu'elles soient domestiques, industrielles, artisanales, agricoles. Produisent des eaux usées.

On distingue quatre grandes catégories d'eaux usées : les eaux domestiques, les eaux agricoles, les eaux industrielles, les eaux pluviales et de ruissellement :

- **Les eaux usées domestiques** sont issues de nos habitations. Elles comprennent :
 - Les eaux «ménagères» d'évacuation des cuisines et salle de bains. Elles sont polluées par des détergents, les lessives et les graisses, les eaux de vaisselle.
 - Les eaux « vannes » d'évacuation des toilettes.
- **Les eaux usées agricoles** qui résultent de l'élevage et de la culture.
- **Les eaux usées industrielles** dont les caractéristiques dépendent toujours de l'usage de l'eau dans les procédés industriels de fabrication [64].
- **Les eaux de ruissellement pluviales** qui sont rejetées après la pluie par les systèmes d'évacuation prévus pour les surfaces imperméables.

Les eaux épurées qui ne sont que très rarement des eaux pures mais plutôt des eaux usées traitées jusqu'à un niveau de pollution toléré par la législation pour leur émission dans la nature (Ansoia G et All, 1995).

I.3 Différentes formes de pollution

Il existe trois types des formes de pollution dans les eaux usées

I.3.1 Pollution microbiologique

Les eaux usées contiennent une multitude de microorganismes vivants, des virus, des bactéries, des protozoaires, voire même des parasites. La grande majorité de ces microorganismes nocifs, susceptibles d'engendrer des infections humaines redoutables, diffuse dans l'environnement hydrique par l'intermédiaire de souillures fécales humaines ou animales (Ansoia G et All, 1995).

I.3.2 Pollution organique

Pollution causée par la décomposition de matières organiques d'origine humaine, animale ou industrielle. Ce processus entraîne une diminution de l'oxygène dissous dans l'eau et peut perturber grandement la vie aquatique, tout en étant à l'origine d'odeurs nauséabondes.

I.3.3 Produits toxiques minéraux ou organiques:

Les substances toxiques sont entre autres les pesticides, les hydrocarbures, les produits organiques industriels, les substances minérales toxiques sont les sels à forte concentration et les ions métalliques rejetés par les effluents industriels non biodégradables (Hassam S, 2009).

I.4 Les différentes étapes d'épuration des eaux usées

Les stations d'épuration sont des petites usines qui traitent les eaux usées en passant par les étapes suivantes :

I.4.1 Le traitement physique

Le prétraitement physique est l'ensemble des opérations qui a pour but d'éliminer la fraction la plus grossière des particules entraînées, et de retirer de l'effluent des matières susceptibles de gêner les traitements ultérieurs. Cette opération passe par les étapes suivantes (Bouziani M, 2000) :

I.4.1.1 Le dégrillage

Au cours du dégrillage, les eaux usées passent au travers d'une grille dont les barreaux, plus ou moins espacés, retiennent les matières les plus volumineuses charriées par l'eau brute, qui pourraient nuire à l'efficacité des traitements suivants ou en compliquer leur exécution. Le dégrillage permet aussi de protéger la station contre l'arrivée intempestive des gros objets susceptibles de provoquer des bouchages dans les différentes unités de l'installation. Les éléments retenus sont, ensuite, éliminés avec les odeurs ménagères (Hiroomi I et al, 2006).

I.4.1.2 La dilacération:

L'opération consiste à broyer assez finement la fraction fermentescible des résidus de dégrillage afin qu'ils puissent suivre le sort des matières décantables fines.

I.4.1.3 Le dessablage – dégraissage

Le dessablage permet l'élimination des particules lourdes de tailles importantes (>2mm) par décantation. Le dégraissage permet d'éliminer les particules légères (graisses, huiles etc.) par flottation.

I.4.1.4 Le tamisage

Le tamisage est une opération très générale sur les effluents industriels chargés en matières en suspension de forte taille (abattoirs, conserveries de légumes). Il permet la récupération des déchets utilisables, évite l'obstruction de canalisations, ou de pompes, limite les risques de dépôts et de fermentation, soulage le traitement biologique ultérieur (Bechac J.P, et all, 1984).

Il est important de mentionner qu'il est exceptionnel que la chaîne des prétraitements Comporte l'ensemble de ces opérations. Dans les petites installations la procédure de Traitement est réduite au dégrillage et dessablage uniquement et en présence des graisses et des huiles et d'industrie, le dégraissage et tamisage devient complémentaire.

I.4.2 Le traitement physico-chimique

Le traitement physicochimique est le seul moyen qui permet la déstabilisation des particules colloïdales à petite dimension (10⁻⁸ à 10⁻² mm), il renferme deux opérations principales, la première est le processus de floculation qui consiste à rassembler les colloïdes et la deuxième est la coagulation qui est une déstabilisation à faible charge électrique.(Bechac J.P, et all, 1984), ces deux modes de traitement présentent une efficacité lorsque les paramètres quantitatifs et qualitatifs des eaux usées sont contrôlés, or sur terrain il est difficile de bien assurer un traitement optimal car la détermination des quantités de réactif à injecter vis avis la variation de débit, concentration, pH,...etc. est complexe. Le choix du produit chimique revient à l'exploitant en fonction de la disponibilité des produits et de leurs coûts.

I.4.3 Le traitement biologique

I.4.3.1 Matières en suspension

MES exprimé en mg/l, il correspond à la pollution insoluble particulaire, c'est-à-dire à la totalité des particules solides véhiculées par les eaux résiduaires (Boeglin J. C, article). Elles sont mesurées par la pesée du culot de matière obtenue par filtration ou par centrifugation de

l'effluent brut à traiter. Cette mesure est représentative de la quantité de matière non dissoute (Victor Alcaraz G, 2001).

I.4.3.2 Matières volatiles en suspension

MVS représente la fraction organique dite volatile des MES. Elles sont mesurées par calcination à 650°C d'un échantillon dont on connaît la teneur en MES (Boeglin J. C, article) . Après évaporation de la partie organique des matières en suspension, la pesée des matières résiduelles représente la quantité de la Matière Minérale en Suspension (MMS). La quantité de MVS est obtenue par différence entre les quantités de MES et de MMS [64].

I.4.3.3 Matières minérales

Représentent le résidu de la calcination.

I.4.3.4 Coliformes

Ce sont des bactéries, retrouvées dans les intestins des animaux à sang chaud. Pourtant, s'il y en a dans les eaux usées, cela indique que des bactéries pathogènes pourraient y être aussi présentes.

I.4.3.5 Paramètres biochimiques

Ces paramètres permettent de quantifier la quantité d'oxygène nécessaire pour dégrader la matière organique. On distingue :

a. DBO₅

Représente la demande biochimique en oxygène pendant 5 jours. Elle correspond à la quantité de dioxygène nécessaire aux micro-organismes aérobies de l'eau pour oxyder les matières organiques, dissoutes ou en suspension dans l'eau.

b. DCO

C'est une des mesures principales des effluents pour les normes de rejet. Elle représente la consommation en oxygène par les oxydants chimiques forts pour oxyder les substances organiques et minérales de l'eau. Elle permet d'évaluer la charge polluante des eaux usées.

c. Autres paramètres

Autre que le DBO₅ et le DCO, il s'avère intéressant de déterminer la quantité d'azote et de phosphore organique et minéral, parce qu'ils affectent le milieu naturel et les cultures. En plus la précision de la température permet de choisir le traitement adéquat aux eaux usées et son efficacité. Il faudra aussi déterminer le pH, les métaux lourds et la turbidité des eaux usées (Ansoia G et All, 1995), [65].

I.5 Techniques d'épurations des eaux usées

On distingue couramment les techniques dites intensives des techniques dites extensives.

Le tableau ci-dessous présente le classement des procédés d'épuration des eaux usés

Tableau I.1 : Classement des procédés d'épuration des eaux usées (Ansoia G et all, 1995).

	Cultures libres	Cultures fixes
Procédés extensifs	- Lagunage naturel -Lagunage aéré Chenal à haut rendement	- Infiltration-Percolation - Filtres plantés de roseaux à écoulement vertical - Filtres plantés de roseaux à écoulement horizontal
Procédés intensifs	- Boues activées	- Lit bactérien - Biofiltre - Biodisque

I.5.1. Techniques intensives

Les techniques intensives visent à la maîtrise des mécanismes épuratoires : elles les isolent et les modélisent, de manière à permettre un contrôle des opérations. Les techniques intensives classiques, comme les boues activées, les disques biologiques et les lits bactériens, exploitent les propriétés de bactéries aérobies, soit libres dans des bassins munis d'aérateurs, soit fixées sur des supports.

Nous ne développons pas ces procédés car ils ne font pas l'objet de notre étude et ils sont développés dans plusieurs ouvrages et travaux.

I.5.2 Techniques extensives

Du côté des techniques extensives, on reconstitue des écosystèmes artificiels simplifiés. Il s'agit de faire intervenir l'ensemble des processus de dégradation présents naturellement dans un écosystème. Avec ces techniques, on reproduit le principe de l'autoépuration, mais dans des écosystèmes artificiels optimisés, de façon à protéger l'écosystème naturel. L'appellation «extensive» provient du fait que ces techniques nécessitent de grandes surfaces pour être pratiquées. Parmi ces techniques :

I.5.2.1 Lagunage naturel

a. Définitions et généralité

Ce sont des bassins artificiels et imperméabilisés, de faible profondeur pouvant recevoir des effluents bruts ou prétraités et où la recirculation des boues biologiques décantées n'est pas réalisée, et la concentration de la biomasse épuratrice reste faible.

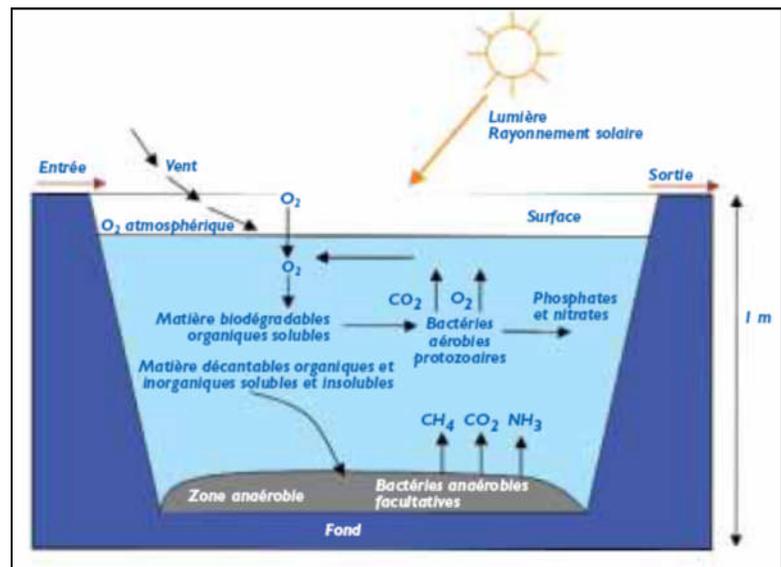


Figure I.1: Schéma de mécanisme en jeu dans les bassins de lagunages naturel (UR Maly, P Molle, 2012)

Alimentées d'effluents à traiter, les lagunes naturelles sont nommées étangs de stabilisation, que l'on classe en fonction des filières de développement des bactéries en trois catégories : anaérobies, aérobies ou facultatifs (mixtes) (Derkaoui H, 2011).

Dans une formule complémentaire (en milieu tropical notamment) on peut cultiver des macrophytes (roseaux, massettes ou lentilles d'eau par exemple) dans des bassins terminaux afin d'optimiser l'épuration, l'augmentation d'oxygénation et d'éliminer au maximum les matières en suspension. Les lagunages à macrophytes diffèrent de celles à microphytes par une plus faible profondeur d'eau et doivent être collectées régulièrement (fort taux de croissance des lentilles ou des jacinthes d'eau par exemple) (Rodrigue N, 2005).

b. Avantages et inconvénients (Hiroomi I et all, 2006)

- **Avantages**

Le lagunage naturel présente de nombreux avantages par rapport aux procédés classiques :

- Excellente élimination de la pollution microbiologique ;
- Faibles coûts d'investissement et de fonctionnement ;
- Raccordement électrique inutile ;
- Très bonne intégration paysagère ;
- Valorisation aquacole et agricole de la biomasse planctonique produite et des effluents épurés
- Boues peu fermentescibles ;
- Bonne élimination de l'azote (70 %) et du phosphore (60 %).

- **Inconvénient**

A l'inverse, le lagunage naturel présente les inconvénients suivants :

- Variation saisonnière de la qualité de l'eau en sortie ;
- En cas de mauvais fonctionnement, risque d'odeurs, de moustiques, de rongeurs ;
- Emprise au sol importante ;
- Difficultés d'extraction des boues ;
- Pas de réglage possible en exploitation ;
- Sensibilité aux effluents septiques et concentrés

I.5.2.2 Lagunage aéré**a. Définition**

Dans ce type d'installation l'oxygène est produit artificiellement soit en surface (aérateurs) soit en immersion (insufflation d'air). On distingue une lagune d'aération de 3 à 5 m de profondeur. Une ou plusieurs lagunes de décantation d'une hauteur de 2 à 3 m avec un temps de séjour d'au moins 2 jours (Olivier A, Catherine B, et all, 1997).



Figure I.2: STEP de Loupershouse (Guide, Commission Européenne, 2001).

b. Avantages et inconvénients (Ansoia G et All, 1995)

- **Avantages**

- Tolérant aux variations de charges hydrauliques et/ou organiques importantes ;
- Tolérant aux effluents très concentrés ;
- Tolérant aux effluents déséquilibrés en nutriments (cause de foisonnement filamenteux en boues activées);
- Traitement conjoints d'effluents domestiques et industriels biodégradables ;
- Bonne intégration paysagère ;
- Boues stabilisées.

- **Inconvénients**

- Rejet d'une qualité moyenne sur tous les paramètres ;
- Présence de matériels électromécaniques nécessitant l'entretien par un agent spécialisé;
- Nuisances sonores liées à la présence de système d'aération ;
- Forte consommation énergétique (Daloz A, 2007).

I.5.2.3 Lagunage anaérobie

Ce système est surtout employé en climat tropical, car il nécessite une température élevée (supérieure à 25°C), permet le traitement des eaux usées domestiques et agro-industrielles. Les caractéristiques de ce système sont les suivantes:

- Une profondeur d'eau importante facilitant les processus anaérobies; une charge en matière organique élevée ;

- La réduction de la DBO₅ dépasse 80% lorsque la température est au dessus de 25 °c ;
- Outre la température, les paramètres majeurs sont le pH, qui doit rester voisin de 7, donc de la neutralité, et le temps de séjour pour 2 jours, la chute atteint 70% sur la DCO et 80% sur les MES (Agence de l'Eau Seine-Normandie, 1999).

I.5.2.4 Lagunage à haut rendement

L'épuration y est obtenue grâce à une production d'algale intensive. Dans les bassins peu profonds, l'eau animée par des roues à aubes, circule lentement ce qui favorise l'homogénéisation et le développement des algues. Le temps de séjour est de 2 à 12 jours et la surface nécessaire est divisée par 5 par rapport au lagunage naturel. Cependant, cette éco-technique exige un rayonnement solaire et une température suffisants, et demande donc de prendre en compte les cycles saisonniers. D'autre part la photosynthèse n'ayant lieu que le jour, il convient aussi de compter avec les cycles jour / nuit dans le lieu envisagé (Rodrigue N, 2005)

I.5.2.5 Infiltration-percolation sur sable

a. Définition

L'infiltration-percolation (figure I.9) d'eaux usées est un procédé d'épuration par filtration biologique aérobie sur un milieu granulaire fin. L'eau est successivement distribuée sur plusieurs unités d'infiltration. Les charges hydrauliques sont de plusieurs centaines de litres par mètre carré de massif filtrant et par jour. L'eau à traiter est uniformément répartie à la surface du filtre qui n'est pas recouvert. La plage de distribution des eaux est maintenue à l'air libre et visible.

Une autre variante intéressante de l'épuration par le sol est constituée par les filtres à sable horizontaux ou verticaux enterrés. Pour un filtre à sable vertical enterré, un dimensionnement de 3,5 m²/ hab est nécessaire et une alimentation basse pression recommandée [66].

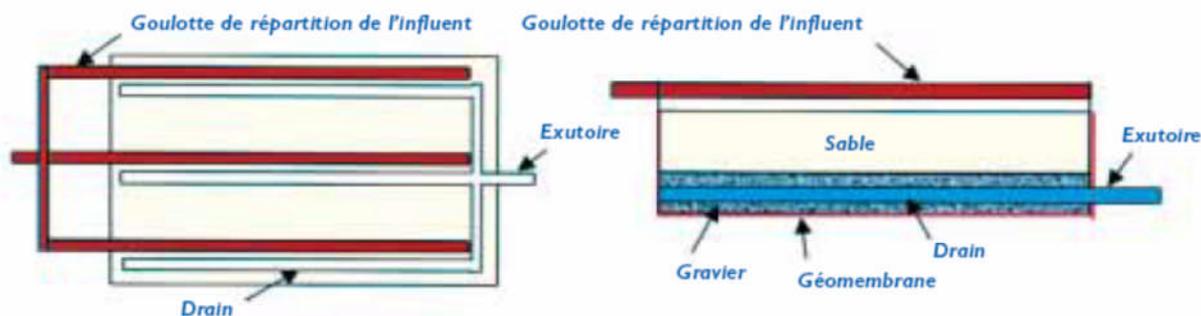


Figure I.3: Infiltration-percolation étanchée et drainée (Guide Commission Européenne, 2001)



Figure I.4: STEP de Momerstroff-57(Agence de l'Eau Seine-Normandie, 1999)

b. Avantages et inconvénients (Boeglin J. C, article)

- ***Avantages***

- Excellents résultats sur la DBO₅, la DCO, les MES et nitrification poussée ;
- Surface nécessaire bien moindre que pour un lagunage naturel ;
- Capacité de décontamination intéressante.

- ***Inconvénients***

- Nécessité d'un ouvrage de décantation primaire efficace ;
- Risque de colmatage à gérer ;
- Nécessité d'avoir à disposition de grandes quantités de sables ;
- Adaptation limitée aux surcharges hydrauliques.

I.6 Principaux aspects de la réutilisation des eaux usées

I.6.1 Aspect économique

Par rapport aux coûts, les avantages de la réutilisation des eaux usées sont la valeur de la production agricole ou piscicole, la création d'emplois, les économies réalisées sur l'achat d'engrais (qui sont éventuellement importés) et la pollution ainsi évitée. A ce dernier, l'avantage est liée l'économie réalisée sur le coût des installations, d'évacuation qu'il aurait fallu aménager sans cela (par exemple, de longs et coûteux égouts de décharge en mer dans les régions côtières). L'utilisation des eaux usées, au lieu d'autres sources d'eaux destinées par exemple à des usages industriels ou domestiques, peut entraîner des économies considérables, ce qui est un énorme avantage.

Il est plus facile de trouver des solutions satisfaisantes du point de vue économique quand la réutilisation est envisagée dès le stade de la planification, car même la conception du système de récupération des eaux usées et l'emplacement de la station d'épuration influent sur la viabilité économique des projets d'irrigation ou d'aquaculture. Le transport des effluents traités sur de longues distances, jusqu'aux régions où ils sont utilisés, doit être évité, en raison de son coût élevé (L'OMS, 1989).

I.6.2 Aspect sanitaire

Plusieurs études ont été faites pour déterminer l'efficacité des procédés de traitement des eaux usées du point de vue de l'élimination de pathogènes spécifiques. Les formes végétatives des bactéries pathogènes paraissent être pour la plupart éliminées dans les mêmes proportions que les coliformes. Certains œufs d'helminthes dont la sédimentation s'opère rapidement peuvent être éliminés par les méthodes classiques de sédimentation primaire, et plus sûrement encore par un séjour de cinq à sept jours dans un bassin de stabilisation.

Les virus sont plus difficilement éliminés par les méthodes classiques et peuvent subsister dans les effluents après chloration, alors même que le nombre des coliformes a été sensiblement réduit. L'ozonisation est particulièrement efficace contre les virus, mais elle est rarement employée pour le traitement des eaux usées (L'OMS, 1973).

Faute de données épidémiologiques adéquates, les directives et les normes en vigueur jusqu'à présent pour la qualité des eaux usées réutilisées étaient fondées essentiellement sur des critères microbiologiques. L'objectif était d'éliminer tous les organismes pathogènes d'origine fécale pour éviter les risques pour la santé résultant de la présence de micro-organismes contenus dans les excréments. Les normes correspondaient à la concentration minimale de bactéries pouvant être détectées dans les eaux usées par des moyens de contrôle ordinaires ou pouvant être obtenue, dans la pratique, avec les procédés d'épuration existants. Dans certains cas, ces normes étaient analogues à celles qui étaient appliqués pour l'eau de boisson.

A l'heure actuelle, on estime que, pour minimiser les risques pour la santé, il serait judicieux d'adopter une approche plus intégrée, dans laquelle le traitement, qui reste en principe la meilleure méthode de protection, ne serait que l'une des mesures envisagées au stade de la planification, les autres étant la restriction des cultures, l'application contrôlée des eaux usées, le contrôle de l'exposition et la promotion de l'hygiène. Les directives actuelles doivent être mises à jour pour tenir compte des nouvelles informations dont on dispose sur l'utilisation des

eaux usées et pour encourager les pays à tirer parti de cette précieuse ressource, tout en protégeant la santé publique (L'OMS, 1973 et 1989).

I.6.3 Aspect environnementale

L'utilisation des eaux usées pour l'irrigation et l'épandage des boues d'épuration comportent cependant un risque, celui de la contamination des eaux souterraines, où l'accumulation d'azote est un grave problème dans de nombreux pays.

Ce risque dépend des conditions locales et du taux d'application. Quand la couche saturée de l'aquifère se trouve sous une épaisse couche non saturée homogène, la plupart des polluants passent dans la couche non saturée et le risque de contamination des eaux souterraines est alors faible. C'est seulement quand la couche non saturée située au-dessus de l'aquifère est peu épaisse ou très poreuse, en particulier si elle est fissurée, que le risque d'accumulation d'azote est important.

Par ailleurs, les cultures absorbent l'azote contenu dans les eaux usées, réduisant ainsi la contamination des eaux souterraines. Dans de nombreux pays en développement, leur réutilisation en foresterie peut aussi avoir d'importantes retombées écologiques à la périphérie des grandes villes, où le déboisement pour satisfaire les besoins en bois de feu entraîne la dégradation de l'environnement. Dans les zones arides, la plantation de ceintures d'arbres autour des villes aide à stabiliser le désert et à enrayer les tempêtes de poussière.

Dans les programmes de réutilisation des eaux usées, il faut toujours veiller à ne pas créer un habitat pour les vecteurs de maladies, comme les moustiques ou les mollusques. Dans le passé, dans les eaux polluées à faible courant et les bassins d'eau stagnante. Non seulement, ils constituent une nuisance, mais encore ils peuvent transmettre la filariose bancroftienne dans la plupart des régions où cette maladie est endémique, des méthodes classiques de lutte anti vectorielle devraient être appliquées en cas de besoin pour éviter la transmission des maladies (L'OMS, 1973) et (Boeglin J. C, article).

I.7 L'épuration en Algérie

Depuis l'indépendance et durant les trois premières décennies, les systèmes d'assainissement hérités de la période coloniale étaient basés sur des égouts qui débouchaient sur les oueds pour

finir en mer engendrant ainsi la pollution des eaux et du littoral. Cette situation a changé à la suite de la création du ministère des ressources en eau, le 25 octobre 2000. L'organigramme de cette institution a fait, en effet, apparaître une gestion de l'assainissement dissociée de celle de l'alimentation en eau potable. La création d'une direction de la gestion de l'assainissement et de la protection de l'environnement au sein de ce ministère s'est concrétisée par une meilleure prise en charge de l'assainissement. D'autant que les pouvoirs publics ont pris conscience de l'urgence qui devait être prise en considération, en matière de réalisation et de rénovation des réseaux d'assainissement et d'infrastructures d'épuration des eaux usées.

En effet, la mobilisation de l'eau potable, sa distribution, l'assainissement et la mobilisation de la ressource au profit des autres secteurs, y compris l'agriculture, ont composé les grands axes de la nouvelle stratégie élaborée par le ministre des ressources en eau. Dans le but d'améliorer le taux de collecte des eaux usées, un vaste programme de projets a été lancé durant la période 2000-2010. Ces projets, d'importance nationale, consistaient en la remise à niveau, l'extension du réseau national d'assainissement, la protection des villes contre les inondations et l'épuration des eaux usées par la réalisation de stations d'épuration à travers le territoire national.

D'autant que l'Algérie, pays semi-aride, avait fait face à une sécheresse sans précédent au point que « le gouvernement a pensé à importer de l'eau d'Europe pour faire face à la crise », a révélé Abdelmalek Sellal, ministre des ressources en eau en marge de la rencontre sur la gestion de l'eau en Algérie organisée en octobre 2011 à Oran.

Pour faire face à la rareté de l'eau et la rendre disponible, l'Algérie a investi durant les dix dernières années 25 milliards de dollars. Cependant, la disponibilité de l'eau n'était pas le seul défi de l'Algérie puisque la distribution posait problème. 30% de l'eau était perdue à cause de l'état défectueux des réseaux, de la mauvaise gestion et du déficit en stations d'épuration [67].

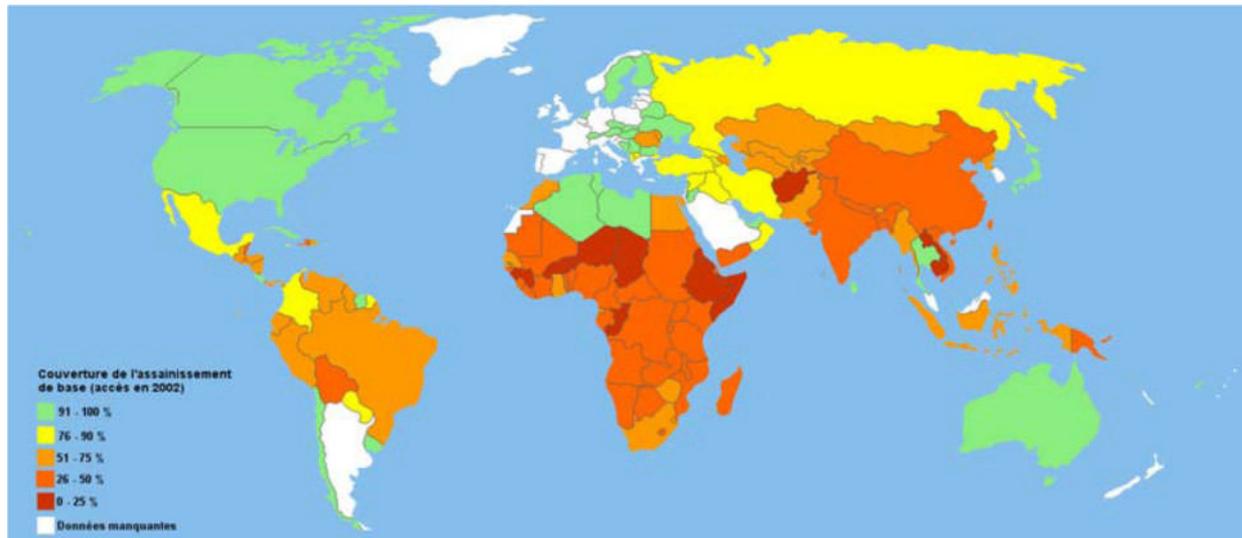


Figure I.5: Couverture de l'assainissement de base dans le monde d'après une évaluation de l'OMS en 2002 (Hamza Chérif C, 2010).

I.7.1 Etat d'assainissement en Algérie

I.7.1.1 Réseau d'assainissement

En matière de réalisation de réseaux d'assainissement, le linéaire du réseau national d'assainissement est passé de 21.000 km en 1999 à 42.000 km en 2012. Ces efforts sont le fruit d'importants investissements consentis par l'Etat durant cette période. En outre, dans le souci de préserver les plages autorisées à la baignade, l'Algérie s'est fixé comme objectif l'élimination de tous les rejets en mer et a défini comme prioritaires les projets de réalisation des stations d'épuration des villes côtières.

L'assainissement en Algérie a toujours fait partie des missions relevant du domaine de l'hydraulique et sa gestion est restée indissociable de celle de l'alimentation en eau potable. « L'assainissement a été considéré comme le parent pauvre des investissements du secteur des ressources en eau », rappelle Ahcene Aït Amara, directeur de l'assainissement et de la protection de l'environnement au ministère des ressources en eau. Pour rappel, l'Algérie ne comptait, en 1999, que 45 stations d'épuration, réalisées depuis l'indépendance dont 12 seulement en service en 2000 avec une capacité de traitement qui ne dépassait pas 90 millions d'eau usée traitée. Ayant pris conscience de l'urgence en matière de réalisation et de rénovation des réseaux d'assainissement et d'infrastructures d'épuration des eaux usées, un conseil des ministres a été réservé, en 2004, exclusivement à l'assainissement. Depuis, le problème a été sérieusement pris en charge. C'est ainsi qu'il a été décidé le lancement de 158

projets neufs de réalisation d'infrastructures d'épuration (figure I.12), tous programmes confondus, pour un montant global dépassant les 200 milliards de dinars [67].

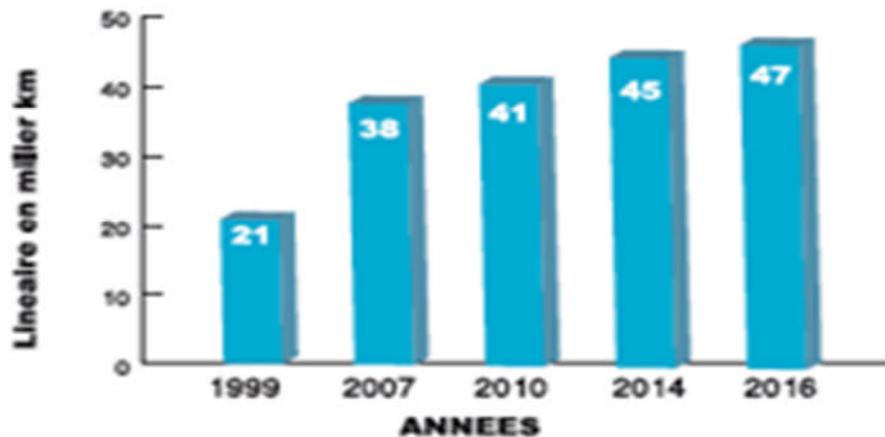


Figure I.6 : Evolution du linéaire du réseau d'assainissement en Algérie [67].

I.7.1.2 Station d'épuration

Actuellement, l'Algérie dispose de 134 stations d'épuration (STEP et lagunes) en fonctionnement avec une capacité installée estimée à 12 millions EQH (équivalent habitant) soit $800 \text{ hm}^3/\text{an}$. À l'horizon 2015, 66 autres stations seront réceptionnées, ce qui portera le nombre des stations d'épuration en exploitation à 200 dont 12 destinées à la protection du littoral. A titre d'exemple, on citera la station d'El-Karma dans la wilaya d'Oran dont les eaux traitées sont utilisées dans l'irrigation agricole de la plaine de Melata située au sud de la wilaya, sur une superficie de 8100 hectares. Les superficies agricoles irriguées de la wilaya connaîtront ainsi une augmentation au cours des prochaines années pour atteindre 15 000 ha. En 2020, les eaux usées représenteront un volume très appréciable de près de deux milliards de mètre cube, si la demande en eau est totalement satisfaite à cet horizon. Un tel volume, une fois épuré, pour des considérations écologiques ou de protection des ressources en eau, sera très apprécié quant à son utilisation par l'agriculture ou l'industrie. Les procédés d'épuration utilisés en Algérie, dont l'objectif principal est d'éliminer la pollution organique sont :

- 54 % procédé à boues activées ;
- 36 % lagunage naturel ;
- 10 % lagunage aéré.

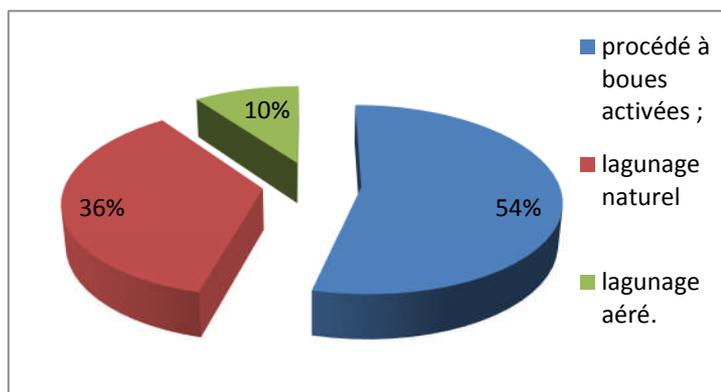


Figure 1.7 : Evolution des procédés d'épuration les plus utilisées en Algérie [67]

I.7.2 Etat d'assainissement de la wilaya de Tlemcen

I.7.2.1 Réseau d'assainissement

Le réseau d'assainissement de la wilaya de Tlemcen qui était de 1.701Km à la fin 2006 est passé à 1.871 Km à fin mai 2013; soit 169,75km de réseau réalisé durant les six dernières années et réparti comme suit (tableau I.2):

Tableau I.2: Linéaire à travers la wilaya de Tlemcen

Année	Linéaire total (ml)	Linéaire réalisé (ml)
2006	1 701 627	
2007	1 780 210	78 583
2008	1 810 470	30 260
2009	1 827 697	17 227
2010	1 845 397	17 700
2011	1 863 960	18 563
2012	1 865 381	1 421
2013 (1ère trimestre 13)	1 871 376	5 995
	Total	169 749

(Source DRE Tlemcen)

Taux de raccordement qui était de 80% en 1999 a connu une nette amélioration dans le cadre de vie du citoyen; il a progressé à 93 % en fin 2012, avec la réalisation de plusieurs ouvrages, à savoir, décanteurs, siphon, déversoirs d'orage et regards. Ainsi, le fonctionnement des six stations de relevage dont trois à Marsat Ben M'Hidi, une à Maghnia réhabilitée en 2010 et dotée d'une station de prétraitement, une réalisée et équipée en 2011 à Legfef à Maghnia et une autre réalisée et équipée en 2011 à Chetouane . Actuellement elles sont gérées par l'ONA, et ce, après achèvement de la procédure relative au transfert des infrastructures d'assainissement.

I.7.2.2 Station d'épuration

Dans le but de la lutte contre les MTH et la protection de l'environnement, trois stations d'épuration et un seuil à Mouillah (centre de Maghnia) sont achevées et mises en service. Les trois stations d'épuration concernent Tlemcen, Maghnia et Sidi Senouci à Sidi Abdelli. Une station d'épuration à Marsat Ben M'Hidi est cours de lancement par l'ONA. Pour la station d'épuration de Mouillah, suite au manque de données du côté Marocain, la réalisation de cette dernière pour dépolluer les eaux de barrage de Hammam Boughrara été écartée.

D'une capacité de 155 000 éq/hab et d'un débit de 31 018 m³/j, la station d'épuration de Tlemcen réalisée pour la protection du barrage de Sikak. Actuellement, elle traite un volume de 18500 m³/j de la collecte des rejets principaux de Tlemcen Chaabat El Horra et Sidi Daoudi. Pour la station de Maghnia effectuée pour la protection du barrage de Hammam Boughrara, avec une capacité de 150 000 éq/hab et un débit de 29 400m³/j. Actuellement, elle traite un volume de 22880m³/j. La Station de lagunage de Sidi Senouci réalisée pour la protection du barrage de Sidi Abdelli d'une capacité 12 000 éq/hab. Actuellement elle traite un volume de 1 440 m³/j. Pour protéger le barrage de Hammam Boughrara contre les eaux industrielles de la ville de Oujda (Maroc), le seuil déversoir de Mouillah a été effectuée. Actuellement ce seuil est géré par l'ANBT (DRE, Janvier ,20131).

Ainsi, pour le volet de protection des ressources hydriques et réutilisation des eaux usées, quatre études de système d'épuration sont achevées, trois autres nécessitant une actualisation est une autre en instance par manque de données. Les études de STEP achevées sont :

- STEP de la partie Ouest de Tlemcen pour protéger le barrage de Sekkak et lutte contre les MTH ;
- STEP de Ouled Mimoun et de Aïn Tellout pour protéger le barrage de Sidi Abdelli ;

- STEP de Remchi pour la protection de la prise de la Tafna.

Les études de STEP nécessitant l'actualisation sont :

- STEP Sebdou pour la protection du barrage de Béni Bahdel;
- STEP Nedroma et Ghazaouet pour la protection du futur barrage projeté des Trembles (Oued Tleta) et la zone côtière de Ghazaouet;
- STEP Terny pour protection de la nappe du Meffrouch.

L'étude de STEP en instance est celle de Mouillah à Maghnia pour la dépollution du Barrage de Hammam Bouhrara. L'étude sommaire est achevée ; néanmoins, en absence de données fiables sur la qualité et quantité d'eau provenant de la ville de Oujda (Maroc), il est impossible d'arrêter un dossier d'exécution d'un dispositif de traitement devant répondre à des horizons d'au moins de 15 années

Il faut juste noter que le volume d'eau usée journalier d'origine domestique rejeté est estimé à 115.467 m³/j. Seul 42.820 m³/j correspondant à 37% est épuré dans les trois STEP opérationnelles à savoir, Maghnia, Tlemcen et Sidi Senouci ; la quasi-totalité de ce volume est rejeté soit dans les Oued soit dans les Chaâbats soit directement dans la nature soit au littoral (DRE, Janvier ,2013).

Conclusion

L'évolution des techniques de l'épuration des eaux usées nous permet d'avoir un grand choix entre elles et de les adapter en fonction de la problématique. Il existe différentes configurations de systèmes épuratifs adéquats pour les effluents très riches en pollution, chacun présentant des avantages et des inconvénients. Le choix s'opère principalement en fonction de la nature des matières organiques présentes dans l'effluent (particulaires ou dissoutes, présences de composés toxiques), des normes à respecter, des moyens techniques et financiers à disposition ainsi que des habitudes locales.

Chapitre II

Traitement des eaux usées par Macrophytes

Introduction :

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 chapitre, 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 étapes

II.1. Historique

Les potentialités épuratoires des systèmes hydrauliques à plantes macrophytes ont été mis au point en France par le CEMAGREF. Quelques unités ont été implantées en France au cours des années 70-80. Diverses améliorations visant à simplifier la filière et fiabiliser son fonctionnement ont été apportées dans le but de procéder à son développement. Il existe deux types de filtres, les filtres à écoulement horizontal et les filtres à écoulement vertical.

Le premier système mis en exploitation date de 1974 (Grison, 1999). 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 (Hans Brix, 1987). 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 (Harberl R, et al, 1995).

Ce genre de procédé d'épuration de plus en plus utilisé à travers le monde, à titre d'exemple, plus de 2000 stations d'épuration à filtres plantés fonctionnent en France. L'utilisation des végétaux aquatiques pour le traitement des eaux usées est relativement ancienne;

En France, les coûts d'investissement ont diminué entre 1991 et 2006, et plus de 650 communes françaises ont été équipées de ce procédé (Audic JM, Esser D, 2006), en particulier dans le bassin de Rhin-Meuse. 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 années 80 que le nombre de stations réalisées a commencé à augmenter d'une manière considérable (Tableau II.1).

Tableau II.1 : Evolution de la mise en place de filtres plantés de macrophytes dans quelques pays Européens. (H = horizontal, V = vertical)(Grison, 1999).

Pays	Nombre d'installations (1999)	Année de démarrage	Type de filtre	Type de réseau
Allemagne	400	1988	H et V	Surtout unitaire
Royaume unie	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

II.2. Application en Algérie

- La station D'ouargla

Concernant l'épuration par les plantes ou la STEP écologique, Le ministère des ressources en eau a procédé, en 2007, à la mise en place d'un système expérimental d'épuration des eaux usées basé sur un procédé principalement naturel, dénommé « jardin d'épuration ». Une première en Algérie, ce système-pilote de traitement des eaux usées a été réalisé au niveau de la localité de Témacine (vieux ksar) dans la wilaya d'Ouargla.

La station a pour but d'épurer les eaux domestiques, les travaux ont été lancés en 2008 par l'entreprise SNTF pour le génie civil et EUSEBIOS pour l'équipement et l'installation photovoltaïques avec UDES sous une capacité 10914 Eq habitant et le débit nominale de 1515 m³/j. Elle a été mise en service en 2010 (ONA Alger, 2011).

La station d'épuration de N'GOUSSA a été réalisée dans le cadre du méga projet de lutte contre la remontée des eaux d'Ouargla

Elle traite les eaux usées urbaines de la daïra de N'GOUSSA, au moyen des filtres plantés de roseaux. C'est un des dispositifs extensifs de traitement biologique des eaux usées par MACROPHYTES. Les plantes utilisées sont des Phragmites Australis plus communément appelés «roseaux»

Une station d'épuration à « filtres plantés de roseaux » permet d'atteindre des niveaux supérieurs à 90%. Ci après les valeurs du mois de juin 2013 (analyses assurées par le laboratoire de la STEP de Ouargla)

Tableau II.2: Paramètre de l'auto surveillance de la station de Ourgla(ONA Alger, 2011).

Volume épuré du mois en m ³	Débit moyen traité en m ³ /j	Paramètre l'auto surveillance	MES mg/l	DBO ₅ mg/l	DCO mg/l
20388	658	Eau brutes (entrée station)	93	100	303
		Eaux épurées (sortie station)	21	16	57

II.3 Principe de la Phytoépuration

Les eaux brutes (eaux grises et eaux vannes) passent à travers des bassins remplis d'un substrat minéral (sable, gravier, pouzzolane selon les cas) où sont plantés différents végétaux subaquatiques (macrophytes) : roseaux, massettes, joncs, iris (Espèces locales de préférence car elles sont adaptées au climat).

Ces plantes, et plus spécifiquement les roseaux (Phragmites Communis ou Phragmites Australis) ont la particularité de former un tissu racinaire et un réseau de galeries qui drainent, apportent de l'oxygène et servent de support aux bactéries aérobies. Ces bactéries, ainsi que la macrofaune du sol (lombrics), ont un rôle de dégradation et de minéralisation de la matière organique, qui devient dès lors assimilable par les plantes. Ainsi le système ne produit pas de boues, lesquelles sont compostées et forment un humus sur place [68].

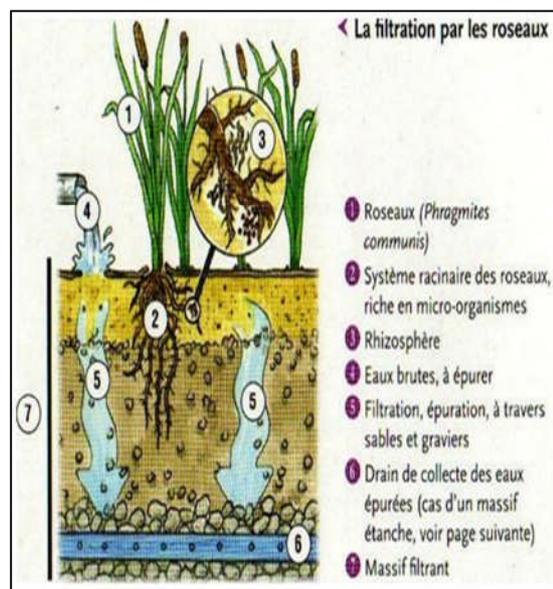


Figure II.1 : le principe de la phytoépuration

II.4 Domaine d'application

Les filtres plantés de macrophytes sont mis en œuvre dans une gamme de capacité optimum entre 200 Eq/hab et 1200 Eq/hab [63], cette gamme est modulable, peut aller de 50 eq/hab jusqu'à 2000 Eq/hab [68].

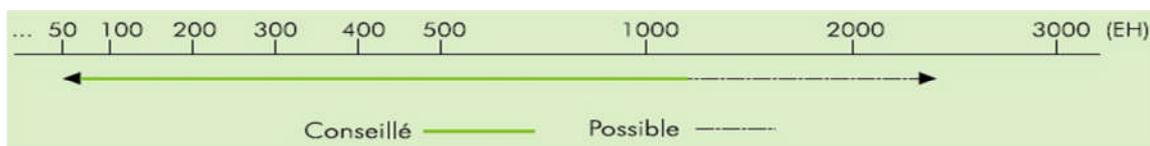


Figure II.2: Les domaines d'application des procédés d'épuration

(Olivier Alexandre et al., 1997).

Tableau II.3: Condition d'adaptation du procédé (AERM, 2007).

Caractéristiques du réseau d'assainissement		
Type de réseau	séparatif	Oui
	unitaire	Oui avec limitation du débit
Caractéristiques qualitatives et quantitatives de l'influent		
Nature	domestique	Oui
	non domestique	Non
Variation de débit supérieure à 300 % du débit moyen de temps sec		Non
Variation de charge organique supérieure à 50 % de la charge organique nominale		Non
Concentrations limites (mg/l)		Minimum Maximum
	DBO ₅	60 700
	DCO	150 1500
	MES	60 700
	NK	15 150
	PT	2,5 20
Taux de dilution admissible permanent (%)	minimal	0 %
	maximal	300 % (sous réserve de capacité hydraulique suffisante)
Caractéristiques du site d'implantation		
Contrainte d'emprise foncière		5 à 10 m ² /EH
Procédé adapté à un site sensible aux nuisances olfactives		Oui
Procédé adapté à un site sensible aux nuisances sonores		Oui
Procédé adapté à un site ayant une contrainte paysagère		Oui
Portance du sol nécessaire		Moyenne
Caractéristiques qualitatives de l'eau traitée		
Efficacité de l'élimination de la pollution carbonée		Bonne DBO ₅ : 90 % - 10 mg/l DCO : 85 % - 40 mg/l
Efficacité de l'élimination de la pollution en matières en suspension		Très bonne 90 % - 10 mg/l
Efficacité de l'élimination de la pollution azotée en NK		Bonne 85 % - 5 mg/l
Efficacité de l'élimination de la pollution azotée en NGL		Médiocre 45 % - 30 mg/l
Efficacité de l'élimination de la pollution phosphorée		Acceptable 40 % - 4 mg/l
Efficacité de l'élimination bactériologique (E. Coli)		Correcte 1 à 3 unités log

II.5. Généralités sur les macrophytes

II.5.1 Définition

Le terme macrophytes désigne l'ensemble des plantes aquatiques visibles à l'œil nu, telles que les roseaux. De tels végétaux permettent la dégradation des composés polluants présents dans leur milieu, caractéristique utilisée depuis les années 80 dans des stations d'épuration particulières, dites à macrophytes ou à filtres plantés de roseaux

Les filtres plantés interviennent dans plusieurs dispositifs de traitement des effluents. Ils contribuent à éliminer les matières organiques et impuretés présentes dans les eaux usées. Ils sont parfois appelés « lits de séchage plantés » [69].

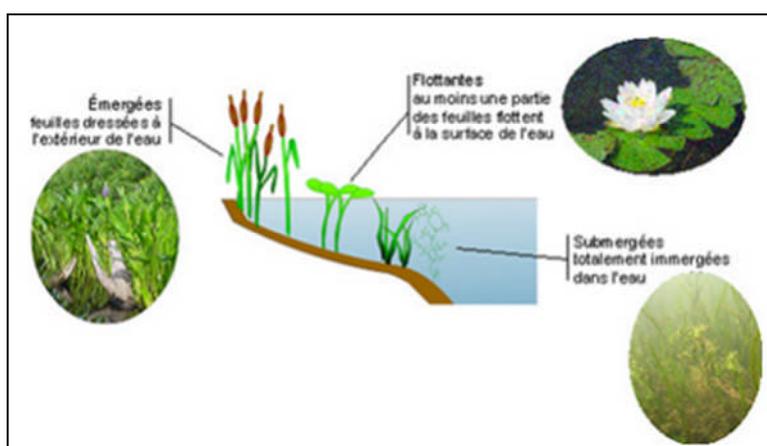


Figure II.3: les plantes selon le procédé épuratoire utilisé (flottante, submergées ou émergées) [62]

II.5.2 Les macrophytes utilisées en Phytoépuration

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 sèche), leur capacité d'assimiler la matière organique et leur rapidité de croissance.

Aux États-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 (Rapport, 2008). 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. II.3) 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 (J.B. Poulet, et al., 2004).



Figure II.4: Différentes plantes aquatiques épuratrices utilisées dans les systèmes d'assainissement par bassins filtres plantés (Hamza Chérif C, 2010).

II.5.3 Les Roseaux (Phragmites Communs Plebiscites)

II.5.3.1 Caractéristiques générales

Les phragmites communs sont les végétaux les plus fréquemment utilisés en épuration. Leur croissance rapide et leur aptitude à développer un système racinaire dense, facteur de démultiplication végétale, ne sont pas étrangères à cette préférence. Néanmoins, ils ne sont pas les seuls à pouvoir être utilisés dans le cadre d'une filtration à partir de végétaux. D'autres plantes de zone humide (divers roseaux, iris, scirpe...) sont également utilisées pour la phytoépuration de l'eau. De même on trouve aussi des espèces ligneuses comme les saules et les aulnes qui, de par leur constitution et leur développement, assurent une meilleure épuration de l'eau traitée, ménageant encore un peu plus les milieux récepteurs sensibles [62].

II.5.3.2 Le rôle des roseaux dans le processus épuratoire des eaux

Les roseaux ont un système racinaire très développé. Ces racines, spécialisées dans l'absorption de l'eau et des sels minéraux contenus dans le sol, accumulent des réserves et permettent à la plante de se fixer au substrat.

Au cours des processus d'absorption, les racines libèrent des glucides, des enzymes et d'autres nutriments, utilisables par les micro-organismes. L'intense réseau racinaire favorise donc la fixation des bactéries épuratrices sur les rhizomes. Elles abritent donc une flore bactérienne importante, qui se nourrit des effluents et dégrade la matière organique.

- Toute une population de bactéries, champignons et autres micro-organismes se concentre ainsi autour de la racine : on estime que les bactéries, dans cette zone privilégiée, sont 20 à 10000 fois plus nombreuses que dans un sol nu. Ces micro-organismes vont favoriser la minéralisation de l'azote et du phosphore, qui seront alors disponibles pour la plante. Ainsi se crée une étroite coopération entre plantes et micro-organismes (Daloz A, 2007).

Cette partie du sol où des organismes vivants sont associés est appelée la rhizosphère. L'activité microbienne au niveau de cette rhizosphère dépend de différents facteurs, comme la teneur en eau et en oxygène. Les bactéries fixées au niveau de cette rhizosphère sont aérobies elles ont besoin d'oxygène pour dégrader la matière organique. (figure II.4).

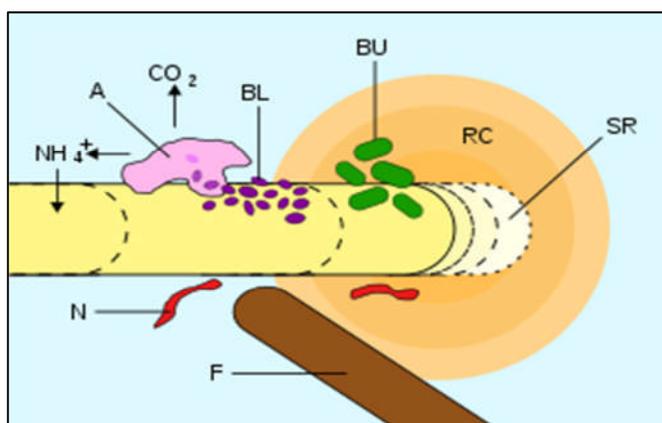


Figure II.5: Le principe d'assimilation des nutriments au niveau de la rhizosphère.

Outre leur implication, via leur système racinaire, dans la dégradation de la matière organique, les roseaux ont une action mécanique : avec le vent, ils cassent la croûte qui se forme à leurs pieds (dans le cas d'un filtre vertical seulement), ce qui permet de limiter les phénomènes de colmatage et de garantir la perméabilité du filtre en surface. Cette protection est possible grâce au mode de croissance très rapide des racines. La rhizosphère génère un système décolmatant grâce aux racines tubulaires (rhizomes traçants) et aux nouvelles tiges qui poussent à travers le massif filtrant et les boues accumulées. Les roseaux colonisent la totalité des casiers dès la deuxième année de fonctionnement (Hans Brix, 1987)

- L'intense réseau racinaire favorise la fixation des bactéries épuratrices sur les rhizomes. Enfin, les roseaux offrent également une protection contre les faibles températures et protègent les bactéries contre l'action des rayons ultraviolets du soleil, qui sinon les tueraient.(Daloz A, 2007).

II.6 Le rôle des 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) (Charte de l'environnement; 2010).

II.7 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(Branchu Ph, et all, 2007).

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 (Van Cuyk S et all, 2004).

La capacité du matériau à adsorber le phosphore ou encore les métaux lourds dépendent essentiellement de la porosité, la teneur en fer, en aluminium, en calcium et du temps de séjour des eaux dans le massif (Grison, 1999).

Tableau II.4: Rôle des matériaux de remplissage(Office International de l'Eau CNIDE , CNFME LIMOGES ,OIEAU, 2008)

MATERIAU DE REMPLISSAGE	ROLE
Graviers	Rétention des MES les plus volumineuses
Sable	filtration plus fine des eaux du 1er étage
	support à la vie épuratoire (aération du substrat)
	adsorption de certains micropolluants comme les métaux ou le phosphore

II.8 Les types de filtres plantés

Il existe deux types de filtres : les horizontaux et les verticaux. Ils diffèrent par leur mode d'alimentation, par le sens de l'écoulement de l'eau et par les conditions aérobies de traitement

Les stations de filtres plantés sont souvent des combinaisons de lits à écoulement vertical et/ou horizontal, en parallèle et/ou en série qui permettent d'assurer le prétraitement et le traitement des eaux usées.

II.8.1 Filtres à écoulement horizontal

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*" (SQAE, 1993). Il est aussi connu sous le vocable "*Root Zone Method*" (Hans Brix, 1987). 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(SQAE, 1993).

II.8.1.1 Principe de fonctionnement

Les filtres horizontaux nécessitent un prétraitement des eaux, par exemple par un filtre vertical, des fosses septiques ou un petit bassin de lagunage pour ne pas risquer de se colmater. Ils conviennent davantage pour les eaux usées assez eu chargées. Ces filtres sont généralement intégrés dans un ensemble de dispositifs d'épuration pouvant être utilisés pour

l'épuration des eaux domestiques à l'échelle d'une famille ou d'une communauté et pouvant remplacer les puisards ou les fosses septiques (L'OMS,1989) . Dans les filtres à écoulement horizontal (figure II.5), le massif filtrant est quasi-totalement saturé en eau.

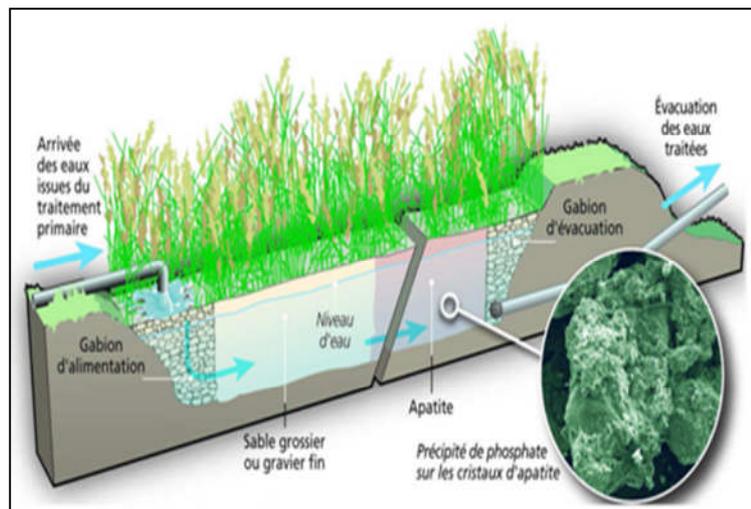


Figure II.6: Détail du massif filtrant (UR Maly,P Molle, 2012).

L'effluent est réparti sur toute la largeur et la hauteur du lit par un système répartiteur situé à une extrémité du bassin; il s'écoule ensuite dans un sens principalement horizontal au travers du substrat. La plupart du temps, l'alimentation s'effectue en continu car la charge organique apportée est faible.

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 surverse, et donc celle 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 pour ne pas court-circuiter la chaîne de traitement ; il n'y a donc pas d'eau libre et pas de risque de prolifération d'insectes (Saggai M, 2004).

II.8.1.2 Caractéristiques techniques (IEW, 2007).

- 5 m²/EH
- Un seul massif uniforme : 60 cm d'épaisseur, gravier de calibre 2-8 mm
- Zones d'entrée et de sortie : gabions (galets et graviers > 10 mm)
- Alimentation en continu : l'ensemble du massif est sous eau
- Niveau d'eau maintenu à 5 cm sous la surface
- 4 plants de roseau (*Phragmites Australis*) par m²

II.8.1.3 Performances (IEW, 2007).

- Bons rendements épuratoires sur la DBO5 et les MES (70 à 90 %)
- Faiblesse des abattements en azote et en phosphore (autour de 30 %)
- Bons abattements en germes pathogènes

II.8.1.4 Avantages et inconvénients [64] et (Hassam S, 2009)

a. Avantages

- Faible consommation énergétique ;
- Pas de nuisance sonore et bonne intégration paysagère ;
- Aucune nécessité d'une qualification poussée pour l'entretien ;
- Bonne réaction aux variations de charge.

b. Inconvénients

- Forte emprise au sol, abords compris.

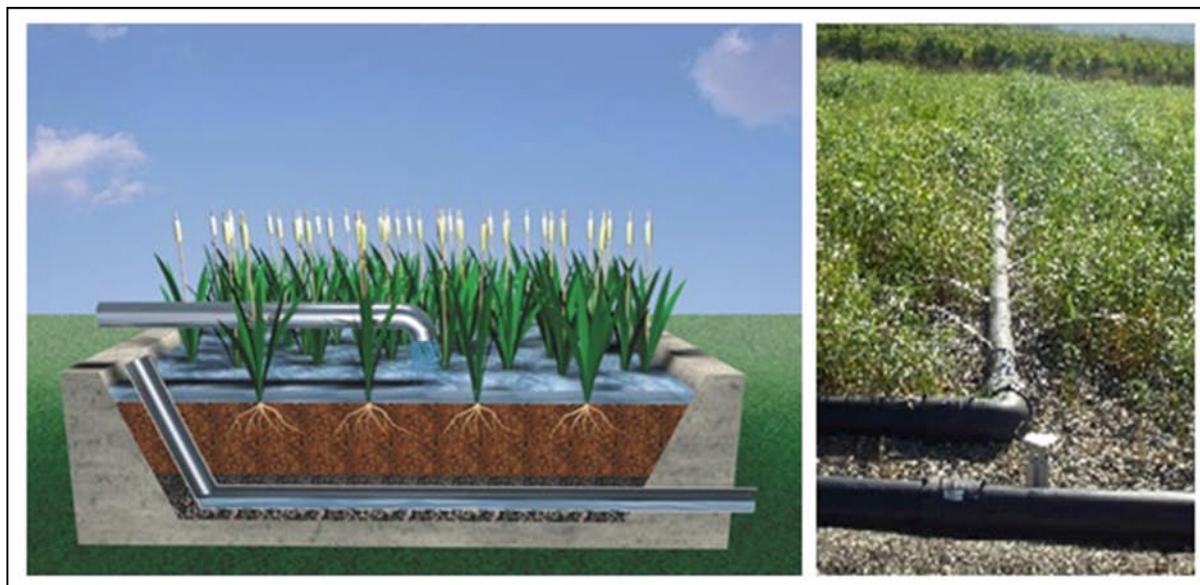
II.8.2 Filtres à écoulement vertical

- Ce procédé a notamment été mis au point en France par le CEMAGREF à partir d'un modèle d'origine allemande conçu par le Dr SEIDEL dont quelques unités ont été implantées en France au cours des années 70-80. Diverses améliorations visant à simplifier la filière et fiabiliser son fonctionnement ont été apportées dans le but de procéder à son développement (Daloz A, 2007).

II.8.2.1 Principe de fonctionnement

Les filtres sont des excavations, étanchées du sol, remplies de couches successives de gravier ou de sable de granulométrie variable selon la qualité des eaux usées à traiter. Contrairement à l'infiltration-percolation précédemment évoquée, l'influent brut est réparti directement, sans décantation préalable, à la surface du filtre. Il s'écoule en son sein en subissant un traitement physique (filtration), chimique (adsorption, complexation...) et biologique (biomasse fixée sur support fin). Les eaux épurées sont drainées. 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 (Michel A. Morel, 1995).

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 racinelles des plantes est, ici, négligeable par rapport aux besoins (figure II.6) (Derkaoui Houari, 2011).



- **Figure II.7:** Photos représentatif du système à écoulement verticale (V.Leroy, J-B., 1994) et (Daloz A, 2007).

Les stations d'épuration à filtres plantés de roseaux à flux vertical sont généralement constituées au minimum de deux étages en série eux-mêmes constitués de plusieurs filtres en parallèle fonctionnant en alternance. L'objectif de cette alternance est de minimiser le colmatage du filtre grâce à la minéralisation, pendant les phases de repos, de la matière organique accumulée. Le temps de repos nécessaire sur le premier étage est environ deux fois le temps de fonctionnement ; ce qui conduit à 3 lits en parallèle.

Pour le deuxième étage les temps de repos et de fonctionnement sont équivalents : 2 lits suffisent donc. La rotation s'effectue le plus souvent tous les 3-4 jours. Les filtres du premier étage sont exclusivement constitués de différents types de graviers dans les quels les phénomènes d'aération par diffusion sont sensiblement plus élevés que dans du sable. Les principaux mécanismes d'épuration s'appuient sur la combinaison de plusieurs processus en condition aérobie, qui se déroulent successivement sur les deux étages de traitement en série.

Les filtres à écoulement vertical sont alimentés en surface et l'effluent percole verticalement à travers le substrat. L'effluent subit alors une première étape de filtration permettant une

Rétention physique des matières en suspension à la surface des filtres du premier étage. On observe ainsi une accumulation de boues en surface.

La dégradation biologique des matières dissoutes est réalisée par la biomasse bactérienne aérobie fixée sur le support non-saturé ainsi que sur la couche de dépôt accumulée en surface.

II.8.2.2 Caractéristiques techniques (IEW, 2007).

- 2 à 3 m²/EH en deux étages (en série) : 1,5 m²/EH suivi de 0,8 m²/EH
- 3 compartiments dans le premier étage (phases de repos 2/3 du temps)
- 2 compartiments dans le second étage (phases de repos 1/2 du temps)
- 80 cm d'épaisseur totale pour le premier étage
- 40 cm de gravier de calibre 2-8 mm
- Couches inférieures drainantes (granulométrie 10-20 et 20-40 mm) recueillant l'effluent dans des drains rigides
- Alimentation par bâchées, en alternance sur les différents compartiments
- Effluent brut avec alimentation aérienne pour éviter le colmatage aux points d'entrée
- Répartition de l'effluent via plusieurs points d'alimentation et une vitesse d'alimentation supérieure à la vitesse d'infiltration
- 4 plants de roseau (*Phragmites Australis*) par m² (ou *Typha* sp. ou *Scirpus* sp.) .

II.8.2.3 Performances (IEW, 2007).

- Bons résultats : DBO₅ ≤ 25 mg O₂/l, DCO ≤ 90 mg O₂/l et MES ≤ 30 mg/l
- N organique et NH₄⁺ ≤ 20 mg/l
- faible abattement en phosphore
- Abattement d'un facteur 10 à 100 des germes pathogènes

Tableau II.5: Performance épuratoires des filtres plantés à écoulement vertical
(AERM, 2007)

Paramètre	Performance	
	Source : guide sur les procédés extensifs d'épuration des eaux usées adaptés aux petites et moyennes collectivités - 2001	Source : CEMAGREF 2007 « CCTP filtres Plantés de roseaux »
DBO ₅	≤ 25 mg O ₂ /l / rendement > 98 %	
DCO	≤ 90 mg O ₂ /l / rendement de 95 %	< 80 mg O ₂ /l / rendement de 88 %
MES	≤ 30 mg/l / rendement > 98 %	< 20 mg O ₂ /l / rendement de 93 %
NTK	≤ 10 mg/l en général avec des pointes ne dépassant pas 20 mg/l	< 18 mg/l / rendement de 80 %
Phosphore	Abattement normalement faible (dépend de la capacité d'adsorption du substrat et de l'âge de l'installation)	/
Germes pathogènes	Elimination limitée : abattement de 1 à 2 log	/

II.8.2.4 Avantages et inconvénients (Hassam S, 2009)

a. Avantages

- Facilité et faible coût d'exploitation ;
- Traitement des eaux usées domestiques brutes ;
- Gestion réduite au minimum des dépôts organiques retenus sur les filtres du 1^{er} étage ;
- Bonne adaptation aux variations saisonnières de population.

b. Inconvénients

- Exploitation régulière, faucardage annuel de la partie aérienne des roseaux, désherbage manuel avant la prédominance des roseaux ;
- Utiliser cette filière pour des capacités supérieures à 2 000 EH reste très délicat pour des questions de maîtrise de l'hydraulique et de coût par rapport aux filières classiques ;
- Risque de présence d'insectes ou de rongeurs.

- Comparaison**Tableau II.6:** Comparaison des filtres plantés de roseau à écoulement vertical et à écoulement horizontal (Chakroune A, 2013)

	FPRV	FPRH
Eau usées	brutes	Issues d'un FPRV
Condition	Aérobie	Anoxique
Dégradation	Carbone+ nitrification complète	Carbone+nitrification partielle dénitrification complète
alternance	indispensable	Non
Alimentation	bâchées	En continue
Dimensionnement	2-2.5 m ² /hab	(1 ^{ère} étage FPRV) + 2 m ² /hab de FPRH
Hauteur	60 cm	

II.8.3 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. 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 (Grison, 1999).

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. Cependant 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 (Vymazal j, Nichola, et all, 2005).

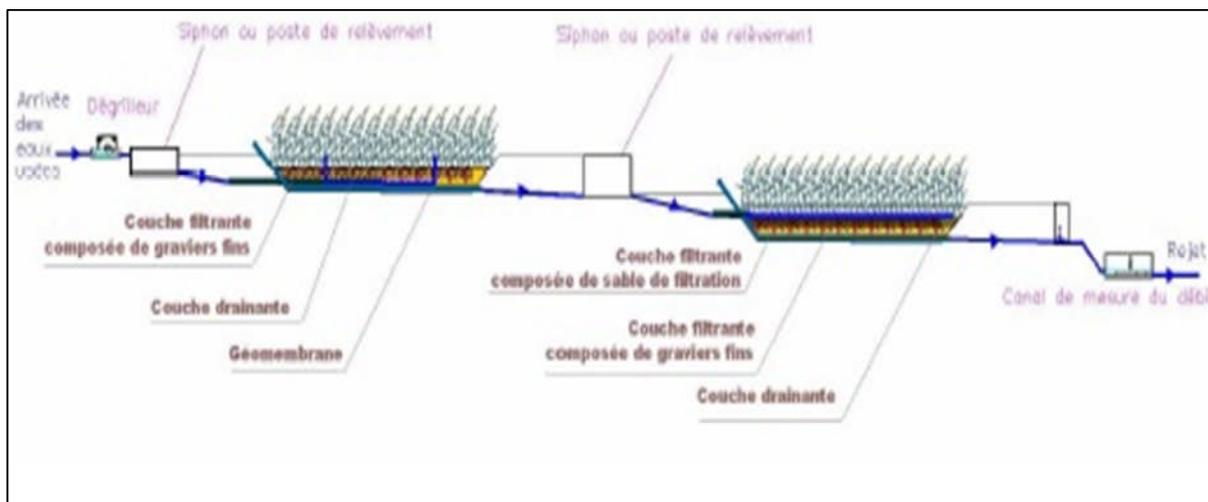


Figure II.8: Schéma du principe du système mixte (Daloz Alexandre, 2007)



Figure II.9: Système d'épuration mixte avec trois bassins à écoulement vertical en 1er étage et deux bassins à écoulement horizontal en 2ème étage (J.B. Poulet, A.Terfous, et all, 2004).

II.8.3.1 Principe de fonctionnement

L'épuration est réalisée selon le principe de l'épuration biologique principalement aérobie dans des milieux granulaires des différentes dimensions. On ne procède pas à l'enouvellement régulier du massif filtrant ou à son lavage pour l'évacuation des boues produites au sein des filtres. En revanche, les boues produites en amont des filtres (sur les filtres ou dans un dispositif de décantation doivent être évacuées (Bechac J.P, et all, 1984).

Le traitement physique d'eaux usées s'effectue dès le premier étage des filtres plantés de roseaux (phragmites). 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.

Au deuxième étage, le traitement de la matière organique dissoute se poursuit et les composés azotés réduits (toxiques pour les poissons) sont oxydés. Un troisième étage et/ou une recirculation des eaux permettent d'effectuer un traitement tertiaire de finition, afin d'obtenir un taux d'épuration supérieur aux normes requises habituellement.

Il existe deux types de filtres mise en œuvre : à écoulement vertical et horizontal. Ces deux filtres se complètent assez bien et sont généralement mis en série, constituant un système plus efficace.

Tableau II.7: Technique d'épuration extensive (Guide, Commission Européenne, 2001)

Filière Classique	Traitement primaire	Traitement secondaire	Traitement tertiaire
Infiltration - percolation	Décanteur digesteur	Infiltration - percolation	
Filtres plantés à écoulement vertical	Nécessaire (des filtres plantés à écoulement vertical peuvent être utilisés pour assurer ce traitement primaire)	Filtres plantés à écoulement vertical (1 ^{er} étage)	Filtres plantés à écoulement vertical (2 ^{ème} étage)
Filtres plantés à écoulement horizontal	Décanteur digesteur	Filtres plantés à écoulement horizontal	
Lagunage naturel	1 ^{er} bassin de lagunage	2 ^{ème} bassin de lagunage	3 ^{ème} bassin de lagunage
Lagunage à macrophytes	Déconseillé	Déconseillé	Un ou plusieurs bassins
Lagunage aéré	Lagune aérée + lagune de décantation		Lagune de finition
Systèmes mixtes, par exemple ...	1 ^{er} bassin de lagunage, 2 ^{ème} bassin de lagunage		Infiltration - percolation
	Lagune aérée + lagune de décantation		Infiltration - percolation
	Filtres plantés à écoulement vertical + Filtres plantés à écoulement horizontal		

II.9 Influence du Climat sur le système de filtres

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 microphytes utilisées dans les lagunes (Moreno Graus, et al, 1996).

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 (Hiroomi I et al, 2006). 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 (Takashi A, et al, 2007). Les filtres 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 (-15°C). Pour cette même température, le deuxième étage prend en glace et une évacuation des eaux sortant du 1^{er} étage doit être prévue (Hamza Chérif C, 2010). Pour éviter la prise en glace (fig. 1.8), le filtre doit être recouvert d'une couverture isolante faite du chaume des phragmites faucardés (Chaib J et al, 2002). Par contre il n'y a aucune contrainte spécifique imposée par le climat dans les pays chauds.



Figure II.10: Les filtres verticaux de QUEIGE en conditions hivernale et estivale
(Grison, 1999).

II.10 Indications techniques

II.10.1 Contrainte géotechnique

Les données géotechniques conditionnent les caractéristiques des 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...

II. 10.2 Topographie et la surface disponible

La topographie conditionne Pour la surface nécessaire à l'installation, il faut distinguer la surface utile de traitement qui est la surface plantée, de l'emprise foncière totale de l'équipement qui comprend en plus, un relevé en limite de la surface utile et une zone nécessaire pour les canalisations, le fonctionnement et l'entretien.

On considère en général qu'une surface utile de 2 m²/EH convient et l'emprise au sol sera de L'ordre de 3 à 5 m²/EH.

- Le dimensionnement de l'installation dépend essentiellement du débit réel des flux hydrauliques. Ainsi, il est nécessaire de connaître le nombre d'usagers auquel on applique un coefficient qui donnera l'Equivalent Habitant en fonction du type

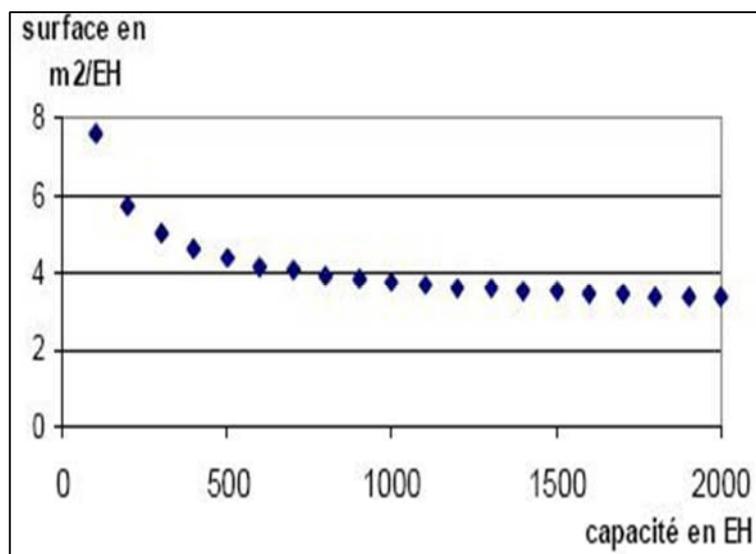


Figure II.11: Surface brute nécessaire en fonction de la capacité de la station en habitant (Grison, 1999)
 de l'installation (logement, hôtel, école, camping...) (Daloz A, 2007).

On adopte en général :

- 4 à 8m² 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 9m² par habitant (avec une surface utile de filtre d'environ 5m² sont nécessaires en trainement complet par lits horizontaux (précédés par une décantation primaire)(Hamza Chérif C, 2010).

II.11 Les mécanismes et performances épuratoires

II.11.1 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 II.8 : Principaux mécanismes d'élimination des différents types de polluants (Grison,1999).

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

II.11.1.1 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 Polluants 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 (Saggai M, 2004).

II.11.1.2 La Demande Biochimique en Oxygène

La Demande Biochimique en Oxygène DBO_5 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 (Benslimane Med, 2008).

II.11.1.3 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 (Shuh-Ren Jing et al, 2002).

Pour ce type de système planté la rétention moyenne de la DCO totale varie de 63% à 84% (Tigyene S et all , 2005).

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). Cela confirme que les deux types de filtre sont complémentaires ainsi que leurs efficacités.

II.11.1.4 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 (Arlon, Kone D, 2002). Abattement total de l'azote est 66% sur un système hybride (Dos Santos S; Aube T, 2008) :

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 (Mara D, Duncan D, 2004).

II.11.1.5 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 (Durrant A E et all, 1999).

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 (Cabanès F, 2006).

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 (Grison, 1999).

II.11.1.6 Les métaux

Dans les eaux usées, on trouve les métaux sous forme soluble ou particulaire (Grison, 1999).

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 redox 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 (Tigyene S et all, 2005).

II.11.1.7 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 (Hamza Chérif C, 2010).

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 (Satin M. & Selmi B, 1999).

II.12 La facilité d'entretien et les coûts d'exploitation

Les bons résultats des systèmes extensifs individuels sont en partie à relier à une différence majeure entre les systèmes intensifs et extensifs : la facilité d'entretien. En effet, le bon fonctionnement des systèmes extensifs ne requiert aucune opération complexe d'entretien. Aucune main d'œuvre spécialisée n'est nécessaire, ce qui induit des coûts inférieurs aux coûts de gestion des filières intensives. Dans le cas des techniques intensives, l'entretien du matériel électromécanique et la vidange des boues sont contraignants et doivent être effectués par du personnel qualifié. Pour des petites collectivités (400 EH), ces différences se chiffrent à des coûts d'exploitation 2 fois plus élevés pour les stations à boues activées par rapports aux filières extensives. Ces dernières ont un coût estimé à 9 € par habitant et par an. La prise en charge individuelle d'un système extensif est aisée et responsabilise le propriétaire, tant par les aspects visuels de contrôle, que par la proximité. La plupart des usagers dont les eaux usées disparaissent dès l'instant où elles sont passées au delà du « trou » de l'évier, ignorent quel est leur trajet, et si elles rejoignent une station d'épuration, ou la rivière... Le geste est : se débarrasser d'un produit en le versant dans le « néant ». Toxique ou pas, l'impact du produit n'est pas perceptible. Dans le cas d'une gestion, soit autonome, soit en petite collectivité, dans des filtres plantés ou des lagunes, chacun identifie plus clairement le lien entre le geste posé à la maison et la conséquence potentielle sur le fonctionnement de l'écosystème artificiel, avant d'atteindre le milieu naturel. A la différence des stations intensives classiques, l'extensif offre une possibilité de contrôle visuel (Chakroune A, 2013) .

Conclusion

Cette étude bibliographique révèle la simplicité et l'efficacité des procédés naturels par filtres plantés par rapport à la complexité d'une station d'épuration classique qui fractionne les opérations de traitement de l'eau et coûte très cher.

Le concept de filtres plantés de macrophytes possède réellement de nombreux avantages. C'est une technique simple, économique, efficace et fiable.

Chapitre III

Etude du site et proposition de la solution d'épuration

Introduction

Le présent chapitre est relatif à la présentation générale de la zone d'étude qui est l'agglomération secondaire de SEHB et OULED BOUNOIR de la commune de Terny Béni Hediél (Wilaya de Tlemcen).

Nous nous sommes basé dans cette étude sur les paramètres de base qui sont : La situation géographique, la géologie des sols, le climat, la pluviométrie, le vent et l'état des lieux de l'AEP et de l'assainissement de cette zone.

III.1 Aperçu historique de la commune de Terny et les Zones éparses de Terny (TAAMIR B, 2013)

Le petit centre colonial de Terny a été créé durant la période coloniale au niveau de l'intersection de la RN22/CW02, où se dressent encore quelques constructions portant les inscriptions de mairie, école, etc. Les édifices d'une caserne, située à l'entrée du village permettait le contrôle du centre de recasement, sont matérialisés par l'implantation des guérites. Toutefois, l'absence d'édifice religieux (église) et de placette publique montre le peu d'intérêt accordé à l'urbanisation du site par la colonisation, si ce n'est la fonction militaire qui primait pour le contrôle ce territoire montagneux.

III.2 Le contexte physique de la commune

III.2.1 Situation géographique

S'étendant sur une superficie de **113 131 Ha**, soit environ 1,45 % du territoire de la wilaya, la commune de Terny Béni Hediél occupe l'espace périphérique Sud de la ville de Tlemcen (8Km), d'une forme allongée Nord-Sud. Elle est limitée successivement par les communes d'Oued Chouly et Ain Fezza à l'Est ; les communes d'Ain Ghoraba et Béni Mester à l'Ouest, la commune de Sebdu au Sud et enfin les communes de Mansourah et Tlemcen au Nord.

Notons que l'espace communal fait partie intégrante du parc régional de Tlemcen abritant des curiosités géologiques et hydrogéologiques de renommé régionale, telle que Ghar Boumaaza (source de la Tafna), le foret de Zariffet, le centre cynégétique de la wilaya, le barrage de Meffrouch et ses différents ouvrages annexes (digue en voûte, cascades d'El Ourit, etc.).

La zone d'étude exacte qui s'appelle SEHB est une agglomération secondaire se trouvant au sud de la commune, elle s'étend sur une superficie de 30 ha. L'agglomération est scindée en

deux parties distinctes, séparées par la RN22, de forme allongée, épousant la pente du terrain. Le tissu aggloméré ne répondant à aucune norme d'urbanisme.

Ainsi, la demande globale en superficie d'extension urbaine des trois agglomérations secondaires de la commune de Terny Béni Hediél est évaluée à **62,2 Ha**, dont 50% pour l'ACL-Terny, 40% pour l'AS-Mefrouch/Ouled Youcef et 10% pour l'AS-Sehb (TAAMIR B, 2013).

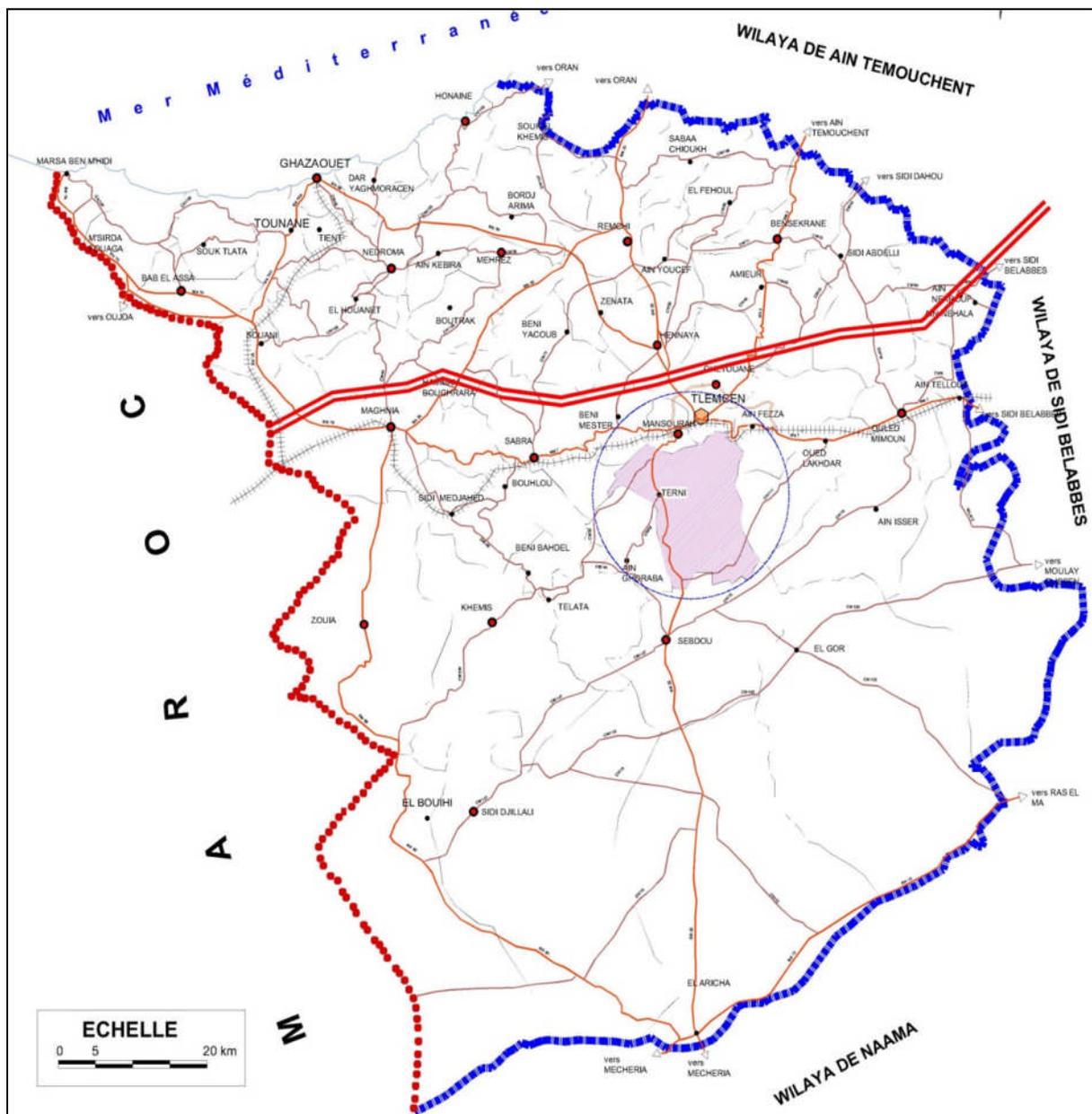


Figure III.1 : situation de la commune de TERNY BENI HEDIEL dans la wilaya de Tlemcen(sources ANAT Tlemcen)

III.2.2 Relief et topographie

Le territoire de la commune de Terny Béni Hediél a un caractère montagneux abrupt, à accès difficile, tel que le confirme le massif central de djebel Nador, culminant à 1579 m. A un degré moindre, on retrouve djebel Guerbouza (1272 m), djebel Moudjer (1204 m) occupant le flanc Sud/Ouest, djebel Hazam et djebel Touil (1372 m). De ce fait, l'espace communal est exposé à un enclavement prononcé et un hiver très rude (fréquence de neige). Par contre, les massifs montagneux se dressent comme une véritable barrière contre les vents secs (siroco) en provenance du Sud.

Cet ensemble de relief montagneux est intercalé par des dépressions alluviales sous forme de plateaux et/ou de vallées fortement encaissées. La plus importante d'entre-elle est le plateau de Terny, longeant Oued Nachef. C'est une vaste dépression d'altitude comprise entre 1175 à 1195 m, abritant la quasi-totalité des centres agglomérés et de l'activité agricole. Plus au Sud, on retrouve la dépression de Habalet (1181 m) qui se caractérise des jardins irrigués par la source d'Ain Tagga et Ghar Boumaaza.

III.2.3 Le contexte hydrologique

Sur le plan hydrographique, le territoire de la commune de Terny Béni Hediél est scindé en trois (3) sous bassins, à savoir :

- **Oued Nachef** : constitue le principal cours d'eau de la commune, traversant le plateau de Terny de direction SO-NE, pour se jeter dans le barrage Meffrouch. Il prend sa source au niveau des hauts versants d'Ain Ghoraba, avec les affluents : Oued Ghozrali et Oued Meleg El Ouidane. Il draine un bassin versant de 90 Km², d'altitude variant entre 1579 m (djebel Nador) et 1161 m (barrage) avec des écoulements intermittents, du fait de la nature géologique du sol (dolomies et calcaires fissurés). Au-delà de la digue du barrage, ce cours d'eau se poursuit vers les cascades d'El Ourit, et prend le nom de Saf Saf dans la commune de Chetouane.
- **Le bassin versant d'Oued Chouly** : il s'agit d'un chevelu hydrographique assez dense qui prend naissance dans les hauteurs de Tal Terny, drainant la totalité du bassin central de la commune en direction de l'Est.
- **Ghar Boumaâza (source de la Tafna)** : bien qu'il occupe une infime partie du territoire Sud de la commune, le sous bassin de Ghar Boumaaza constitue la source

principale de la Tafna avec un réseau souterrain de 17 km. A l'aval de cette grande grotte, la source d'Ain Tagga alimente les jardins de Habalet puis s'orientent vers l'Ouest pour former le cours d'eau de la Haute Tafna. Ce dernier d'importance régionale (B.V= 7 245 Km²) reçoit la quasi-totalité des affluents de la wilaya de Tlemcen avant de se jeter à Rachgoun (TAAMIR B, 2013).

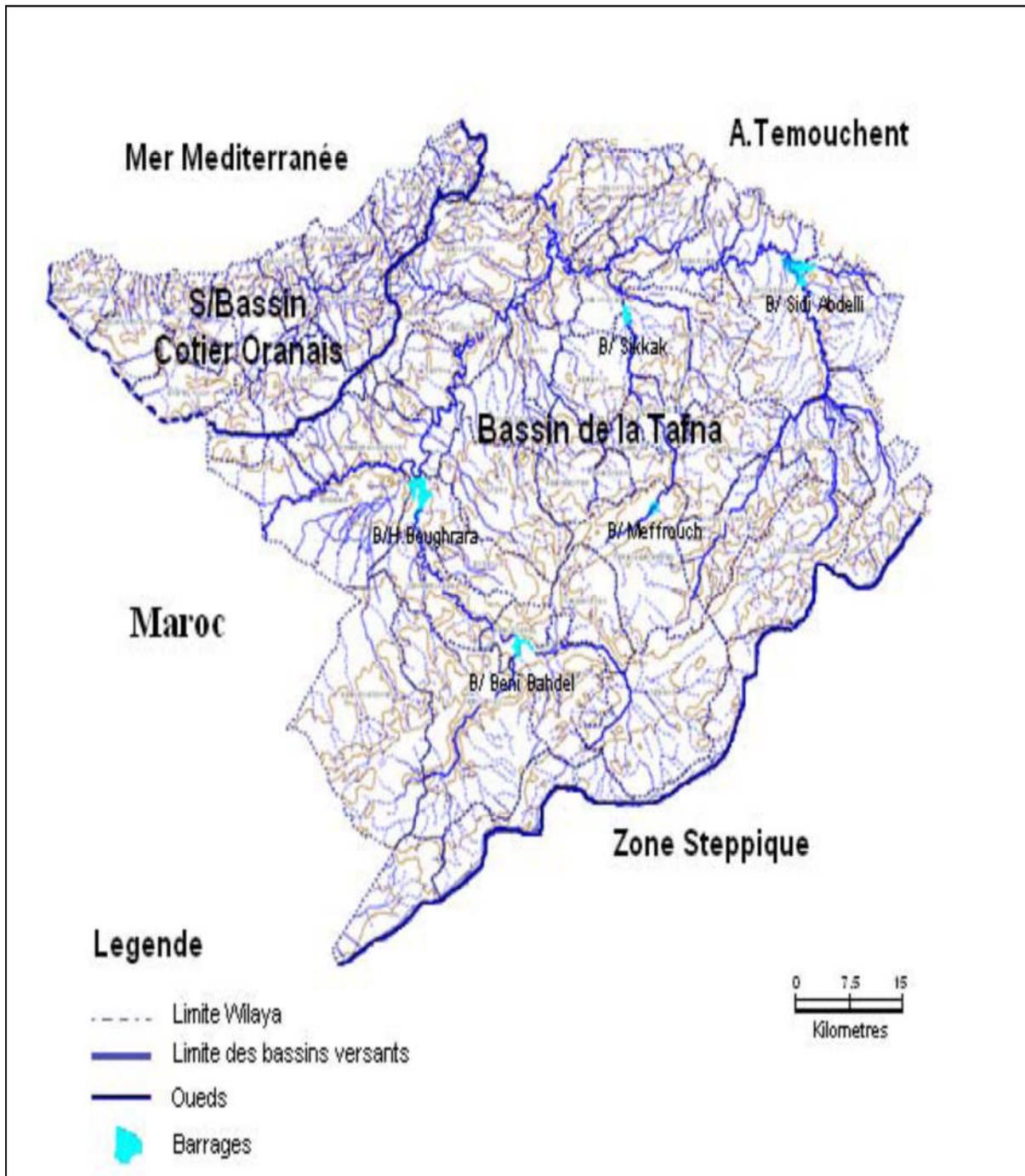


Figure III.2 : Bassins versants concernés par l'étude(source ANRH).

III.2.4 Géologie-Hydrogéologie

La commune de Terny appartient à la zone septentrionale de la plate-forme carbonatée du jurassique moyen et supérieur. De ce fait, elle renferme des substrats composés de roches dures et perméables (dolomies, grès, calcaires) en intercalation avec des couches imperméables (marnes et argiles). Du plus ancien vers le plus récent, on retrouve successivement :

- ❖ Le Primaire : il affleure au niveau des Monts de Ghar Roubane à l'Ouest, représenté par des schistes alternés avec des quartzites très compacts en bancs décimétriques.
- ❖ Le Secondaire : il forme l'essentiel des monts de Tlemcen, dont la série lithostratigraphique est représentée par :
 - Le Trias : Localisé essentiellement à Béni-Bahdel, il est constitué par des argiles plus ou moins dolomitiques et gypseuses et des marnes bariolées fortement teintées, souvent traversé par des pointements d'ophite d'âge plus récent (Jurassique ou Crétacé) s'accompagnant d'un léger métamorphisme.
 - Le Jurassique : Il s'agit d'un ensemble à dominance gréseuse, avec des passées argileuses masquées le plus souvent, par des éboulis ou la végétation. Ces grès à ciment calcaire, se présentent en bancs assez durs, dont les épaisseurs sont variables pouvant atteindre 500 m. Les grès de Boumediene sont particulièrement développés dans les forêts de Zariffet et de Hafir au SW de Terny et au niveau des cascades d'El Ourit.
- ❖ Le Tertiaire : il repose souvent en discordance sur le miocène inférieur, déformé et partiellement érodé. Il est constitué essentiellement par une épaisse série d'argiles marneuses grises ou bleutées, qui par altération deviennent ocre. La base est marquée par un niveau discontinu de poudingues relativement peu consolidés à ciment argilo-gréseux.
- ❖ Le Plio-Quaternaire : Représenté par des sédiments continentaux d'âges comparables, bien que de natures variables. Il s'agit d'une série complexe de dépôts discontinus formés d'éléments hétérométriques et hétérogènes. On y rencontre les faciès suivants :
 - Les travertins villafranchiens situés en bordure des monts de Tlemcen, qui sont représentés par des travertins fortement consolidés et des calcaires lacustres.

- Le complexe de sédiments de la bordure des massifs secondaires est soulignée par des éboulis de piémont plus ou moins encroûtés et remaniés, d'épaisseur très variable mais toujours assez faible.

Enfin, le secteur de Terny et, à l'instar de tous les monts de Tlemcen, constitue une zone très accidenté. La présence de nombreuses failles et chevauchements indique une tectonique toujours active. A cet effet, tout type de construction lourde devrait prendre en considération les recommandations de la classification sismique des wilayas d'Algérie établie par CGS.

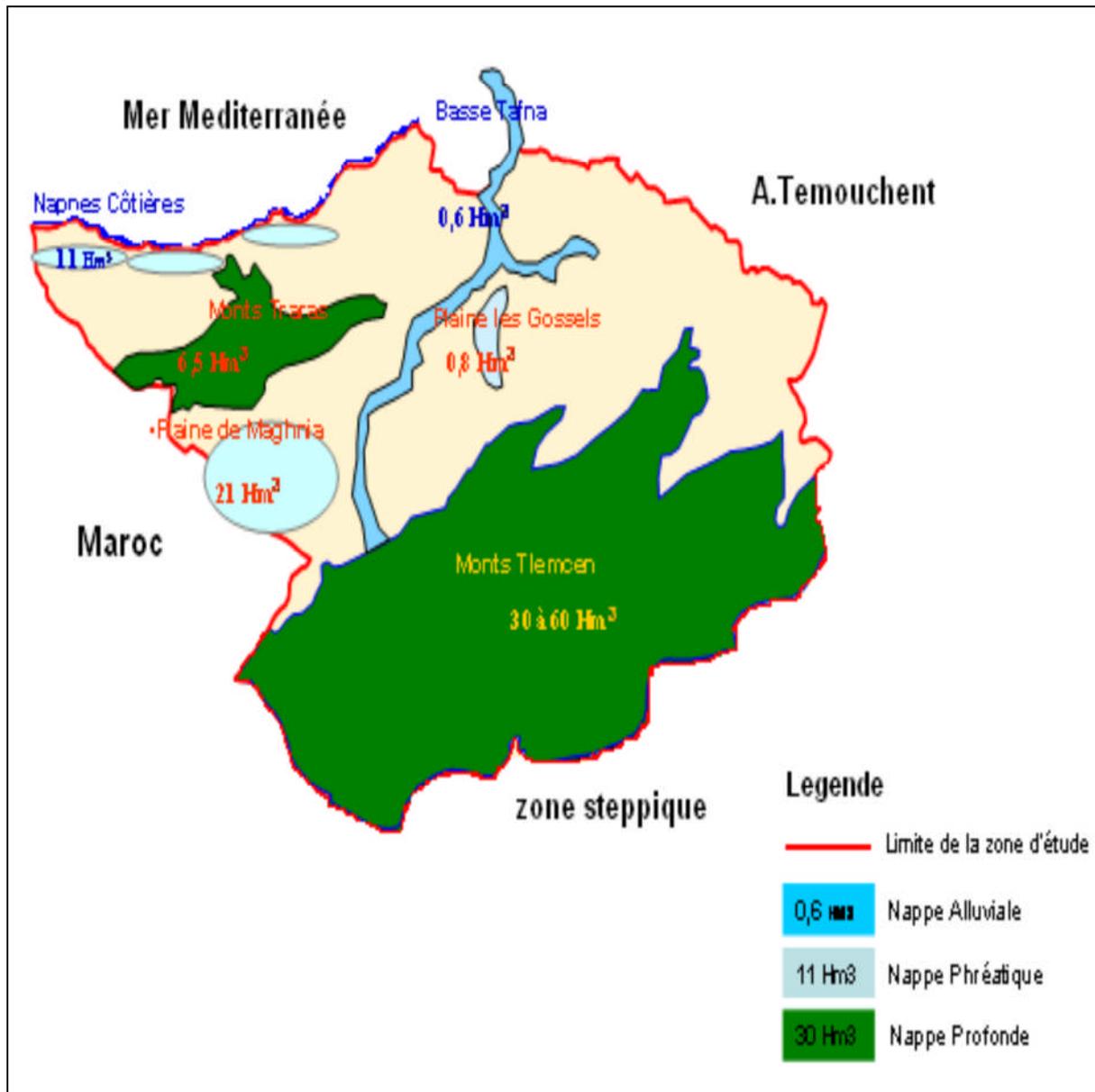


Figure III.3 : Carte hydrogéologique de la Wilaya de Tlemcen (source ANAT Tlemcen).

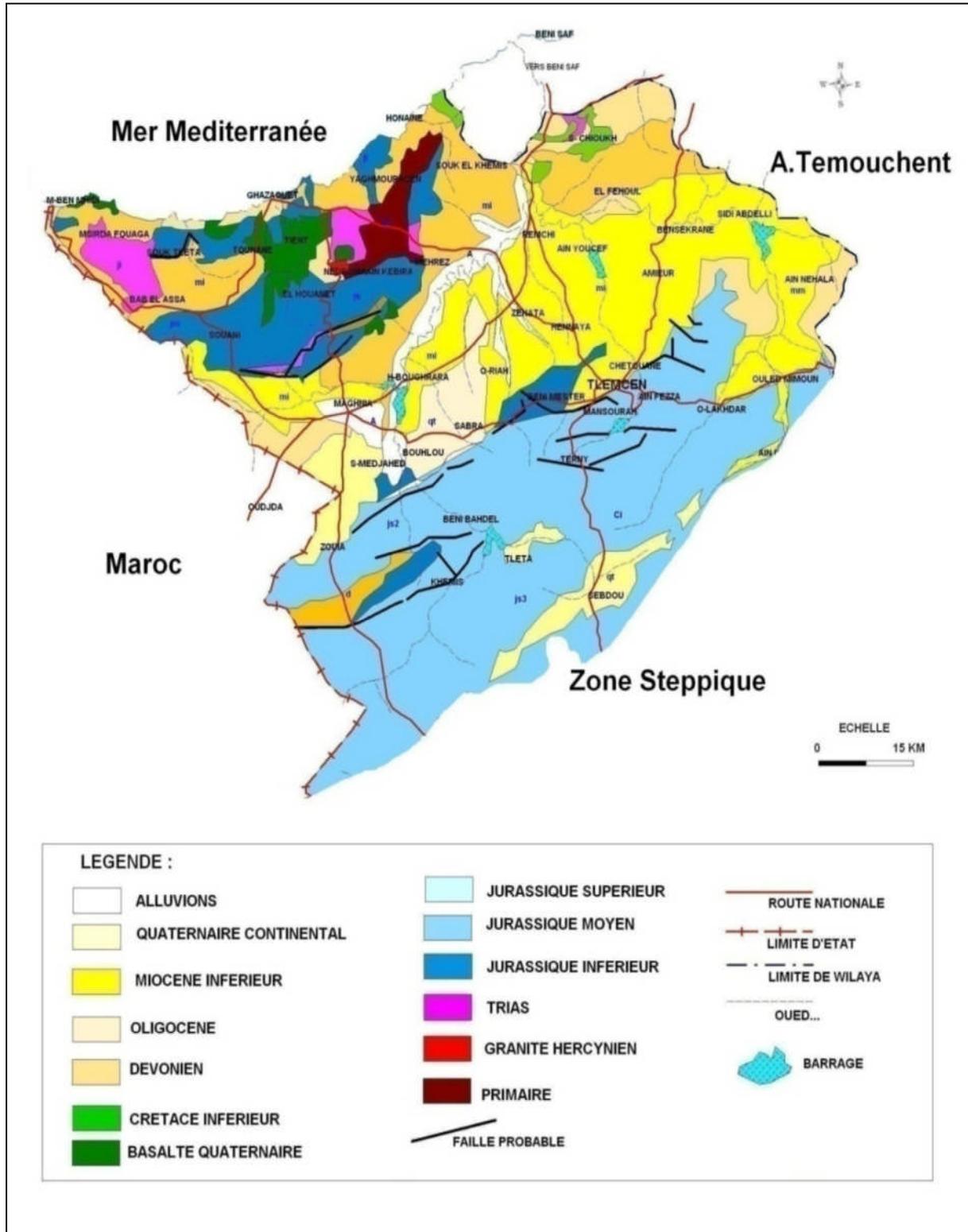


Figure III.4 : Carte géologique de la Wilaya de Tlemcen. (Hamza Chérif C, 2010).

III.2.5 Climat

L'espace communal de Terny jouit d'un climat méditerranéen semi-aride frais, nuancé par les influences continentales. Globalement, le climat est assez rude en hiver avec des périodes d'enneigement dépassant les 21 jours.

a. Les précipitations :

La répartition mensuelle de la pluviométrie montre que la moyenne des pluies enregistrée durant la dernière décennie est d'environ 400 mm/an, soit un déficit de 40% par rapport à la moyenne de Seltzer (1913/1938) qui est de 700mm/an. Le régime saisonnier est caractérisé par une abondance pluviale en hiver et au printemps, avec une sécheresse estivale remarquable.

D'après les travaux de CHEKROUN A., les précipitations les plus importantes se situent entre les mois de février et avril, tandis que les plus faibles c'est durant la période allant de juin à octobre.

Il y a lieu de noter que durant ces deux dernières décennies, nous avons assisté à une régression notable de cette pluviométrie avec une sécheresse prolongée qui a affecté le niveau de remplissage du barrage du Meffrouch.

b. Les températures :

Les températures les plus basses sont enregistrées au mois de janvier avec une moyenne de 6,5°C, alors que les températures les plus élevées, se situent au mois d'Août (32,4 °C). Ainsi, l'espace communal de Terny subit deux régimes : un semestre continental, très froid, s'étend de novembre à avril, et un semestre sec et chaud avec une température maximale.

c. Les vents :

La commune de Terny est le siège des vents de différentes directions, avec une fréquence de 17 % pour ceux du Nord et 13 % pour ceux de l'Ouest. La fréquence des vents, dits calmes, avoisine les 34 %. D'une manière générale, la vitesse moyenne, annuelle des vents, varie entre 2,4 et 3,5 m/s avec une moyenne de 2,95 m/s.

III.2.6. Population- démographie

Les perspectives sociodémographiques se présentent à priori selon la tendance d'évolution observée lors des trois derniers recensements (1987, 1998 et 2008) et sont déterminées comme suit :

a. Hypothèse d'évolution de la population

Suite aux concertations avec le comité de suivi, il a été opté la reconduction des taux d'accroissement observés durant la période 1987/2009, qui semble être la mieux représentative pour les perspectives démographiques des agglomérations principales.

Pour l'AS-Sehb, il est retenu également la reconduction du taux observé durant la même période, soit 2,01 %. Cela sous entendant un rythme d'évolution proche de la moyenne nationale (2,0%).

b. Les projections démographiques attendues

Le dernier recensement de 2008 a donné la répartition spatiale de la population de la zone d'étude comme suite (Tableau III.1) :

Tableau III.1 : Répartition spatiale de la population actuelle.

Dispersion	RGPH-2008	Taux Concentration (%)
ACL - Terny	1 935	33,8
AS-Meffrouch/Ouled Youcef	1 092	19,1
AS-Sehb	782	13,7
Zone Eparsé	1 907	33,4
Total Commune	5 716	100 %

L'AS Sehb passerait à une population de 1163 habitants à l'horizon 2028 (APC TERNY , 2013). Le taux de population agglomérée (ACL et AS) serait de 79 %, alors que celui de la population éparsé serait de 21 %, valeur proche de la moyenne nationale (20 %).

Les résultats de cette projection démographique, par échéance de planification et par dispersion sont résumés dans le tableau III.1 suivant :

Tableau III.2 : Perspectives de croissance de la population par dispersion et par échéance.
(APC TERNY , 2013)

Dispersion	RGPH 2008	T.A.M Retenu (%)	Projections		
			C.T-2013	M.T -2018	L.T-2028
ACL -Terny	1 935	4,45	2 406	2 992	4 625
AS-Meffrouch/O.Youcef	1 092	5,02	1 395	1 782	2 908
AS-Sehb	782	2,01	864	955	1 163
Zone Eparsé	1 907	1,0	2 004	2 106	2 326
Total Commune	5 716	/	6 669	7 835	11 022

Source : APC Terny

III.2.7 Les infrastructures hydrauliques d'assainissement existantes

III.2.7.1 Situation assainissement

a. Etat du réseau existant :

Initialement la localité de Sehb n'était pas dotée d'un réseau d'assainissement. Les eaux usées étaient rejetées de façon anarchique et les eaux vannes dans des fosses septiques non contrôlées.

Actuellement un réseau d'assainissement de type séparatif a été réalisé dans cette localité. Il est composé de conduites principales Ø400mm et Ø500mm en béton armé et des conduites secondaires Ø300mm et Ø400mm en béton comprimé.

Tableau III.3 : Etat des réseaux d'assainissement.

Localité	Raccordement au réseau	Observations
ACL-Terny	Assaini 100% rejet vers O. Nachef	Bassin de décantation (500 m ³)
AS-Meffrouch/Ouled Youcef	Assaini 100%, rejet vers El Ourit	Ancien bassin décantation, sous dimensionné
AS-Sehb	assaini	Reste les branchements individuels
Merchiche	Non assaini	Etude achevée, travaux en cours de lancement
Ouled Bounouar	Assaini avec rejet vers RN22	Prolongement de rejet en cours d'étude
Dar Maamar	Assaini	Rejet d'E.U à l'air libre

Source: APC Terny

b. Alimentation eau potable

Les localités de Sehb et Ouled Bounoire sont alimentés à partir d'un forages et une source a savoir :

Un forage alimentant sehb d'un débit de 08 l/s, une source non capté Ain Benknadil dont la population D'ouled Bounoire s'alimente quotidiennement

la localité de sehb dispose d'un réseau d'AEP par contre des borne fontaine disposé pour alimenté de Ouled Bounoire. La gestion de l'eau potable est confiée aux services de l'APC.

c. Débit des eaux usées actuel

Echéance actuel

- Population : 864 habitants ;
- Norme de dotation admise : 150 l/j/habitant;
- Consommation eau domestique : 130 m³/j ;
- Consommation des équipements : 52 m³/j ;
- Consommation moyenne journalière ($Q_{moy,j}$) : 182 m³/j ;
- Débit de pointe ($Q_{max,h}$): $Q_{max,h} = Q_{j,max} \cdot K_o$ (avec $K_o = 1,2$), d'où : $Q_{max,h} = 2,5$ l/s.

d. Le schéma d'assainissement projeté :

Compte tenu des contraintes physiques du site, il a été proposé par la DRE de collecter la partie Nord de Terny vers une future STEP classique à boue activée. Par contre, la partie Sud composée de petits hameaux éparses et pas très peuplés (Sehb, Merchiche, Ouled Bounoire et Dar Maamar) ne pourrait être raccordée qu'à la STEP de Sebdou. Cette solution est très couteuse.

Pour lever cette contrainte nous proposons une STEP à macrophytes en aval du bassin de décantation déjà existant (Figure III.5 et Figure III.6).



Figure III.5: Bassin décantation de Terny sud.

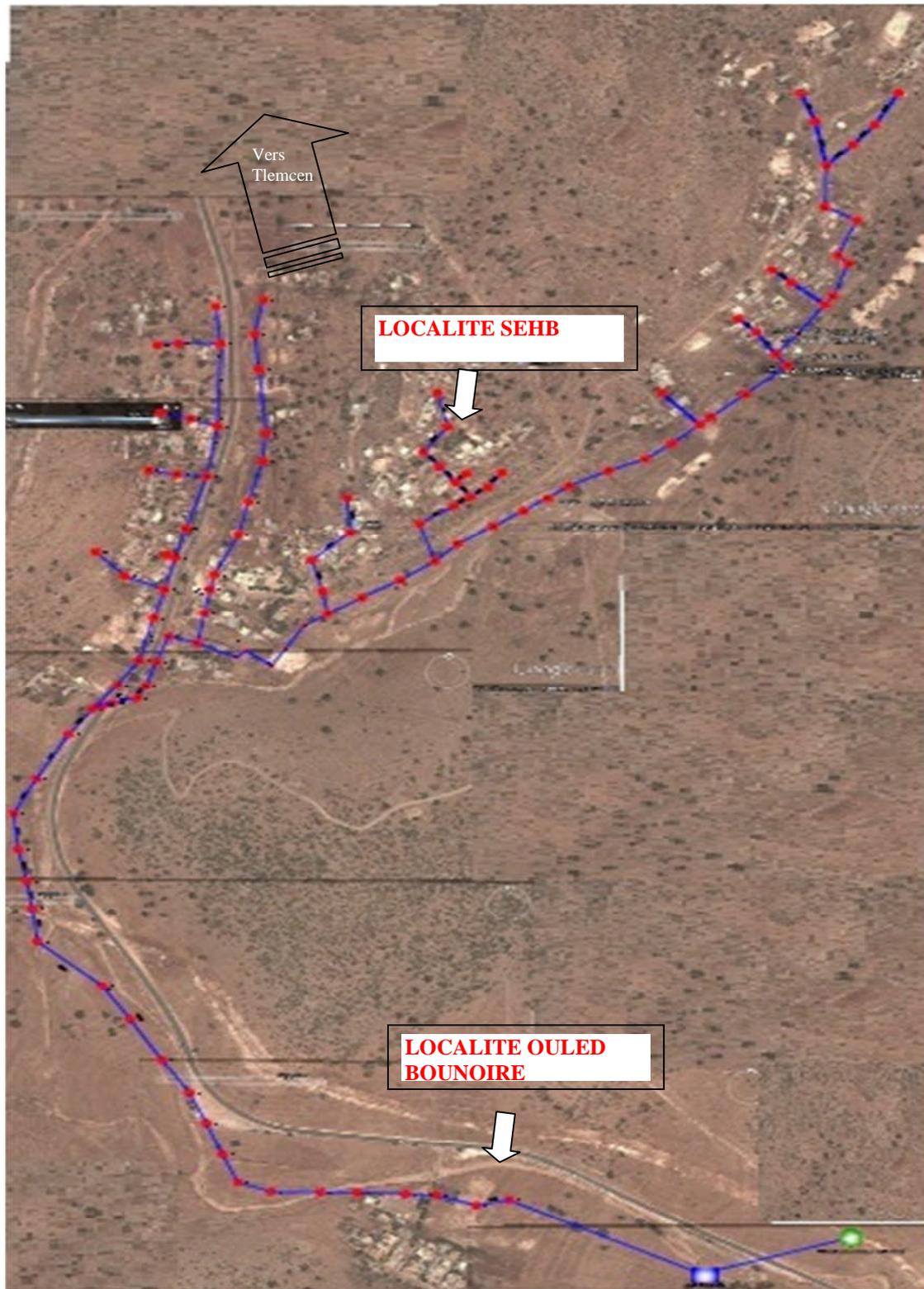


Figure III.6 : le schéma directeur du collecteur d'assainissement des localité Sehb et O/Bounoire

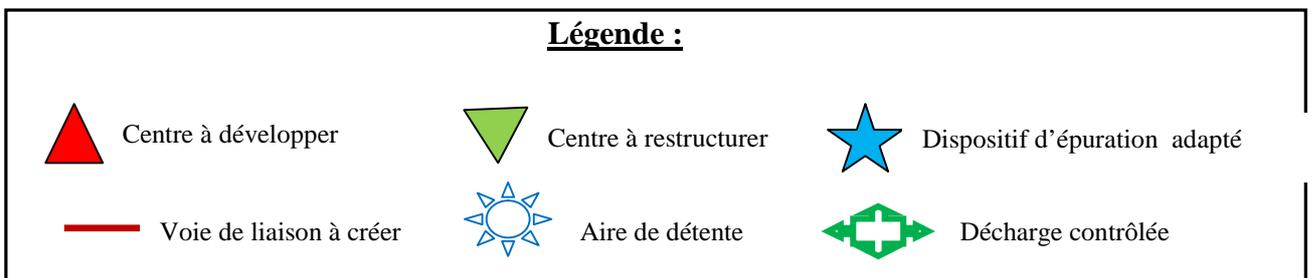
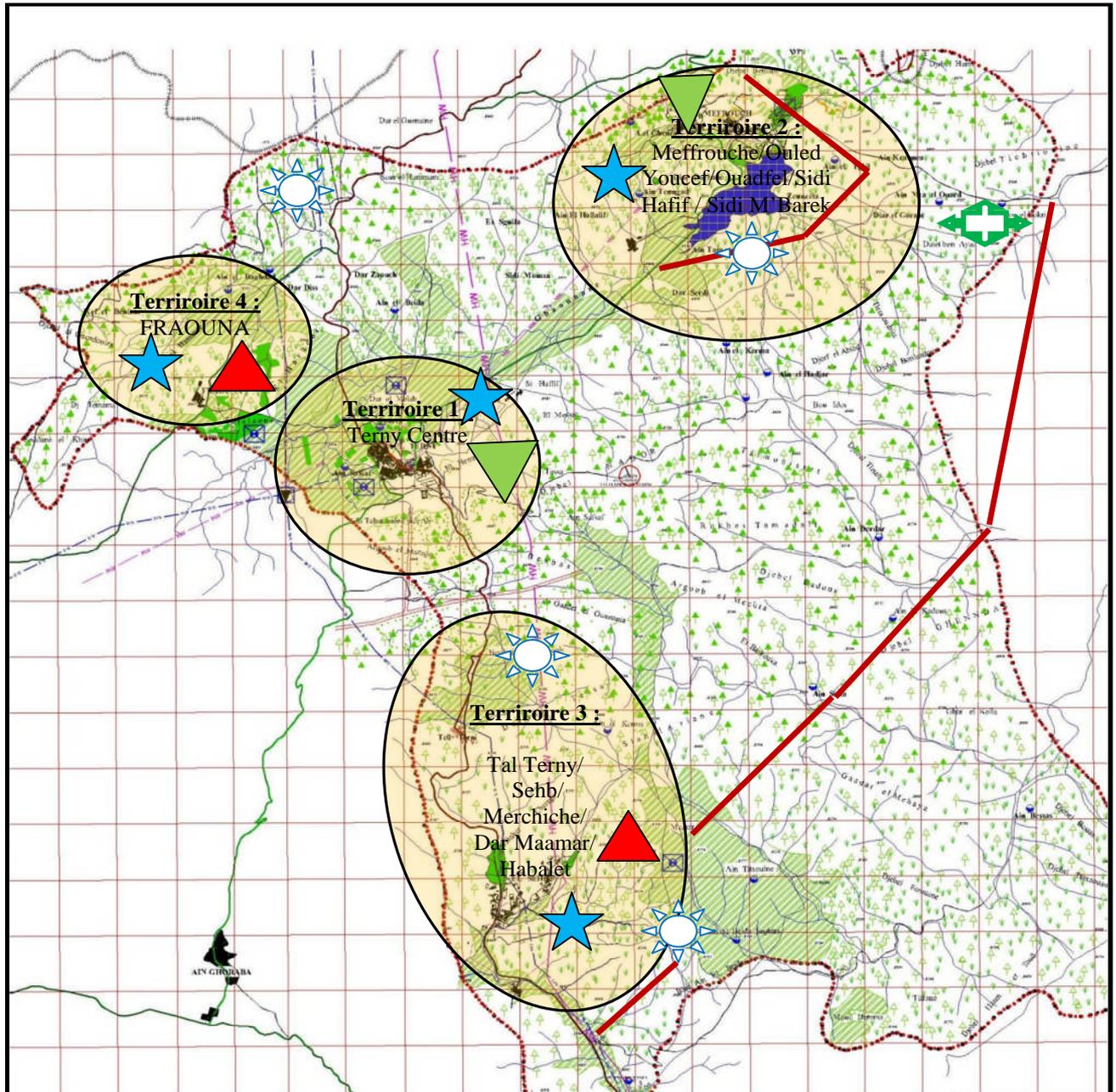


Figure III.7: Schéma d'organisation proposé pour l'espace communal ((TAAMIR B, 2013).

Conclusion

D'après les études faites dans ce chapitre nous concluons que la zone d'étude est une région sensible et vulnérable à la pollution de la nappe phréatique, de Ghar Boumaazza et du forage Merchiche par les eaux usées d'origine domestiques ou pluviales.

A cet effet, les eaux usées collectées dans le bassin de décantation récemment réalisé, doivent subir une épuration avant d'être rejetées dans la nature ou réutilisées pour l'irrigation du périmètre de Ghar Boumaazza ou El Hbalet.

Pour cela nous avons proposé de concevoir, dimensionner et réaliser une station d'épuration par macrophytes.

Effectivement la localité étant éparse, allongée, ayant une population réduite (moins de 2000 Hab.), ne regroupant pas d'industrie et ses eaux usées étant à 100% domestiques ou pluviales, c'est donc la solution la mieux adaptée à notre problématique.

Chapitre IV

Etude Technico-économique d'une STEP à base de macrophytes.

Introduction

La prolifération des rejets d'eaux usées non traités en provenance des centres agglomérés constituent une source de nuisance certaine pour les aquifères souterrains. Cette vulnérabilité à la pollution trouve son explication dans la nature géologique de l'espace communal (substrat calcaire fissuré) de la zone d'étude. Il y'a donc nécessité d'un recours à une solution radicale à cette problématique de rejets sauvages des eaux usées des Agglomérations Secondaires (AS) Sehb et Ouled Bounoire (Commune de Terny, Daïra de Mansourah).

Un ouvrage d'assainissement des eaux usées de ces AS, composé d'un réseau d'assainissement et d'un bassin de décantation, a été réalisé récemment par la DRE de Tlemcen et une STEP de type intensive va être réalisée à Terny Nord et elle ne pourrait pas recevoir les eaux usées de notre zone d'étude (au Sud de Terny).

A cet effet, nous avons proposé une STEP de Type extensive, à base de macrophytes pour épurer les eaux en aval du bassin de décantation. Pour cela une étude des paramètres physique, météorologique et hydrogéologique a été faite et présentée au chapitre III pour notre zone d'étude.

Dans ce qui suit nous allons faire une présentation de l'étude technico-commerciale de deux variantes de STEP à base de roseaux

IV.1. Variantes proposées

Le schéma de la figure IV.I donne plusieurs configurations possibles de stations à filtres plantés. Celles-ci peuvent être complexes ou simple en fonction du choix du schéma de circulation. Les configurations choisies seront fonction du contexte de notre zone d'étude (ouvrages existants, niveau de traitement exigé, place disponible, dénivelée, etc.). Aussi, le nombre d'étages de filtres et le sens d'écoulement (vertical ou horizontal) dépendront des traitements existants à l'amont (décantation, lagunage, ...) et de leur influence sur la qualité des effluents.

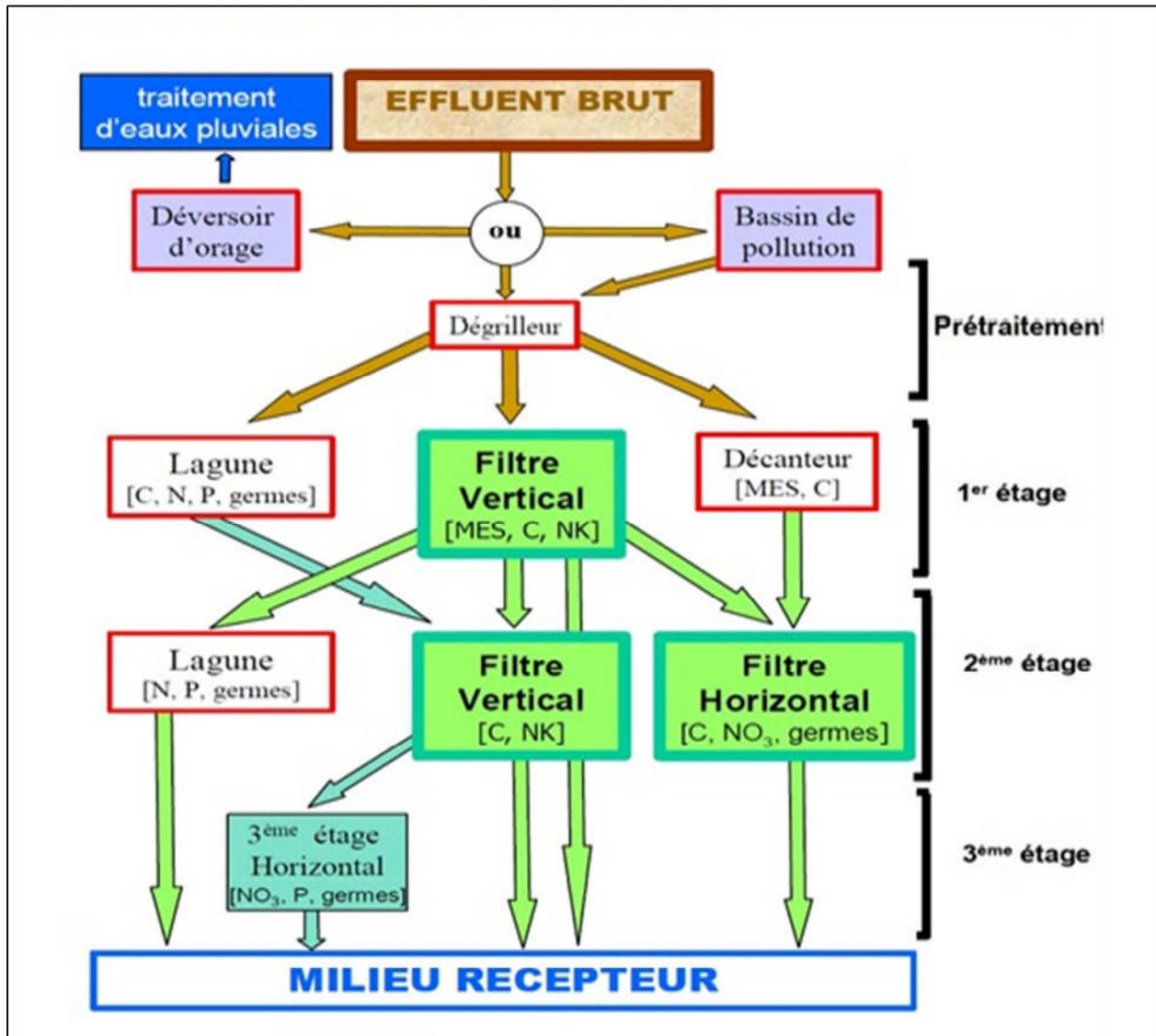


Figure IV.1 : Quelques Configurations Possibles (J.B. Poulet et al., Juin 2004)

Dans notre cas et suite à l'étude établie dans le chapitre III, nous avons proposé deux variantes présentées par le schéma de la figure IV.2.

Ces deux variantes vont être étudiées, dans ce qui suit, techniquement et économiquement pour choisir la solution optimale à notre problématique.

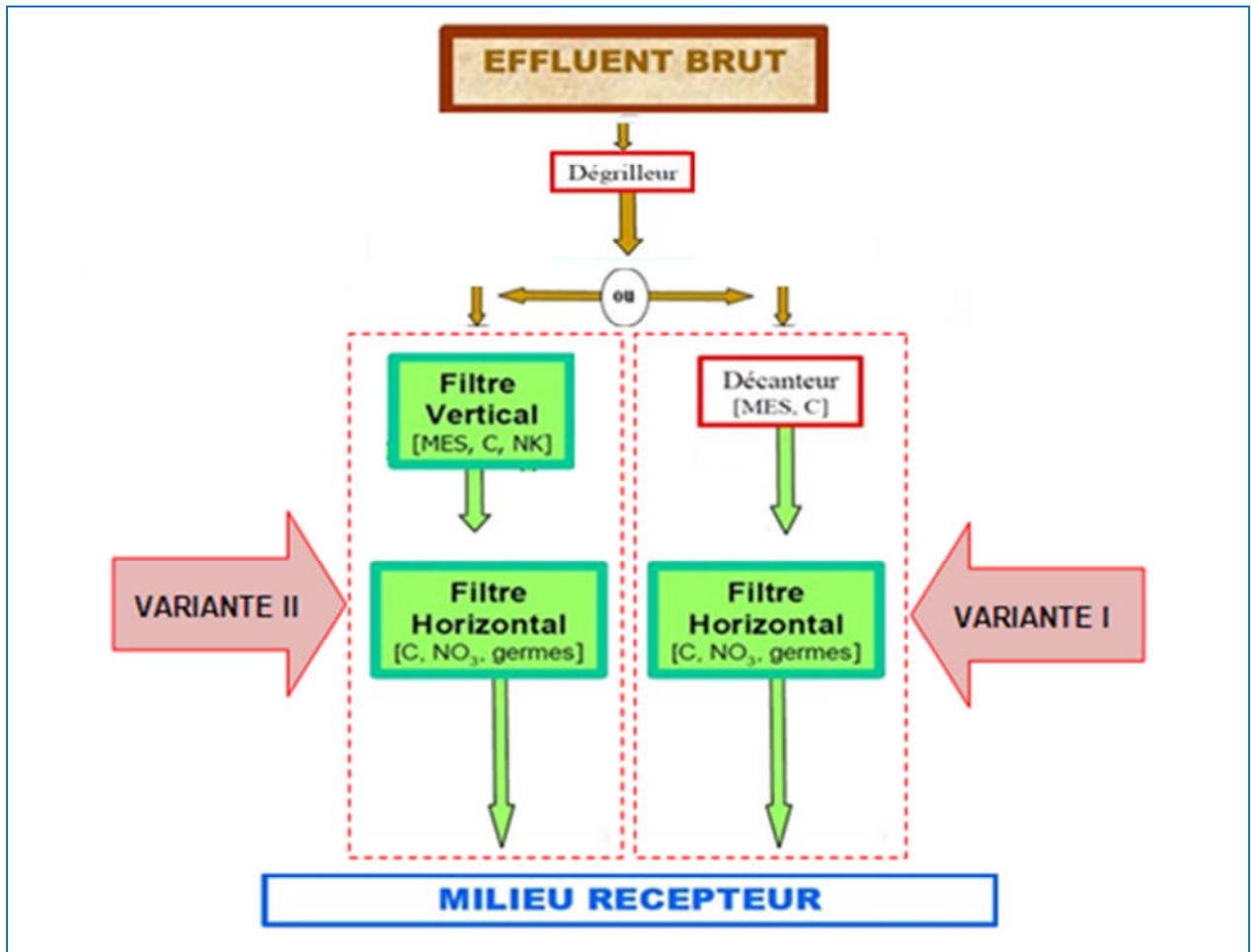


Figure IV.2 : le choix de Quelques Configurations Possibles

IV.2 Dimensionnement des éléments de la STEP

Les dimensionnements mentionnés ci-dessous 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).

Par ailleurs, nous rajoutons en amont de l'ouvrage existant (réseau d'assainissement et bassin de décantation) un *dégrilleur* manuel pour collecter les déchets grossiers.

Aussi, il est à noter que *les eaux pluviales sont négligées dans nos calculs* car nous avons à faire à un réseau d'assainissement séparatif de plus la morphologie du bassin versant de notre zone d'étude est allongée. De ce fait, toutes les eaux pluviales sont rejetées naturellement dans les Oueds Sehb et Ouled Bounouar.

IV.2.1 Débit de pointe

En plus de la concentration, toute pollution en milieu aqueux peut se caractériser par un débit. Pour ne s'intéresser qu'aux eaux usées urbaines, à leur épuration allons apprécier le débit maximal ou bien de pointe qui va entrer à la STEP en suivant les étapes suivantes :

- Calcul de la consommation d'eau domestique : $C_{\text{Domestique}} = P_n \times D$
- Calcul de la consommation moyenne journalière : $Q_{\text{moy.j}} = C_{\text{Domestique}} + C_{\text{Equipements}}$
- Calcul du débit maximum journalier : $Q_{\text{j,max}} = Q_{\text{moy.j}} K_1$
- Calcul du débit maximum journalier produit : $Q_{\text{max,P}} = Q_{\text{j,max}} + 20\% Q_{\text{j,max}}$
- Calcul du débit de pointe : $Q_{\text{max,h}} = Q_{\text{j,max}} \cdot K_0$ (avec $K_0 = 1,2$), d'où : $Q_{\text{max,h}} = 2,5 \text{ l/s}$.

D'où :

P_n : Population de l'an considéré ;

D : Norme de dotation admise ;

$C_{\text{Equipements}}$: Consommation des équipements (=52 m³/j) ;

K_1 : Coefficient de pointe, avec $K_1 = 1,2$;

K_0 : Coefficient de pointe, avec $K_0 = 1,2$;

IV.2.2 Dégrilleur

Le dimensionnement du dégrilleur est basé essentiellement sur les pertes de charge et la vitesse de passage de l'eau à travers la grille qui doit être comprise entre 0,6 et 1,2 m/s. Dans notre cas, il est avantageux d'opter pour un dégrillage à nettoyage manuel.

IV.2.2.1 Largeur de la chambre de dégrillage

$$l = \frac{S \cdot \sin \theta}{h_{\text{max}} \cdot (1 - \beta) \cdot \delta} = \frac{5,66 \cdot \sin\left(\frac{80,3,14}{180}\right)}{0,4 \cdot (1 - 0,33) \cdot 0,25} = 1,59 \text{ m} \cong 1,60 \text{ m} \dots\dots IV.1$$

Avec :

S : Section minimale du dégrilleur (m²), avec : $S = Q_p/v = 3,4/0,6 = 5,66 \text{ m}^2$

θ : Angle d'inclinaison de la grille avec l'horizontale en radient (=80°) ;

δ : Coefficient de colmatage de la grille (0,25 pour un dégrilleur manuelle).

β : Fraction de la surface occupée par les barreaux ;

v : Vitesse de passage en m/s (= 0.6 m/s (GAID A., 1984)).

IV.2.2.2 Hauteur de la chambre de dégrillage

$$H_g = 2H_{max} + \Delta h + 0,5 = 2 \cdot 0,4 + 1,30 + 0,5 = 2,6 \text{ m} \dots \dots \dots \text{IV.2}$$

D'après Kirschmer, Δh est donnée par :

$$\Delta h = k \cdot \left(\frac{s}{e}\right)^{\frac{4}{3}} \cdot \frac{v^2}{2g} \cdot \sin \theta = 1,79 \cdot \left(\frac{8}{20}\right)^{\frac{4}{3}} \cdot \frac{0,6^2}{2 \cdot 9,81} \cdot \sin\left(\frac{80,3,14}{180}\right) = 1,31 \text{ m} \cong 1,30 \text{ m} \dots \dots \dots \text{IV.3}$$

Avec :

H_{max} : Hauteur maximale de l'eau admissible sur la grille (m) ;

ΔH : Pertes de charges au niveau du dégrilleur ;

k : Facteur dépendant de la forme des barreaux (1.79 pour des barreaux circulaires) ;

s : Largeur apparente des barreaux face au courant (mm) ;

e : Espacement entre barreaux (en mm), il est de 2 à 2,5 cm pour un dégrilleur mécanique [30].

Tableau IV.1 : K en fonction de la forme des barreaux.

Forme des barreaux	K
Rectangulaire	2,42
Rectangulaire avec face avant circulaire	1,83
Circulaire	1,79
Rectangulaire avec face avant et arrière circulaire	1,67

IV.2.3 Bassin de décantation

Soit à dimensionner le bassin de décantation pour voir si l'existant répond aux normes.

- Surface : $S = Q_p / v_{cl} = (3,4/1000) \cdot 3600 / 2,5 = 5 \text{ m}^2$
- Volume : $V = S \cdot H = 4,896 \cdot 3 = 14,688 \text{ m}^3/\text{s} \cong 15 \text{ m}^3$ et $t = H / v_{cl} = 3 / 2,5 = 1,2 \text{ h}$
- Temps de séjour : $t_s = \frac{V}{Q_p} = 15 \cdot 1000 / (3,4 \cdot 3600) = 1,22 \text{ h}$

Dans lesquelles :

Q_p : Débit de pointe en m^3/h ;

v_{cl} : Vitesse ascensionnelle limite (= 2,5 m/h (GAID A, 1984))

S : Surface du bassin en m^2 ;

V : Volume du bassin en m^3 ;

H : Hauteur de décanteur (proposée = 3 m) ;

t : Temps de décantation (il ne doit pas dépasser les 2 heures pour qu'il n'y ait pas de fermentation dans le décanteur (GAID A., 1984) ;

Les dimensions du bassin décanteur existant dans l'ouvrage d'assainissement déjà réalisé sont :

- Hauteur : $H = 3$ m,
- Largeur : $l = 2$ m,
- Longueur : $L = 4$ m.

Son volume est alors de $24 m^3$. Le décanteur existant est donc surdimensionné pour la réception des eaux usées brutes. Il faudrait fixer la position du trop-plein en fonction de nos calculs ($V=15m^3$) et des orages pendant les temps pluvieux.

IV.2.4 Le regard d'alimentation

Ce regard, à une entrée et deux sorties, va jouer le rôle de déversoir d'orage et d'alimentation des filtres.

IV.2.5 Les conduites d'alimentation

Pour pouvoir calculer les dimensions des collecteurs, il suffit de suivre les étapes suivantes :

- Diamètre approximatif de la conduite (en m) : $D = \left[\frac{\eta}{K_3} \cdot \frac{Q}{\sqrt{I}} \right]^{3/8}$

Avec :

Q : Débit hydraulique de la conduite en m^3/s ;

η : Coefficient de Manning (= 0,009 pour le PVC (Satin M & Selmi B, 1999));

K_3 : Coefficient d'homogénéité des unités (= 0,03117 dans le système français) ;

I : Pente hydraulique de la conduite en %.

$$\text{Alors: } D = \left[\frac{0,009}{0,03117} \cdot \frac{3,4 \cdot 10^{-3}}{\sqrt{2}} \right]^{3/8} = 0.065 \text{ m}$$

Le diamètre commercial $\phi = 75$ mm.

- Débit à pleine section : $Q_{ps} = \frac{K_3}{\eta} \cdot \phi^{8/3} \cdot I^{1/2} = \frac{0,03117}{0,009} \cdot 0.075^{8/3} \cdot 2^{1/2} = 4,9 \text{ l e section}$:

- Vitesse à pleine section : $V_{ps} = 4 \cdot \frac{Q_{ps}}{\pi \cdot \phi^2} = 4 \cdot \frac{0.005}{\pi \cdot (0.075)^2} = 1.11 \text{ m/s}$

- Détermination de la vitesse d'écoulement et la hauteur de remplissage :

- Détermination du rapport des débits : $r_Q = \frac{Q}{Q_{ps}} = \frac{3,4}{5} = 0.68$
- Lire sur le normogramme les valeurs de r_V et r_H correspondantes à r_Q .

Alors : $r_V = 0.25$ et $r_H = 0.6$

- Calcul de la vitesse d'écoulement : $V = r_V \cdot V_{ps} = 0,25 \cdot 1.11 = 0.28 \text{ m/s}$
- Calcul de la hauteur à pleine section : $H = r_H \cdot \phi = 0.6 \cdot 0.075 = 0.045 \text{ m}$

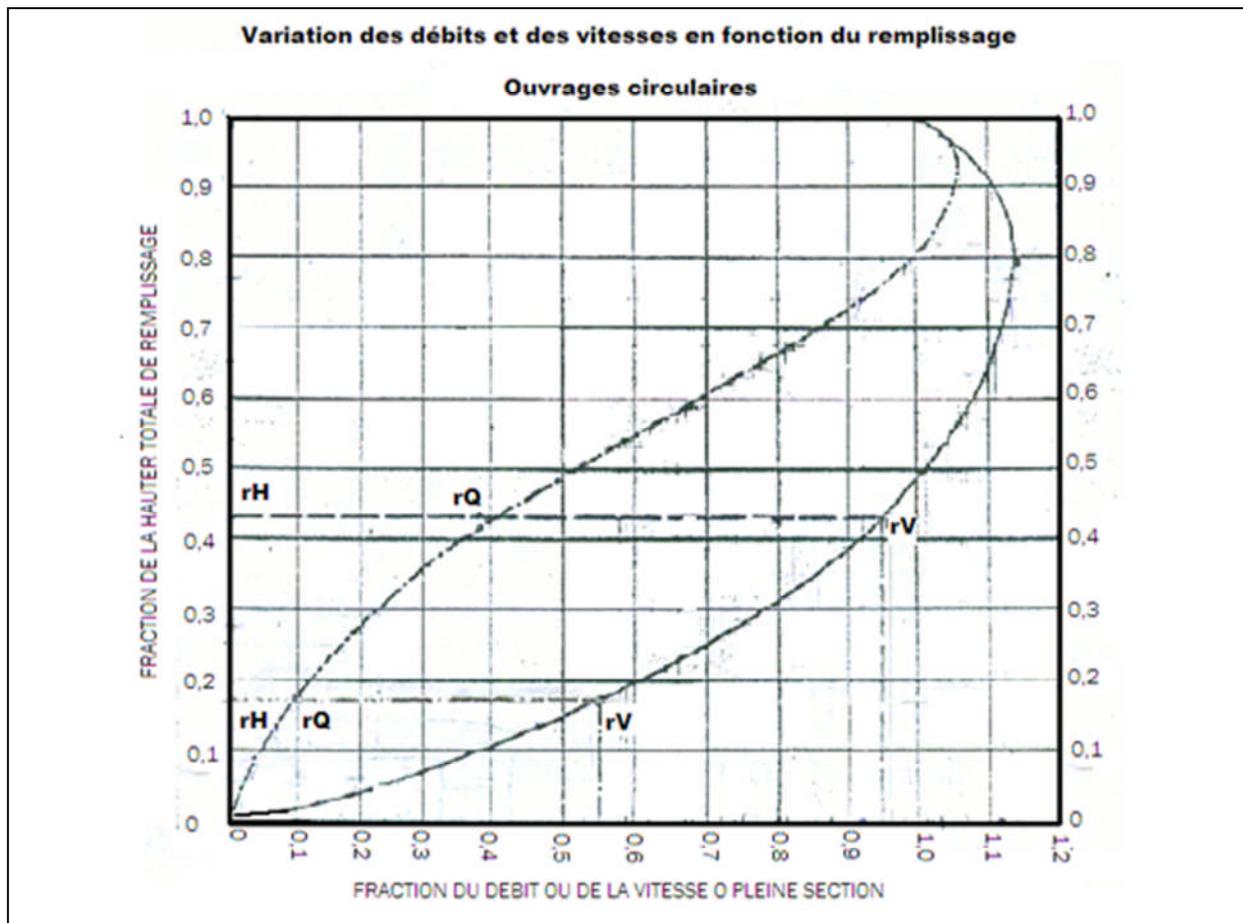


FIGURE IV.3 : Variation des débits et des vitesses en fonction du remplissage

IV.2.6 Filtre vertical

IV.2.6.1 Surface des filtres

D'après la littérature, nous avons trouvé deux méthodes qui sont les plus utilisées dans le calcul des superficies des filtres :

- **Méthode 01 :**

Pour de petites unités (<100 EH) on trouve la méthode suivante h (Grisson, 1999) :

$$A_1 = 3.5 P^{0.35} + 0.6 P \quad \dots\dots IV.1$$

Avec :

A_1 : Surface du premier filtre vertical.

P : Nombre d'habitants raccordés.

La surface du second filtre A_2 fera 50% de A_1 si l'effluent a subi un traitement primaire, et 60% de A_1 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.

- **Méthode 02 :**

La méthode générale avec des règles de base du dimensionnement on trouve le tableau 1,3 suivant (Groupe macrophytes et traitement des eaux, 2005) :

Tableau IV.2 : 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

Pour notre cas d'étude, et selon le tableau ci-dessus qui présente les données de base de dimensionnement, la région est caractérisée par une population qui dépasse les 800 habitants dès le premier horizon de calcul. Alors, il est préférable de suivre la deuxième méthode pour déterminer les superficies des lits filtrants.

IV.2.6.2 Profondeur de lit

Dans un climat chaud 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 2 m (Hamza Chérif C, 2010).

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 (Hamza Chérif C, 2010).

Alors, nous avons choisi pour nos filtres verticaux que les hauteurs seront de 1m dont les 30 cm supérieurs du filtre représentent la revanche.

IV.2.6.3 Pente

Généralement, une pente d'environ 0,5 % est nécessaire en fond de massif pour drainer correctement les percolat. La nécessaire horizontalité de la surface sera rattrapée avec la couche de gravillons ou avec la couche de transition si elle est mise en place (Lienard A et all, 2003) .

Pour une meilleur évacuation de l'effluent traiter vers l'extérieur du filtre vertical, nous avons prendre 2% comme pente du fond selon la topographie qu'on a.

IV.2.6.4 Nombre de filtres

En traitement principal, le système nécessite deux étages. Pour une très petite installation, un minimum de deux filtres est obligatoire pour l'alternance des phases d'alimentation et de repos. Pour des installations supérieures à 100 habitants, trois filtres sont généralement utilisés, pour assurer les périodes de repos, d'environ 2/3 du temps (OIEAU, Juin 2008). C'est pour cette raison que nous avons opté, dans chaque cas de variante étudié, de choisir un nombre de filtre qui est égal ou supérieur à 3 et ceci dans le premier étage.

IV.2.6.5 Matériaux filtrant

D'après les recommandations du CEMAGREF, les filtres de chaque étage possèdent 3 couches de granulométrie différentes dont les caractéristiques sont les suivantes :

Tableau IV.3 : caractéristiques recommandées pour les différentes couches filtrantes.

Etage	Couche	Matériaux	Granulométrie	Epaisseur
1 ^{er} étage	Couche filtrante	gravier fin	2 à 8 mm	30 cm
	Couche de transition	gravier grossier	5 à 10 mm	10 à 20 cm
	Couche drainante	galets	20 et 60 mm	10 à 20 cm
2 ^{ème} étage	Couche filtrante	Sable alluvionnaire siliceux	0.25 mm < d ₁₀ < 0.40 mm CU (d ₆₀ /d ₁₀) ≤ 5 Teneur en fines < 3% en masse	30 cm
	Couche de transition		3 à 20 mm	10 à 20 cm
	Couche drainante		20 à 60 mm.	20 cm

IV.2.6.6 Alimentation et répartition

L'alimentation par bâchées pourra se faire selon deux méthodes (Groupe macrophytes et traitement des eaux, 2005) :

- Gravitaire
- Relèvement

Chaque bâchée devra apporter une lame d'eau de 2 à 5 cm sur la surface du lit alimenté. Le débit de la pompe installée devra permettre le respect d'une vitesse de répartition minimale sur le lit de 0.5 m³/m²/h. La vitesse d'infiltration au travers du massif filtrant doit être d'environ 0,4 m/h. Ainsi, l'alternance de l'alimentation des lits pourra se faire par vannage manuel ou automatique.

L'alimentation doit être répartie de manière homogène sur l'ensemble de la surface du lit, pour cela il faut prévoir des plaques de dissipation du flux ou la pose de gros galets autour des points d'arrivées. Ainsi, on doit avoir un nombre suffisant de points d'alimentation (1 point/50m²) (Groupe macrophytes et traitement des eaux, 2005).

IV.2.6.7 Les conduites de répartition

Le débit de conduites de répartition à l'intérieur pour chaque filtre est calculé :

$$Q_{\text{répartitions}} = Q_{\text{alimentation}} / 6$$

$$\text{Alors: } D = \left[\frac{0,009}{0,03117} \cdot \frac{\left(\frac{3,4}{6}\right) \cdot 10^{-3}}{\sqrt{0,8}} \right]^{3/8} = 0,03966 \text{ m} = 39,66 \text{ mm}$$

Le diamètre commercial $\phi = 40 \text{ mm}$.

- Les caractéristiques à pleine section :

– Le débit à pleine section : $Q_{ps} = \frac{K_3}{\eta} \cdot \phi^{8/3} \cdot I^{1/2} = \frac{0,03117}{0,009} \cdot 0,04^{8/3} \cdot 0,8^{1/2} = 0,62 \text{ l/s}$

– Calcul de la vitesse à pleine section : $V_{ps} = 4 \cdot \frac{Q_{ps}}{\pi \cdot \phi^2} = 4 \cdot \frac{0,62}{\pi \cdot 0,04^2} = 0,46 \text{ m/s}$

- Détermination de la vitesse d'écoulement et la hauteur de remplissage :

– Détermination du rapport des débits : $r_Q = \frac{Q}{Q_{ps}} = \frac{(3,4/6)}{0,0001} = 0,33$

- Lire sur le normogramme les valeurs de r_V et r_H correspondantes à r_Q .

Alors : $r_V = 0,7$ et $r_H = 0,38$

- Calcul de la vitesse d'écoulement : $V = r_V \cdot V_{ps} = 0,7 \cdot 0,46 = 0,322 \text{ m/s}$

- Calcul de la hauteur à pleine section : $H = r_H \cdot \phi = 0,38 \cdot 0,04 = 0,0152 \text{ m}$

IV.2.6.8 Evacuation et drainage

Des tubes synthétiques entaillés de fentes ($\phi 100 \text{ mm min}$) seront utilisés pour collecter l'effluent traité sur le fond du filtre. Des tubes de classe de résistance élevée limiteront les risques de détérioration du système de drainage. Des pentes prévues au fond du bassin de part et d'autre des drains de collecte éviteront



les zones de stagnation. Les orifices (fentes de 5 mm de largeur sur un tiers de la circonférence espacées d'environ 15

Figure IV.4 : Bornes d'aérations de la station d'épuration à filtres plantés de roseaux de Treize Septiers.

cm) seront tournés vers le bas (Groupe macrophytes et traitement des eaux, 2005)

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 la montre la figure IV.3.

IV.2.6.9 Plantes

Des roseaux (*Phragmites communis*), sont plantés à une densité minimale de quatre pieds par m² (une plantule tous les 50 cm dans les deux directions) sur le massif qu'ils colonisent progressivement avec d'autres tiges émises depuis les nœuds des rhizomes. Il est cependant possible d'augmenter cette densité à neuf plants par m², mais il n'est pas utile de planter plus densément car les jeunes roseaux doivent se développer eux-mêmes dans ce milieu hostile pour atteindre la densité voulue avant d'alimenter à la charge nominale (Lienard A et all, 2003).

V.2.7 Filtre horizontal

IV.2.7.1 Surface des filtres

Comme pour le cas de filtre vertical, la superficie de ce type de filtre est aussi dimensionnée en par deux méthodes : Empirique ou bien générale. Dans cette étape, nous avons choisi de faire les calculs en suivant les deux méthodes.

- **Méthode 01 :**

La surface peut être déterminée par la relation empirique suivante (Hamza Chérif C, 2010).

$$A_s = Q_j \frac{\ln(C_{DBOe}) - \ln(C_{DBOs})}{K_{DBO}} \dots\dots\dots \text{IV.2}$$

Avec :

A_s : Surface du filtre (m²).

Q_j : Débit moyen journalier arrivant à la station (m³/j).

C_{DBOe} : Concentration moyenne journalière en DBO₅ à l'entrée (mg/l).

C_{DBOs} : Concentration moyenne journalière en DBO₅ à la sortie (mg/l) (Voire Annexe 03).

K_{DBO} : Constante (m/j) sui dépend de type d'eau à traiter.

La surface du second filtre A_2 fera 50% de A_1 si l'effluent a subi un traitement primaire, et 60% de A_1 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.

Tableau IV.4 : Valeurs de $kDBO_5$ et de surfaces spécifiques en fonction du type d'eaux à traiter.

Type d'eaux	Concentration (DBO_5 mg/l)	$kDBO_5$	$m^2/hab.$
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

- **Méthode 02 :**

On retiendra pour les deux types de traitement primaires courants, les valeurs suivantes qui ont été déterminées de façon empirique (AERM , juillet 2007):

Tableau IV.5 : Tableau 0.5: Détermination empirique de la surface spécifique du lit horizontal en fonction du traitement primaire (Groupe macrophytes et traitement des eaux, 2005).

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

IV.2.7.2 Profondeur de lit

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

IV.2.7.3 Pente

La pente entre l'amont et l'aval du fon du bassin doit être équivalente à environ 10% de la profondeur (pente obligatoirement supérieure à 0,5 %) (Groupe français 'macrophytes et traitement des eaux, 2005).

IV.2.7.4 Matériaux filtrant

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) .

IV.2.7.5 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.

IV.2.7.6 Evacuation et drainage

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 IV.5, 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 100 mm minimum) seront utilisés pour collecter l'effluent traité dans le gabion d'évacuation ou une tranchée drainante remplie des granulats grossiers (60 à 80 mm) sur toute la largeur du lit (fig. IV.5) (Groupe macrophytes et traitement des eaux, 2005).

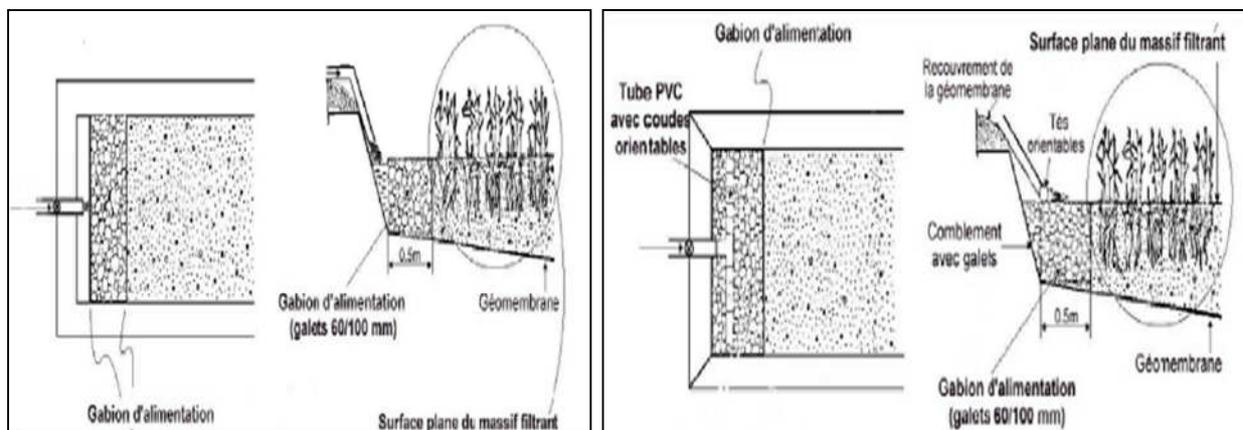


Figure IV.5 : Alimentation par tranchées. Figure IV.6 : Alimentation par rampes de répartition.

IV.2.7.7 Plantes

La plantation des roseaux est effectuée selon la même méthode que dans un filtre vertical.

IV.3 Données de base pour le calcul de dimensionnement

IV.3.1 Débits

Les débits d'eaux usées ont été calculés d'après l'étude du PDAU de Terny comme suit :

Tableau IV.6 : résultats de calcul des débits.

Echéance	Pn	D	C _{Domestique}	C _{Equipements}	Q _{moy.j}	Q _{j.max}	Q _{max.P}	Q _{max.h}
Unité	hab	l/j/hab	m ³ /j	m ³ /j	m ³ /j	m ³ /j	m ³ /j	l/s
2018	955	150	143	57	200	240	288	2,8
2028	1 163	150	175	70	245	293	352	3,4

IV.3.2 Données de base

En se basant sur les données et les calculs qu'on a, on va calculer les différentes dimensions et citer les caractéristiques de notre future STEP et ceci pour les deux variantes qu'on a. alors, le calcul concerne :

Tableau IV.7 : Données de base pour le calcul de dimensionnement.

Horizon 2018 (955hab)				
Paramètres	Ratio		Résultat	
	D'1EH (Norme) Charge journalière g/j	D'1116 EH Charge journalière kg/j	résultat d'analyse (Sortie BD) mg/l	Charge journalière kg/j
MES	90 g/jour ou 600mg/l	85,95	290	43,5
DCO	140 g/jour ou 933mg/l	133,7	124	18,6
DBO5	60 g/jour ou 400mg/l	57,3	242	36,3
NH4	10 g/jour ou 67mg/l	9,55	322.5	48,3
Q _{moy.j}	150 l/jour	143,25 m ³ /j		
Horizon 2028 (1163 hab)				
Paramètres	Ratio		Résultat	
	D'1EH (Norme) Charge journalière g/j	D'1163 EH Charge journalière kg/j	résultat d'analyse (Sortie BD) mg/l	Charge journalière kg/j
MES	90 g/jour ou 600mg/l	104,67 kg/j	290	43,5
DCO	140 g/jour ou 933mg/l	162,82 kg/j	124	18,6
DBO5	60 g/jour ou 400mg/l	69,78 kg/j	242	36,3
NH4	10 g/jour ou 67mg/l	11,63 kg/j	322.5	48,3
Q _{moy.j}	150 l/jour	167 m ³ /j		

IV.4 Résultats

IV.4.1 Variante I (Bassin de décantation + Filtre horizontal)

L'eau usée venant du décanteur sera recueillie dans un regard afin d'avoir la maîtrise sur sa répartition entre les différents filtres horizontaux composant la station. L'effluent brut : Est réparti par banchées sur la surface du filtre actif puis traverse le massif filtrant. En suite, l'eau sera récupérée par des canalisations de drainage en fond de filtre pour atteindre, en fin, le milieu récepteur.

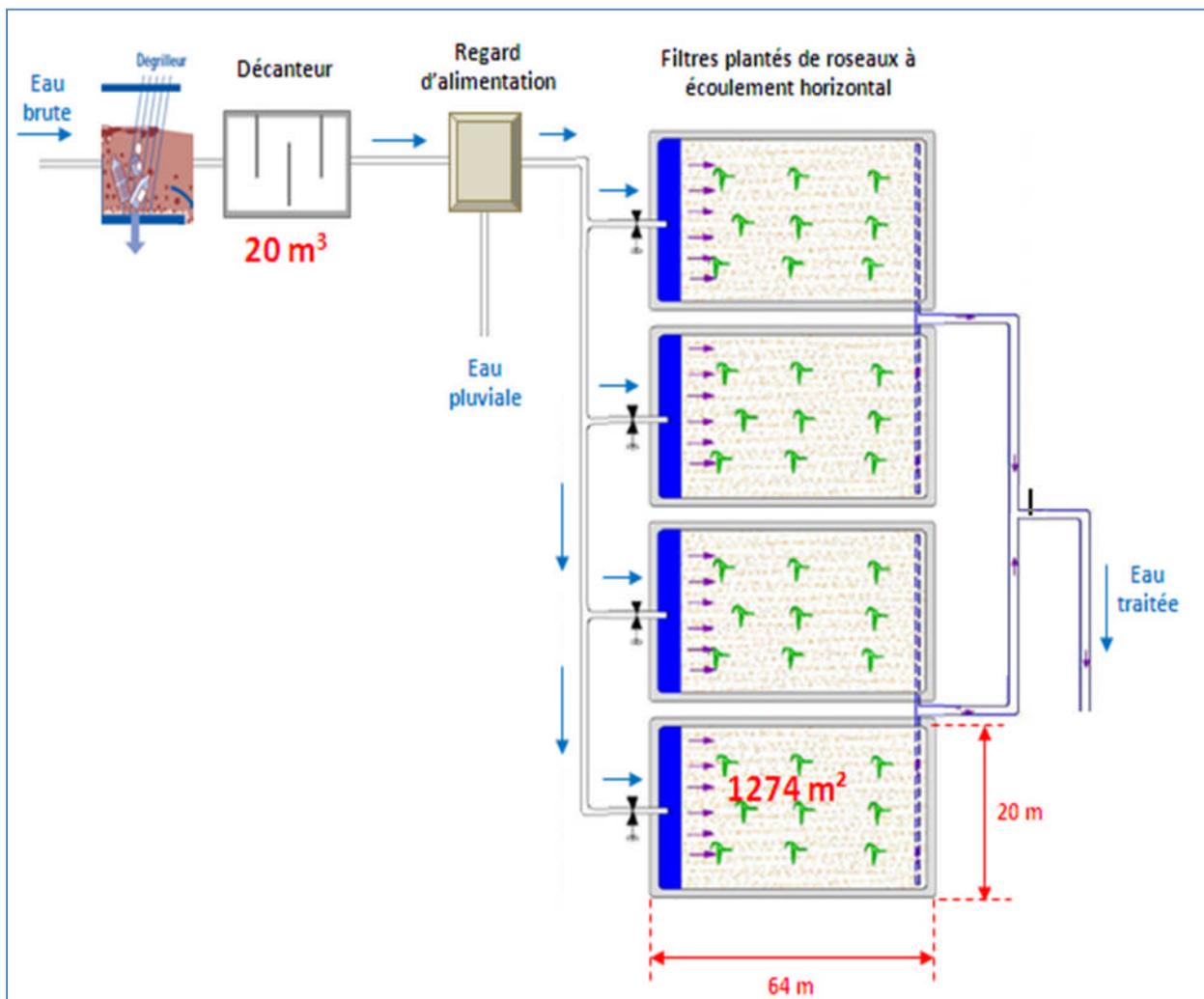


Figure VI.7 : Schéma synoptique de la 1^{ère} variante de station par filtres plantés de roseaux.

- **Méthode 01**

Après l'utilisation de la formule qui permet le calcul de la surface utile des filtres horizontaux, nous avons pu arriver aux résultats suivants :

Tableau IV.8 : Caractéristiques des bassins pour la 1^{ère} variante (méthode 01).

Paramètre	Résultats2018	Résultats2028
Population	955	1163
Surface de lit filtrante en m ²	4116	5096
Nombre total de casier	04	04
Alimentation des casiers actifs	1 semaine	1 semaine
Durée de repos des autres casiers	1 semaine	1 semaine
Surface active du lit filtrant en m ²	1029 m ²	1274 m ²
Largeur du lit filtrant	20 m	20 m
Longueur du lit filtrant	52 m	64 m
Hauteur du lit	1 m	1 m
Débit journalière prévu en m ³ /j	200	245
Type d'alimentation	Continue	Continue
Revanche	30	30
Gabion d'alimentation	Galet 60/100 mm	
Couche filtrante	Sable alluvionnaire siliceux (0.25 < d ₁₀ < 0.40 mm ; CU ≤ 5)	
Etanchéité	Argile + Membrane + Géotextile	
Pente	2 %	2 %
Technologie d'alimentation	Alimentation par rampes de répartition	
Végétaux	Phragmites	Phragmites
Densité de plantation	4 plantes/m ²	4 plantes/m ²
Nombre de roseaux à planté	16464	20384

- **Méthode 02**

En se basant sur le tableau IV.5, nous avons pris 5 m²/EH comme base de calcul de la surface des filtres horizontaux.

Tableau IV.9 : Caractéristiques des bassins pour la 1^{ère} variante (méthode 02).

Paramètre	Résultats2018	Résultats2028
Population	955	1163
Surface par m ² /EH	5	5
Surface de lit filtrante	4775	5815
Nombre total de casier	04	04
Alimentation des casiers actifs	1 semaine	1 semaine
Durée de repos des autres casiers	1 semaine	1 semaine
Surface active du lit filtrant	1193.75 m ²	1453.75 m ²
Largeur du lit filtrant	20 m	20 m
Longueur du lit filtrant	60 m	73 m
Hauteur du lit	1 m	1 m
Débit journalière prévu	200 m ³ /j	245 m ³ /j
Type d'alimentation	Continue	Continue
Revanche	30	30
Gabion d'alimentation	Galet 60/100 mm	
Couche filtrante	Sable alluvionnaire siliceux (0.25 < d10 < 0.40 mm ; CU≤5)	
Etanchéité	Argile + Membrane + Géotextile	
Pente	2 %	2 %
Technologie d'alimentation	Alimentation par rampes de répartition	
Végétaux	Phragmites	Phragmites
Densité de plantation	4 plantes/m ²	4 plantes/m ²
Nombre de roseaux à planté	19100	23260

IV.4.2 Variante II (filtre verticale + Filtre horizontal)

Après le décanteur qui a été déjà réalisé, la filière se composera de deux étages de traitement composés de trois filtres en parallèle au 1^{er} étage et deux au 2nd étage. La figure VI.7 permet de visualiser la configuration des filtres ainsi que les méthodes d'alimentation utilisées à chaque étage.

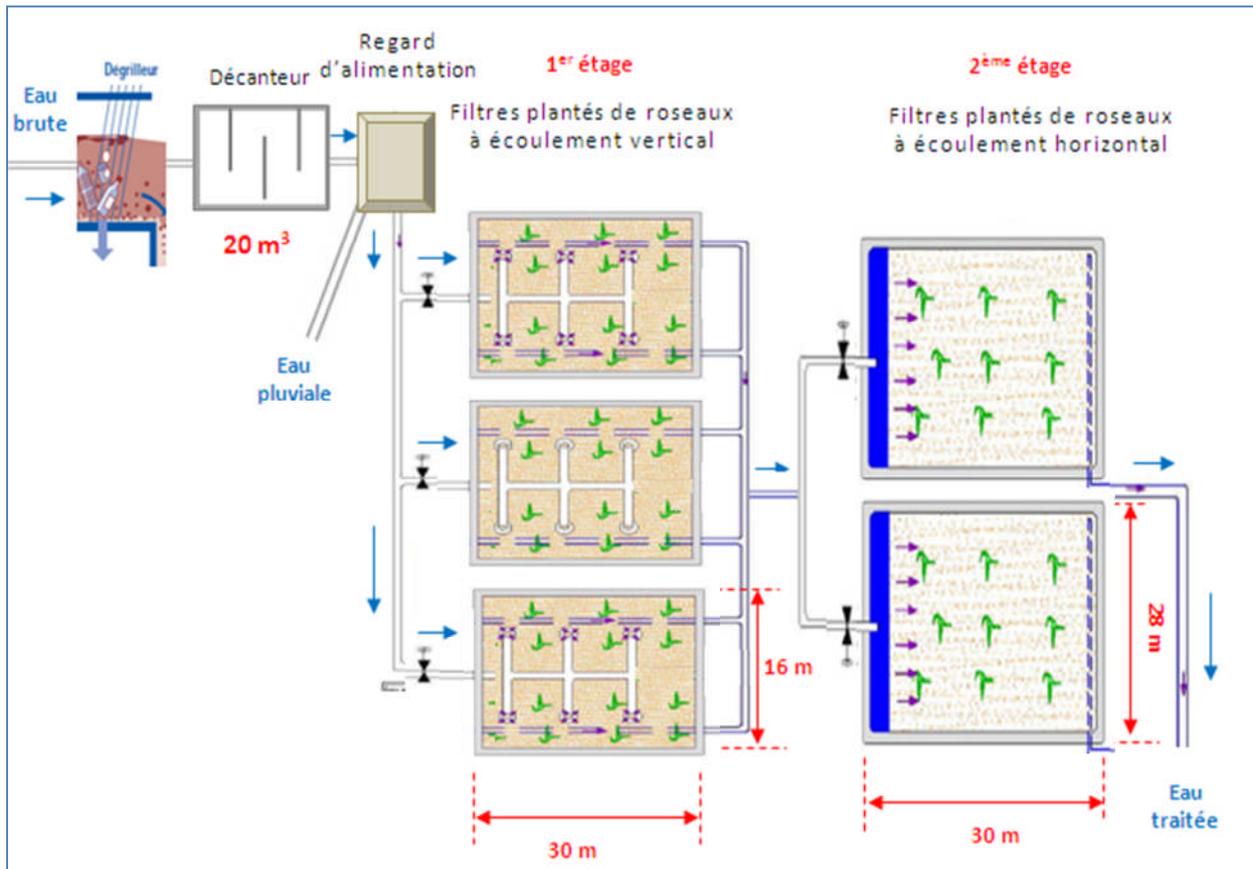


Figure VI.8: Schéma synoptique de la 2^{ème} variante de station par filtres plantés de roseaux.

En se basant sur le tableau IV.2, nous avons pris 2,5 m²/EH comme base de calcul de la surface des filtres horizontaux.

1^{er} étage (filtres à écoulement vertical)

Tableau IV.10 : Caractéristiques des bassins pour la 2^{ème} variante (1^{ère} étage).

Paramètre	Résultats 2018	Résultats 2028
Population	955	1163
Surface par m ² /EH	1.2	1.2
Surface de lit filtrant	1146	1396
Nombre total de casier	03	03
Durée d'alimentation des casiers actifs	01 jour	01 jour
Durée de repos des autres casiers	1 semaine	1 semaine
Surface active du lit filtrant	382 m ²	466 m ²
Largeur du lit filtrant	13 m	16 m
Longueur du lit filtrant	30 m	30 m
Hauteur du lit	1 m	1 m
Débit journalier prévu	200	245
Nombre de bâché par jour	10	10
Volume de bâché pour la surface active	20 m ³	24.5 m ³
Revanche	30c m	30 cm
Couche filtrante -	30 cm de gravier fin 2 à 8 mm	
Couche de transition	20 cm de gravier 5 à 10 mm	
Couche de drainante	Couche 20 cm de gravier 20 à 60 mm	
Etanchéité	Argile + Membrane + géotextile	
Technologie d'alimentation et de répartition	Alimentation aérienne répartition en H	
Végétaux	Phragmites	Phragmites
Densité de plantation	4 plantes/m ²	4 plantes/m ²
Nombre de roseaux à planté	4584	5584

2^{ème} étage (filtres à écoulement horizontal)

- **Méthode 01**

Après l'utilisation de la formule qui permet le calcul de la surface utile des filtres horizontaux, nous avons pu arriver aux résultats suivants :

Tableau IV.11 : Caractéristiques des bassins pour la 2^{ème} variante (2^{ème} étage).

Paramètre	Résultats 2018	Résultats 2028
Population	955	1163
Surface de lit filtrant	1386	1698
Nombre total de casier	02	02
L'alimentation des casiers	Continue	Continue
Surface active du lit filtrant	693 m ²	849 m ²
Largeur du lit filtrant	23 m	28 m
Longueur du lit filtrant	30 m	30 m
Hauteur du lit	1 m	1 m
Débit journalier prévu	200	245
Revanche	30 cm	30c m
Gabion d'alimentation	Galet 60/100 mm	
Couche filtrante	Sable alluvionnaire siliceux (0.25 < d10 < 0.40 mm ; CU≤5)	
Etanchéité	Argile + Membrane + Géotextile	
Pente	2 %	2 %
Végétaux	Phragmites	Phragmites
Densité de plantation	4 plantes/m ²	4 plantes/m ²
Nombre de roseaux à planté	5544	6792

- **Méthode 02**

En se basant sur le tableau IV.5, nous avons pris 5 m²/EH comme base de calcul de la surface des filtres horizontaux.

Tableau IV.12 : Caractéristiques des bassins pour la 2^{ème} variante (2^{ème} étage).

Paramètre	Résultats 2018	Résultats 2028
Population	955	1163
Surface par m ² /EH	2	2
Surface de lit filtrant	1910	2326
Nombre total de casier	02	02
L'alimentation des casiers	Continue	Continue
Surface active du lit filtrant	955 m ²	1163 m ²
Largeur du lit filtrant	32 m	39 m
Longueur du lit filtrant	30 cm	30 cm
Hauteur du lit	1 m	1 m
Débit journalier prévu	200	245
Revanche	30 m	30 m
Gabion d'alimentation	Galet 60/100 mm	
Couche filtrante	Sable alluvionnaire siliceux (0.25 < d10 < 0.40 mm ; CU ≤ 5)	
2Etanchéité	Argile + Membrane + Géotextile	
Pente	2 %	2 %
Végétaux	Phragmites	Phragmites
Densité de plantation	4 plantes/m ²	4 plantes/m ²
Nombre de roseaux à planté	7640	9304

IV.5 Analyse et choix de variante

IV.5.1 Analyse

IV.5.1.1 Domaine d'application

En 2013, la population des centres concernés était de 864 habitants. D'après ce qui précède, nos calculs ont été faits en commençant par l'an 2013 jusqu'à l'horizon 2028 où la population atteindra 1168 habitants. Avec une telle population on respecte bien le domaine d'application de ce système qui ne dépasse pas les 2000 hab et ceci pour les deux variantes proposées dans cette étude.

IV.5.1.2 Les contraintes géotechniques

Les données géotechniques conditionnent les caractéristiques des ouvrages qui seront implantés et le mode de réalisation de ceux-ci. En effet, 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. En effet, une étude de sol approfondie est nécessaire.

Dans notre cas d'étude et en se basant sur les informations que nous donnent les cartes géologique et hydrogéologique présentés dans le chapitre précédent, la région est caractérisée par la présence d'une nappe phréatique se trouvant dans un milieu karstique. Pour cette raison et pour éviter toute infiltration d'eau dans cette nappe, il est nécessaire d'utiliser des matériaux étanches dans la réalisation des bassins de traitement tel que l'argile, surtout qu'on a suffisamment de cette matière dans la région, la chose qui présente un avantage sur le volet économique. Ainsi, pour plus d'étanchéité, il sera mieux d'utiliser une géomembrane.

IV.5.1.3 Performance épuratoire

La sensibilité de la région nous oblige, pas seulement de respecter les normes de rejets à la sortie de la future STEP, mais aussi de faire un choix très sérieux concernant le type de filtres choisis ainsi que son nombre et son arrangement pour atteindre enfin un résultat de traitement qui atteint l'objectif visé dans une telle situation.

En se basant sur ce qui est dit dans la littérature, les filtres verticaux installés dans un premier étage donnent des bons résultats de traitement en comparaison avec des filtres horizontaux. En plus, l'addition d'un second étage composé de filtres horizontaux est le choix le plus répondu de nos jours, dans le but d'avoir un effluent ayant les caractéristiques qui permettent son rejet dans le milieu récepteur sans risques de contamination.

Notons cependant que le filtre planté de roseaux à écoulement horizontal ne peut recevoir que des eaux prétraitées, ou très peu chargées en matière en suspension. Cela permet d'éviter tout risque de colmatage du massif filtrant. Ce prétraitement est souvent réalisé dans une fosse toutes eaux ou par un filtre planté de roseaux à écoulement vertical placé en amont. C'est pourquoi ces filtres sont souvent utilisés en aval des filtres plantés de roseaux à écoulement vertical.

IV.5.1.4 Contraintes climatique

Les filtres plantés de roseaux ne sont, à priori, pas affectés par les climats froids dans la mesure où les températures ne sont pas extrêmes. Les systèmes verticaux supportent assez facilement les périodes de gel si leur conceptions intégrant des pentes de canalisation suffisantes afin d'éviter la stagnation d'eau qui pourrait geler et par conséquent bloquer l'aimantation ou endommager la tuyauterie. Le manque d'étude approfondie concernant la durée et l'importance des période de gel que peuvent supporter ces systèmes ne permet pas de déterminer l'incidence réelle du faucardage automnal et de sa potentialité d'isolation thermique qui constituerait un « matelas » protecteur un surface des filtres. Concernant les épisodes pluvieux, le système est capable d'absorber des variations de débits ponctuelles importantes.

Les filtres horizontaux quand à eux supportent sans problème des périodes de gel prolongées dans la mesure du possible, il est recommandé de laisser la végétation en place après la fauche d'automne. Tout comme la neige, le faucardage constitue un excellent isolant.

IV.5.1.5 La topographie et surfaces disponibles

L'écoulement de l'effluent devrait suivre la pente naturelle du terrain si les conditions le permettent. Pour une station à deux étages constituées de filtres verticaux, alimentée gravitairement, il faut pouvoir disposer 4 m minimum entre le point d'entrée des eaux usées et le point de rejet. Cependant, pour un filtre horizontal précédé d'un dégrilleur et d'un décanteur, il nous faut comme dénivelée 1 m minimum. Alors, les filtres verticaux auront besoin d'un dénivelé important, en comparaison avec des filtres horizontaux, la chose qui va poser une véritable contrainte dans un terrain plane comme celui de notre étude.

D'autre part, les calculs des superficies faites pour chaque variante montrent que les besoins en surface, en cas de station constituée seulement de filtres horizontaux, sont très importants alors que la deuxième variante contenant des filtres verticaux en série avec d'autre filtres horizontaux nécessitent une surface beaucoup moins grande.



Figure IV.9 : Site d'implantation de la future station d'épuration.

IV.5.1.6 Etude économique

Du point de vue des coûts d'investissement et des coûts d'exploitation, la réalisation d'un étage de filtres verticaux en série avec un étage de filtres horizontaux représente la variante la plus avantageuse. Ceci est dû principalement à la superficie occupée par les filtres plantés la chose qui va influencer principalement sur les coûts de terrassement, d'étanchéisation et du garnissage des bassins.

La détermination des coûts de réalisation de la future station d'épuration pour les deux variantes, est représentée dans les deux tableaux suivants.

Tableau IV.13 : Devis quantitatif et estimatif de la 1^{ère} première variante.

N°	DESIGNATION DES TRAVAUX	U	QTE	PU	TOTAL
1	Décapage et réglage de niveaux du terrain en toutes nature 30 cm de profondeur	M3	1752	700,00	1226400
2	Terrassement en terrain meuble mécanique et manuelle sur une profondeur et largeur selon le profil en long y compris étalage des paroi ,réglage et nettoyage du fond , nivellement, croisement et réparation des obstacle et toutes autre suggestion ,	M3	1752	2 500,00	4 380 000,00
3	Terrassement en terrain rocheux à l'aide d'un brise roche sur une profondeur et largeur selon le profil en long sur une pente environ de 2%	M3	4088	3 000,00	12 264 000,00
4	Evacuation des terres excédentaires à la charge publique sur un rayon de 02 km y compris remise à l'état initiale des lieux et toutes autre sujétion	M3	7592	400,00	3 036 800,00
5	mise en place d'un substrat filtrante en galet 60/100 d'une largeur égale à 0,5 m y compris réglage suivant la pente y compris toutes autre sujétion	M3	40	1 000,00	40 000,00
6	Fourniture et pose d'une couche d'argile y compris étalage compactage et toutes autre sujétion	M3	5840	150,00	876 000,00
7	Fourniture et pose d'une géo membrane avec une géotextile y compris soudage réglage et compactage sur toutes la surface du bassin couche d'argile y compris étalage compactage et toutes autre sujétion	M2	6212	4 000,00	24 848 000,00
8	Fourniture et pose d'un trop plein ou un regard de béton armé 350kg/m3 de longueur égale au largeur	U	1	70 000,00	70 000,00
9	Fourniture et pose de la substrat filtrantes en lit de sable selon Sable alluvionnaire siliceux (0.25 < d10 < 0.40 mm ; CU≤5) y compris réglage et toutes autre sujétion	M3	5548	1 000,00	5 548 000,00
10	Fourniture et pose une conduite d'alimentation Rampe horizontale, percée de trous de 1 cm tous les mètres, posée en surface du sable (100 mm dn int).en PVC 250 mm sur une longueur variable y compris soudage et toutes autre sujétion	ML	160	2 000,00	320 000,00
11	Fourniture et mis en place des roseaux	U	23260	150,00	3 489 000,00

12	Fourniture et pose des vanne guillotines à volant de sorie et d'entré y compris soudage et toutes autre sugétion	U	4	8 000,00	32 000,00
				MT HT	56 130 200,00
				TVA 17%	9 542 134,00
				MT TTC	65 672 334,00

Tableau IV.14 : Devis quantitatif et estimatif de la 2^{ème} deuxième variante

N°	DESIGNATION DES TRAVAUX	U	QTE	PU	TOTAL
1	Décapage et réglage de niveaux du terrain en toutes nature	M3	720,00	700,00	504 000,00
2	Terrassement en terrain meuble mécanique et manuelle sur une profondeur et largeur selon le profil en long y compris étalage des paroi ,réglage et nettoyage du fond , nivellement, croisement et réparation des obstacle et toutes autre sugetion ,	ML	1 680,00	2 500,00	4 200 000,00
3	Térrassement en terrain rocheux à l'aide d'un brise roche sur une profondeur et largeur selon le profil en long	M3	720,00	3 000,00	2 160 000,00
4	Evacuation des terres excédentaires à la charge publique sur un rayon de 02 km y compris remise à l'état initiale des lieux et toutes autre sugétion	M3	3 120,00	400,00	1 248 000,00
	Verticale				
5	Fourniture et mise en place de la substrat filtrantes de couche de 30 cm de gravier (2/8) y compris réglage de niveau et toutes autre sugétion	M3	432,00	150,00	64 800,00
6	Fourniture et mise en place des substrats filtrants de couche de 20 cm d'un gravier de (5/10) y compris réglage de niveau	M3	288,00	150,00	43 200,00
7	Fourniture et mise en place de couche de 20 cm de gravier (20/60) y compris réglage de niveau et toutes autre sujétion	U	288,00	200,00	57 600,00
8	Fourniture et pose de conduite d'alimentation en PVC (75 mm dn ext).au niveau des filtre y compris soudage , coude et toutes autre sujétion	ML	55,00	700,00	38 500,00

9	Fourniture et pose de conduite de répartition n en PVC (40 mm dn ext).au niveau des filtre y compris soudage , coude et toutes autre sujétion	ML	200,00	150,00	30 000,00
10	fourniture et pose d'une couche d'argile y compris étalage compactage et toutes autre sujétion	M3	900,00	150,00	135 000,00
11	fourniture et pose d'une Géo membrane PEHD 8/10ème, feutre anti poinçonnement dessous 150grs avec une géotextile y compris soudage réglage et compactage sur toutes la surface du bassin couche d'argile y compris étalage compactage et toutes autre sujétion	M2	1 440,00	4 000,00	5 760 000,00
11	Fourniture et pose des vanne guillotines à volant de sortie et d'entré y compris soudage et toutes autre sujétion	U	5,00	8 000,00	40 000,00
12	Mise en place d'un d'une plaque .anti fouillement en béton (0.75 m x 0.75 m) Y compris réglage suivant la profondeur selon le substrat filtrant y compris toutes autre sugétion	U	18,00	5 000,00	90 000,00
13	Mise en place d'un drains de récupération Type épandrain en PVC (100 mm dn ext). e	ML	440,00	300,00	132 000,00
14	mise en place Les tuyaux de ventilation PVC (160 mm dn ext), situés dans le filtre	U	75,00	2 000,00	150 000,00
	Horizontale				
15	fourniture et pose d'une Géo membrane PEHD 8/10ème, feutre anti poinçonnement dessous 150grs avec une géotextile y compris soudage réglage et compactage sur toutes la surface du bassin couche d'argile y compris étalage compactage et toutes autre sujétion	M2	900,00	4 000,00	3 600 000,00
16	fourniture et pose d'une couche d'argile y compris étalage compactage et toutes autre sujétion	M3	1 052,00	150,00	157 800,00

17	fourniture et pose de la substrat filtrantes en lit de sable selon Sable alluvionnaire siliceux (0.25 < d10 < 0.40 mm ; CU≤5) y compris réglage et toutes autre sujétion	M3	944,00	1 000,00	944 000,00	
18	fourniture et pose d'un trop plein ou un regard en béton armé 350kg/m3 de dimension variable suivant le débit entrant longueur égale à la largeur	U	2,00	70 000,00	140 000,00	
19	fourniture et pose une conduite d'alimentation Rampe horizontale, percée de trous de 1 cm tous les mètres, posée en surface du sable (100 mm dn int).en PVC 250 mm sur une longueur variable y compris soudage et toutes autre sujétion	U	56,00	2 000,00	112 000,00	
20	mise en place d'un substrat filtrante en galet 60/100 d'une largeur égale à 0,5 m y compris réglage suivant la pente y compris toute autre sujétion	U	16,00	1 000,00	16 000,00	
21	Fourniture et mis en place des roseaux	U	9 304,00	150,00	1 395 600,00	
					MT HT	21 018 500,00
					TVA 17%	3 573 145,00
					MT TTC	24 591 645,00

IV.5.2 Choix de la variante la plus adéquate

L'étude technico-économique que nous avons fait nous a permet de choisir un système hybride dans lequel on va associer, en série, trois filtres verticaux à deux autres filtres horizontaux en série.

En général, les filtres horizontaux nécessitent un prétraitement (dégrillage, dessablage, déshuilage) et une décantation, type décanteur simple, décanteur digesteur ou fosse septique toutes eaux. Seule la surface du filtre apporte l'aération utilisée dans ces installations

La présence des filtres verticaux en traitement primaire permet de réduire la teneur en matières en suspension, condition indispensable pour éviter un colmatage de la zone d'entrée et même un écoulement superficiel dans les filtres horizontaux.

Autre intérêt de ces systèmes est l'utilisation des filtres verticaux pour obtenir une bonne nitrification et les filtres horizontaux pour une dénitrification.

IV.6 Conception de la STEP

La filière de traitement se compose d'un décanteur, combiné à des filtres plantés à écoulement vertical et horizontal.

IV.6.1 Le Décanteur

Il y a deux sources d'eaux : celles des maisons du ksar à raison de 3.5 m³/jour, amenées gravitairement, et celles qui sont amenées par pompage placée dans la station de refoulement. Les deux se rencontrent dans un regard, puis s'écoulent gravitairement vers le décanteur celui-ci tient lieu de traitement primaire, avec un filtre à la sortie des eaux est une cheminée d'aération.

Cette fosse septique est composée de deux principales chambres avec une conduite de 400mm servant de passage entre les deux chambres. Un mur de 0.8 m de hauteur à été construit à l'entrée de la fosse afin freiner l'accélération d'écoulement de l'eau ensuite acheminées gravitairement vers le bassin d'épuration.

Les eaux traitées du bassin d'épuration se déversent dans un «trop plein», appeler boiter de contrôle reliait directement au réseau de drainage souterrain long de 468 mètres, répartis en 60 lignes avec une pente de 3/1000.



Figure IV.10 : Bassin de décantation de L'AS SEHB et OULED BOUNOIRE.



Figure IV.11: rejet finale du l'AS SEHB et OULED BOUNOIRE

IV.6.2 Dispositif d'alimentation du premier étage

La topographie conditionne l'implantation des ouvrages. Alors, l'écoulement de l'effluent devrait suivre la pente naturelle du terrain. Pour cela, nous avons choisis de réaliser un regard près du rejet. Ce regard sera muni d'un trop-plein et dimensionné d'une façon que le volume sorti soit égale au volume de bâchée déjà calculé.

IV.6.3 Les filtres plantés

IV.6.3.1 Etages et nombre de filtres

Lors d'une alimentation continue, un seul filtre par étage peut suffire. Cependant, à partir d'une surface supérieure à 500 m², le filtre est subdivisé en deux unités en parallèle, pour une meilleure répartition de l'effluent et une facilité d'entretien. (Agence de l'eau - 1999)

Alors, la filière se composera de deux étages de traitement composés de trois filtres en parallèle au premier étage et de deux au second. Grace à la présence du trop-plein, l'alimentation des filtres sera gravitaire, seulement, il faut pouvoir disposer de 4 m minimum entre le point d'entrée des eaux usées sur le site et le point de rejet vers le milieu naturel.

Chaque filtre vertical du premier étage reçoit la totalité de la charge pendant la phase d'alimentation, d'une durée de 1 jour, avant d'être mis au repos pendant une période de 8 jours. Ces phases d'alimentation et de repos sont fondamentales pour contrôler la croissance de la biomasse au sein des filtres, maintenir des conditions aérobies à l'intérieur des filtres et minéraliser le dépôt de matières organiques issu de la rétention des matières en suspension à la surface. L'effluent est dirigé vers un deuxième étage de traitement, composé de filtres horizontaux, pour affiner l'épuration particulièrement en ce qui concerne le traitement de l'azote.

Les surfaces nécessaires à chaque étage, doivent être adaptées en fonction du climat, du niveau de rejet requis et la charge hydraulique appliquée. Cette surface ainsi que les autres dimensions sont illustrés dans les tableaux n° IV.9 et IV.10.

IV.6.3.2 Alimentation

Le volume d'une bâchée est un compromis entre, d'une part, un temps de stockage limité pour éviter une fermentation anaérobie des eaux et, d'autre part, la possibilité de répartir convenablement un volume aussi faible que possible au regard de la célérité avec lequel le volume est apporté. En effet, nous avons proposé que la durée d'alimentation de chaque filtre vertical sera un jour et la durée de repos 8 jours pendant que les filtres horizontaux vont être alimentés en continu.

Le système de distribution doit permettre une immersion complète de la surface du filtre suite à une phase d'alimentation. Pour atteindre ce résultat, nous avons proposé l'utilisation un réseau de distribution superficielle en H, ceci est installé bien sur au niveau des filtres verticaux. Ce procédé a été régulièrement installé sur les premières stations.



Figure IV.11 : Alimentation en surface des filtres verticaux de la Station Saint Laurent (France).

Il présente l'avantage, de par son système gravitaire, de vider complètement la canalisation entre chaque vidange et permet une bonne répartition. Par contre il nécessite le démontage des rampes lors du curage du bassin (prévision 10 à 15 ans). Les canalisations doivent être en inox (absence de corrosion et résistance à l'UV), ce qui entraîne un surcoût.

Un système anti-affouillement sera prévu au niveau des diffuseurs ponctuels. Les plaques aluminium présentent l'avantage d'être plus légères, ce qui facilite l'entretien mais elles



Figure IV.12: Plaque anti-affouillement.

sont couteuses. Pour cette raison, nous avons choisi des plaques en béton.

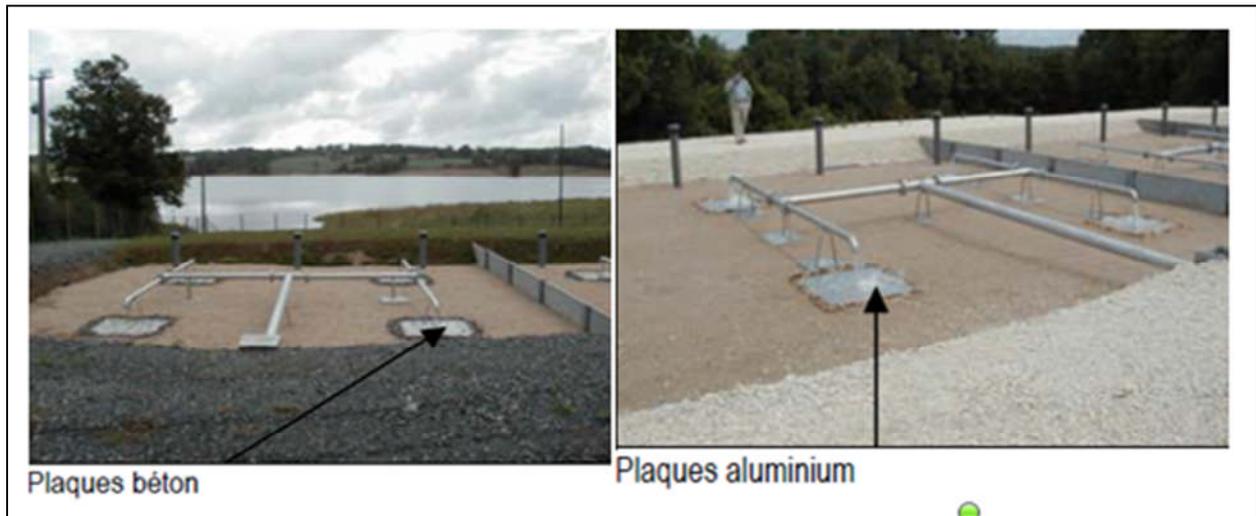


Figure IV.13: Différents types de plaque anti-affouillement.

L'alimentation séquentielle des filtres verticaux se fera par le trop-plein qui sera installé dans un regard avant l'étage de ces filtres. Ce dispositif devra assurer une alimentation complète pour éviter l'accumulation de matières en suspension.

Pour le second étage, le système de répartition sera des diffuseurs ponctuels installés le long de la largeur du gabion d'alimentation à l'entrée du filtre.

IV.6.3.3 Matériaux de garnissage

Le premier étage est constitué de plusieurs couches de graviers comme le montre le tableau ci-dessous :

Tableau IV.15 : Caractéristiques des différentes couches filtrantes pour un filtre vertical.

Couches	Type de matériau	Granulométrie	Epaisseur
Couche filtrante	gravier fin	de 2 à 8 mm	30 cm
Couches de transition	gravier grossier	de 5 à 10 mm	20 cm
Couche drainante	Galet	de 20 à 60 mm	20 cm

La couche active sera du gravier de 2 à 8 mm sur 30 cm. La couche inférieure sera du gravier de 10 à 20 mm sur une épaisseur de 20 cm et la couche drainante du gravier de 20 à 40 mm sur une épaisseur de 10 à 20 cm pour assurer le drainage.

Le deuxième étage est recouvert d'une épaisse couche de sables. Elle est constituée d'une épaisseur de 70 cm de sables alluvionnaire siliceux en ajoutant des galets à l'entrée de chaque

filtre dans la partie d'alimentation et ceci sur une longueur de 50 cm. Un lavage du matériau filtrant est obligatoire pour enlever les fines responsables du colmatage du filtre. De plus, il doit être roulé et non concassé. Les caractéristiques de ces matériaux sont montrées dans le tableau ci-dessous :

Tableau IV.16 : Caractéristiques des matériaux filtrant pour les filtres horizontaux.

Couches	Type de matériau	Granulométrie	Longueur
Couche filtrante	Sable alluvionnaire siliceux	$0.25 < d_{10} < 0.40$ mm ; $CU \leq 5$	-
Gabion d'alimentation	Galet	60 100 mm	50 cm

La qualité des matériaux est la condition majeure au bon fonctionnement des filtres (durée de vie et performances épuratoires). Les graviers et les sables utilisés doivent être roulés, lavés et siliceux. Un contrôle important et rigoureux doit être effectué, des tests granulométriques (contrôle du fuseau) doivent être réalisés à chaque livraison, voire même des tests de percolation en complément.

IV.6.3.4 Revanche

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.

IV.6.3.5 Etanchéité

L'étanchéité des bassins est très importante afin d'éviter la pollution de la nappe phréatique. Pour cette raison, nous allons utiliser de l'argile pour rendre nos bassins étanches. En plus de ça, une membrane est nécessaire et doit être doublée d'un géotextile pour éviter les poinçonnements.

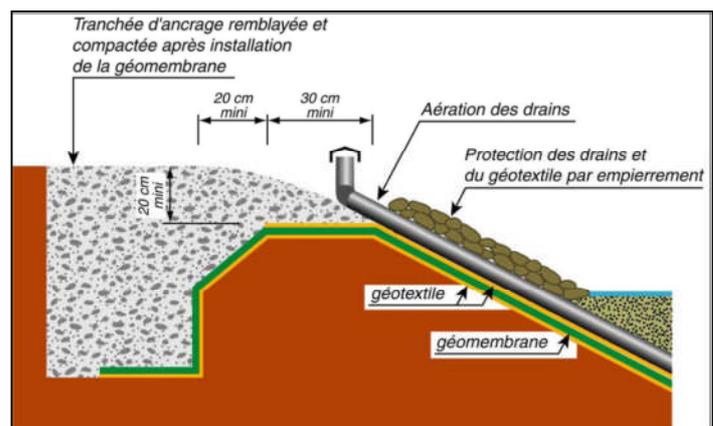


Figure VI.14 : L'emplacement de la géomembrane.

IV.6.3.6 L'évacuation et l'aération

a. Filtres verticaux

La collecte des eaux traitées en fonds des filtres verticaux est obtenue grâce à des drains d'un diamètre de 100 mm ayant des fentes de 5 mm de large. Ces derniers sont raccordés à un drain principal à l'extrémité du filtre lequel collecte la totalité des eaux traitées. Il assure l'évacuation des effluents vers le regard d'alimentation des filtres du second étage. Chaque drain est relié à une cheminée d'aération. Ces drains doivent être inspectables et curables.



Figure IV.15 : Ventilation.

Ainsi, les filtres verticaux supportent des périodes de gel à condition de prévoir la pente des canalisations suffisante pour éviter la stagnation d'eau laquelle pourrait geler et gêner l'alimentation mais aussi endommager la tuyauterie. Ainsi, le fond du filtre doit respecter une pente d'environ 1% ; la surface du filtre est plane.

b. Filtres horizontaux

Dans le cas de filtre horizontal, les dispositifs d'évacuation doivent permettre de caler la ligne d'eau dans le massif filtrant à partir de 5 cm sous le niveau du matériau de garnissage. Il conviendra d'ajuster le niveau de sortie selon les circonstances pour éviter des écoulements superficiels. A l'inverse, on s'assura que le niveau d'eau est compatible avec le développement des roseaux. Pour collecter l'effluent traité au niveau du gabion d'évacuation, des drains ayant un diamètre 100 mm vont être utilisés.

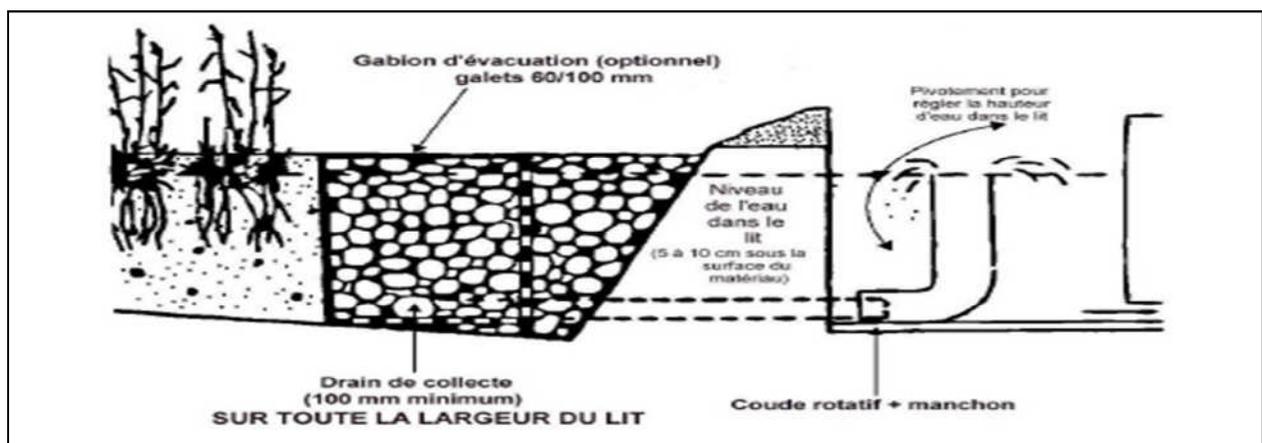


Figure IV.16 : Dispositif d'évacuation d'eau traitée à la sortie d'un filtre à flux horizontal.

(Groupe macrophytes et traitement des eaux, 2005).

IV.6.4 Plantation des roseaux

Plusieurs espèces des plantes peuvent être utilisées mais les roseaux de type Phragmites Australis, par leur résistance aux conditions rencontrées (longues périodes submergées du filtre puis période sèche, fort taux de matières organiques) et la rapide croissance du chevelu des racines et rhizomes sont l'espèce choisie pour l'utiliser dans notre cas d'étude.

Les plants doivent être replantés, avec leur motte de terre, entre mai et août. Il est également possible de les prélever, avec autorisation, dans le milieu naturel ; l'intérêt est ici d'avoir des plantes adaptées aux conditions climatiques locales. La densité de plantation est de 4 plants par m² environ. Leur multiplication peut être rapide, de l'ordre de 200/m² en 2 - 3 ans.

IV.6.4 L'évacuation des boues

L'évacuation des boues est réalisée tous les 10 à 15 ans. Ces boues sont fortement minéralisées et ne sont donc pas fermentescibles comme celles d'autres procédés. Leur évacuation peut être réalisée à l'aide d'une mini-pelle équipée d'un godet de curage de fossé avec une lame relativement tranchante. Les engins utilisés doivent pouvoir accéder à la périphérie des lits, ainsi, les rampes d'alimentation doivent pouvoir être démontées lors de cette opération

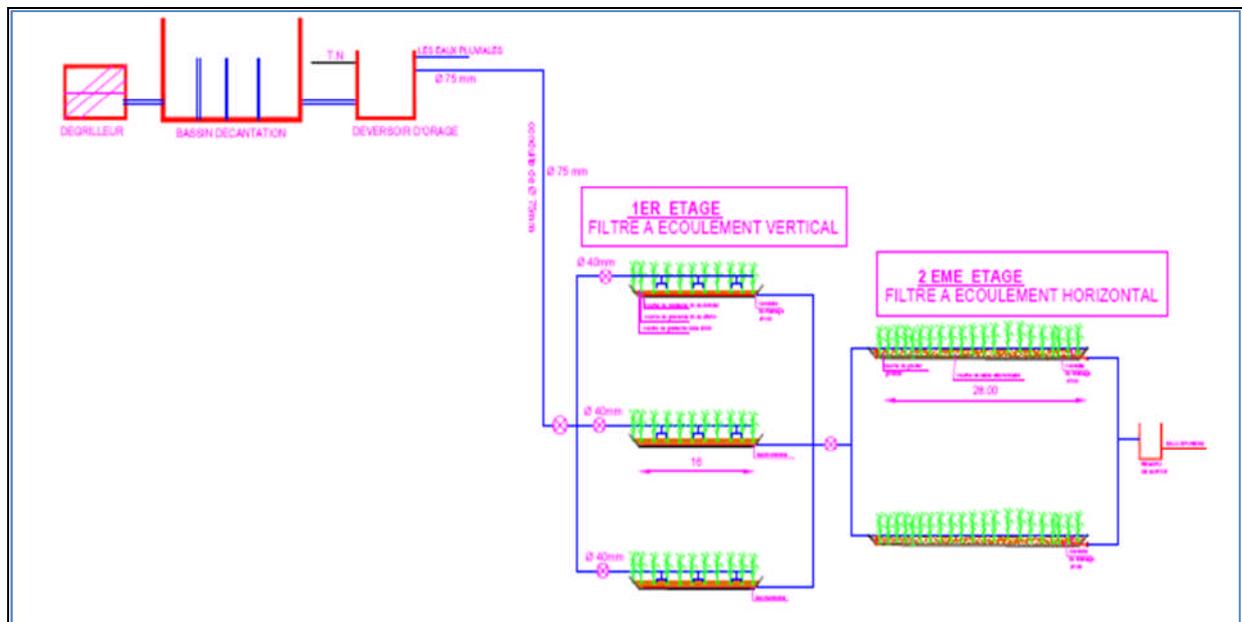


Figure IV.17 : schéma générale de la STEP

Conclusion

Un bon fonctionnement de la station d'épuration est généralement conditionné par la bonne réalisation des trois étapes clés :

- Une bonne conception
- Une bonne réalisation
- Une bonne exploitation et de gestion

La conception est déjà faite au cours de cette modeste étude et il ne reste que la réalisation de cette station pour résoudre les problèmes de pollution que causent les rejets d'eaux usées dans cette région.

Conclusion générale

Conclusion générale

L'épuration des eaux usées par les filtres plantés de macrophytes apparaît comme une technique incontournable pour le développement durable des stratégies d'assainissement.

Face aux avantages de la solution (fiabilité, faible coût d'entretien, gestion des boues simplifiées, odeurs contrôlées, résistance aux variations de charge et intégration paysagère), dans les années à venir ce pourcentage devrait continuer de croître fortement, d'autant que quasiment tous les acteurs du marché proposent dorénavant des filtres plantés de roseaux.

En Algérie l'épuration des eaux usées est limitée, on compte 67 stations dont 11 actuellement sont fonctionnelles [DHW, 2004]. La purification artificielle des eaux usées a montré sa complexité et ses exigences matérielles et humaine (haute technicité). De ce fait le mode purement naturel où les agents actifs dans le processus sont des macrophytes est de plus en plus utilisé. Plus écologique, rentrant dans le cadre du développement durable cette technique a beaucoup d'avantages : l'intervention de l'homme est très limitée et l'installation n'est pas trop coûteuse.

Pour la région de Terny et la forte perméabilité du sol (karst) qui amplifie le risque de pollution des ressources superficielles et souterraines il est exclu la réalisation d'une station d'épuration classique à boues activées. Ainsi la réalisation de la station d'épuration à filtres plantés à macrophytes s'avère être la solution idéale dans ce cas.

Dans ce mémoire, on a mis en évidence la simplicité et l'efficacité prouvée de ce procédé naturel. En générale, ce procédé d'épuration, de plus en plus utilisé notamment pour les petites communautés, possède 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 produit chimique.

Le cas d'étude choisi, qui est la zone sud de TERNY Sehb et Ouled Bounoire situé au sud de Terny, compte environ de 864 habitants. Le choix de cette zone à été fait dans le but de préserver les ressources superficielles de (Ghar Boumaaza) et souterraines (nappe phréatique et le forage Merchiche).

A cet effet nous avons étudié en premier lieu l'évolution démographique de la population puis la situation géologique et climatique des agglomérations secondaires de Sehb et Ouled Bounoir) se trouvant dans la région de Terny. Dans cette étude nous avons relevé que la

population de Sehb et Ouled Bounoir à long terme avoisinera les 1164 habitant en 2028, que c'est une zone en majeure partie composée de terrain rocheux et que son climat est continental, froid en hivers et chaude en été. Nous avons aussi relevé l'existence d'un bassin de décantation réalisé récemment qui assure le prétraitement des eaux usées des zones éparses de Terny.

Ceci permet de choisir un terrain situé en aval du bassin de décantation avec un dénivelé de 60m.

Par ailleurs, l'ensemble des effluents rejetés sont constitués d'eaux ménagères, d'eaux vannes et d'eaux agricoles en absence d'eaux industrielles.

Pour toutes ces raisons, nous avons choisi l'épuration par macrophytes. Nous avons étudié deux variantes. Après comparaison de celles-ci nous avons opté pour une station des eaux usées par des filtres plantés de roseaux hybride à écoulement vertical (03 étages) et horizontale (02 étages) pour l'horizon hybride 2028.

Le calcul des devis estimatif et quantitatif des deux variantes de la réalisation de la STEP nous a donné un coût brut de 24 591 645,00 DA pour la solution choisie.

Bibliographie

- [1]: **AERM** , juillet 2007, .procédé d'épuration des petites collectivités du bassin Rhin-Meuse.
- [2]: **Agence de l'Eau Seine-Normandie**, 1999, guides des procédés épuratoires intensifs proposés aux petites collectivités, Nanterre (France).
- [3]: **APC TERNY** , 2013, Assemblée Populaire Communale ,
- [4]: **Anonyme**, 2000, Questions sur l'eau Pollution et épuration de l'eau. INASEP Intercommunal Namuroise de Services Publics, , consulter sur :<http://www.ciger.be/inasep/chap1/inex.shtml>
- [5]: **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 et société d'ingénierie nature et technique, Ed Cemagref.
- [6]: **Arlon, Kone D**, 2002, épuration des eaux usées par le lagunage à microphytes et à macrophytes en Afrique de l'ouest et du centre : état des lieux, performances épuratoire et critère de dimensionnement, Thèse de doctorats Université Luxembourgeoise.
- [7]: **Ansoia G, Fernfindez C, Luis E**, 1995 , Removal of organic matter and nutrients from urban wastewater by using an experimental emergent aquatic macophyte system, faculty of biology, university of Leon, Spain, Elsevier ecological engineering.
- Ou** <http://www.sciencedirect.com>
- [8]: **Benslimane Med**, 2008, la problématique de l'eau dans l'aménagement des agro système steppique et oasiens de l'ouest Algérien: cas d'Ain Skhouna et Brezina, Thèse de doctorat en science hydraulique à Univ-Tlemcen
- [9]: **Bechac J.P., P. Boutin, B. Mercier et P. Nuer**, 1984, Traitement des eaux usées. Ed. Eyrolles, Paris..
- [10]: **Bouziati M**, 2000, L'eau de la pénurie aux maladies. Ed. Ibn Khaldoun., Oran,

Bibliographie

[11] :**Boeglin J. C**, article : J3942, Le traitement biologique des eaux résiduaires, Techniques de l'ingénieur,

[12]:**Branchu Ph, Rollin C, Grange D et all**, 2007,traitement de surverses des roseaux unitaires par temps de pluie expérimentation à l'échelle du pilote par filtres verticaux planté de roseaux Ed Novatech,.

[13]: **Chakroune Abdelhamid**, 2013, Etude et conception d'une station d'épuration par lits de roseaux pour de petites agglomération cas de Fraouna(commune de Terny)diplôme master e hydraulique TTE université Tlemcen,.

[14]: **Charte de l'environnement**; 2010, la station d'épuration des eaux usées à lits plantés de roseaux : la Rhizosphère., une technologie écologique et performante. Disposer d'un système maîtrisé de traitement et de rejet des eaux usées en milieu naturel Charte de l'environnement.

[15]: **CEMAGREF** , Février 2007,conception et exécution d'installations d'épuration d'eau usées.

[16]: **Chaib J ; Steenhoute C ; Thorez P**, 2002, connaitre pour agir, publication de l'agence régionale de l'environnement de Haute-Normandie,

[17] : **Cabanes F**, 2006, déphosphoration des effluents, précipitation et valorisation du phosphore CIRIMAT – ENSIACET, Thèse de doctorats Toulouse institut national polytechnique,

[18]: **Dos Santos S ; Aube T**, septembre 2008, .évaluation in situ des performances de la phytoépuration adapté à l'assainissement individuel, Universités de Pau et de Perpignan.

[19]: **Durrant A E; Scrimshaw M D; Stratful i et al** Review of the feasibility of recovering phosphate from wastewater for use as a raw material by the phosphate industry, Journal of Environmental Technology,1999.

[20] : **Derkaoui Houari**, 2011, étude et simulation du traitement des eaux usées par procédé membranaires en anaérobie, thèse de master université Tlemcen .

[21]: **DRE**, Janvier ,2013, .Rapport du MTH de la DRE wilaya de Tlemcen,

[22]: **Daloz Alexandre**, 26 janvier 2007, L'épuration des eaux usées par les filtres plantés, Mémoirede l' Ecole Nationale Supérieure d'Architecture de Lyon Formation continue au développement durable et équitable,.

Bibliographie

[23]: **Guide, Commission Européenne**, 2001, Procédés extensifs d'épuration des eaux usées adaptés aux petites et moyennes collectivités Luxembourg, Office des publications officielles des Communautés européennes et Office International de l'Eau,

[24]: **Groupe français 'macrophytes et traitement des eaux**, 2005, Epuration des eaux usées domestiques par filtres plantés de macrophytes, recommandations techniques pour la conception et la réalisation.

[25] **GAID A.**, 1984, Epuration biologique des eaux usées urbaines », Tome I et Tome II, Ed. Office des publications universitaires.

[26]: **Grison**, 1999, .épuration des eaux uses par des filters plantés de macrophytes, étude bibliographie agence de l'eau Rhone Méditerranée et Corse ,

[27]: **Groupe macrophytes et traitement des eaux**, 2005, épuration des eaux usées domestiques par filtres plantés de macrophytes, recommandation techniques pour la conception et la réalisation version N0 1.

[28]: **Hamza Cherif Choukri Seyf El Islam**, 2010,.épuration des eaux usées par les macrophytes , mémoire de magister en hydraulique option mobilisation et protection des ressources en eaux Université Tlemcen.

[29]: **Hans Brix**, 1987., treatment of wastewater in the rhizosphere of wetland plants-the root-zone method, botanical insitue , university of Arhus Risikov Denmark, IAWPRC ,

[30]: **Harberl R , Perfler R, Mayer H** , 1995., constructed wetlands in Europe ,Pergamon, vol 32,

[31]: **Hassam S**, 2009,.projet de master en automatique, analyse et simulation d'un modèle de traitement de l'eau.

[32]: **Hiroomi Imamoto , Kenji Horiya ,Mitsuo Yamasaki Izumi Washitani**, 2006, An experimental system to study ecophysiological responses of submerged macrophytes to temperature and light. The Ecological society of Japan

[33]: **Inter Environnement Wallonie (IEW)**, Décembre 2007, les techniques extensives d'épuration des eaux usées domestique,

Bibliographie

[34]: **J.B. Poulet, A.Terfous, S.Dap et A. Ghenaim Insa** ; Juin 2004., Stations D'épuration A Lits filtrants plantes de macrophytes Strasbourg.

[35] : **Lienard A., Esser D., Houdoy D. ; Sabalcagaray P**, 2003 Conception et performances des filtres plantés de roseaux pour le traitement des eaux de lavage de salles de traite.

[36]: **L'OMS**, 1989, (organisation mondiale de la santé), l'utilisation des eaux usées en agriculture et en aquiculture recommandation à visées sanitaires, série de rapports techniques 778, Genève,

[37]: **L'OMS**, 1973, (organisation mondiale de la santé), la réutilisation des l'effluents : méthode de traitement des eaux usées et mesures de protection sanitaire, série de rapports techniques 517, Genève,.

[39]: **Michel A. Morel**, 1993 à 1995, .le lagunage à macrophytes, une technique permettant l'épuration des eaux usées pour son recyclage et de multiples valorisations de la biomasse,

[40]: **Moreno Graus, Garcla Sfinchez A Moreno-Clavel J** , 1996, Mathematical model for waste water stabilization ponds with macrophytes and microphytes- ELSEVIER ecological modeling

[41]: **Mara D, Duncan D**, 2004, Domestic wastewater treatment in developing countries-London Sterling, first published by earth scan in the UK and USA.

[42]: **Olivier A, Catherine B, Philippe D, Cécile L, Abdel L, Alain L, Dominique O**, 1997, document sur Filières d'épuration adaptées aux petites collectivités, Cemagref groupement de Lyon en collaboration avec Centre scientifique et technique du bâtiment Centre de recherche de Marne-la-Vallée, France,

[43] **Olivier Alexandre, Catherine Boutin, Philippe Duchène, Cécile Lagrange, Abdel Lakel, Alain Liénard, Dominique Orditz Cemagref**, 2000, Groupement de Lyon Centre scientifique et technique du bâtiment, FNDAE n°22 Document Filières d'épuration adaptées aux petites collectivités technique ,Centre de recherche de Marne-la-Vallée,Centre Ministère de l'Agriculture et de la Pêche .

[44]: **ONA Alger**, 2011, Rapport Intervenant: Amar Chouikh Directeur central de l'exploitation et de la maintenance à l'ONA, STEP de N'Goussa une station 100% verte.

[45]: **Office International de l'Eau CNIDE , CNFME LIMOGES ,OIEAU**, Juin 2008.Bilan de fonctionnement des procédés de traitement des eaux usées pour les stations d'épuration de

Bibliographie

petite capacité du bassin Loire-Bretagne

[46]: **Rapport**, décembre 2008, Recycler les eaux usées guide pratique pour la construction et la rénovation durable de petits bâtiments recommandation pratique,.

[47]: **Rodrigue N**, 2005, station d'épuration des eaux usées. Mémoire du Master 2ème année en économie conseil et gestion publique plan marketing et stratégies d'influence du projet

[48]: **Saggaï Mohamed Mounir**, 02 /11/2004., Contribution à l'étude d'un système d'épuration à plantes Macrophytes pour les eaux usées de La Ville de Ouargla , Mémoire Présenté pour l'obtention du diplôme de Magister agronomie Saharienne, Université Ourgla.

[49] : **(SQAE) Société Québécoise D'assainissement Des Eaux**, Janvier 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

[50] : **Satin M. & Selmi B.**, 1999, « Guide technique de l'assainissement », Ed. Moniteur, Paris - France.

[51]: **Shuh-Ren Jing, Ying-Feng Lin, Tze-Wen Wang et all**; j.2002, microcosm Wetlands for wasterwater treatement with different hydraulic loading Rates and macrophytes-Wetlands and aquatic processes-published

[52]:. **Slimani R.**, 2003, Contribution à l'étude hygiénique des caractères physicochimiques et bactériologique des eaux usées de la cuvette de Ouargla et leurs Impacts sur la nappe phréatique. Mém. Ing. Université de Ouargla.

[53]: **Tigyene 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 n01,

[54]: **Takashi A ,Franklin L B, Harold L L et all**, 2007, water reus, Issues technologies and applications of California, Metcalf and Eddy ,AECOM.,

[55]: **TAAMIR Berkani Boumediene**, 2013, Bureau D'études D'architecture Et D'urbanisme plan directeur d'aménagement et d'urbanisme de la commune de Terny , 2ème Phase, DUC de la wilaya de Tlemcen ,

Bibliographie

[56]: **UR MALY, P Molle**, Janvier 2012, Déphosphatation des eaux usées par filtres plantés garnis de phosphorites centre de Lyon Irstea.

[57]: **Victor Alcaraz G**, 30 octobre 2001, estimation et commande robuste non-linéaires des procédés biologiques de dépollution des eaux usées : application à la digestion anaérobie Doctorat de l'université de Perpignan,

[58]: **Vymazal j, Nichola, Durham**, 2005, .Horizontal sub-surface flow and hybrid constructed wetlands systems for wastewater treatment, USA, Elsevier Ecological Engineering Science-Direct.

[59]: **Van Cuyk S, Siegrist RL, Lowe K et all**, 2004, evaluating Microbial purification during soil treatment of wastewater with multicomponent tracer and surrogate-tests Vadose zone processes and chemical transport-Havery

[60] **V.Leroy, J-B.**, 1994 , la pollution des eaux, définition, origines. Conséquences, traitement de la pollution : quelques pistes de réflexion.PUF.

[61]: http://www.feve-vendee.org/articles/gestes_quotidiens/rhizosphere.htm

[62]: <http://www.Prolifération-des-plantes-aquatiques--envahissantes-sur-le-fleuve-Niger-etat-des-lieux-de-la-pollu9polifératio>

[63]: <http://www.univers-nature.com/habitat-sain/assainissement-filtre-a-roseaux-particuliers.html>

[64]: http://www.saskatoon.ca/org/water_treatment/wastewater_treatment/ww_process.asp.
Saskatoon.wastewater

[65]: <http://www.cartelau.org/> épuration des usées, rubrique guide des services pour le traitement des usées, 30 Avril 2011.

[66] <http://www.h20-asst voila.net/>

[67] <http://www.gue.univers.reunion.fr>

[68]: http://www.eldjazaircom.dz/index.php?id_rubrique=292&id_article=2646
, http://archives.tsa-algerie.com/divers/algerie-sur-les-300-stations-d-epuration-seules-36-sont-fonctionnelles_4704.html

[69]: <http://fr.wikipedia.org/wiki/Macrophyte>.

[70]: http://www.wikiwater.fr/a20-les-filtres-plantes-de.html#outil_sommaire

**TABLEAU II.1/ Diagnostique Générale de STEP au niveau de la wilaya
Carte**

N°	COMMUNE	REJET	LOCALITE	NOMBR E HAB	IMPACT	MILIEU RECEPTEUR
01	HENNAYA	- Rejet mille la gare - Rejet 240 logts - Rejet Ben M'Hidi	Hennaya Est	-2000 -1680 -1200	protection de oued sidi kanoune -interdiction de l'irrigation par les eaux usées	Oued Sidi Kanoun
02	SEBDOU	Rejet Belhadji Boucif	-Aricha	-2000	- Protection Daya EL Ferd - Protection des parcelles irriguées	Dayet El Ferd
03	BENI SNOUS	-Sidi larbi -Zahra	Beni Snous Azail	-1000 2468	Protection barrage B/ Bahdel	Oued el khemis
04	SIDI DJILALI	Rejet Abed		-2000	Protection de l'environnement	l'irrigation des périmètre
5	MARSA BEN M'HIDI	M'sirda fouaga Chaib rasso	2000 500		Protection des sources	
6	OULED MIMOUNE	Rejet Ain Nekrouf Rejet O/ salah Rejet Sidi Safi Ramla	-Ain Nehala -O/ mimoune	-200 - 900 -900 3000	Protection barrage Sidi Abdelli	Chaabet Sidi Abdelli
7	CHETOUANE	Ouzidane Centre ouchba Ghnaina	Ouzidane	200 1200 2000	Protection barrage Sikkak	Oued Sikak
8	SABRA	Néant				
9	REMCHI	Beni khellad	Honaine		Protection source	
10	BAB EL ASSA	Néant				
11	MANOURAH	Rejet sehb et o/ bounoir Rejet Feraouna Boudjmil	Localité Sehb Localité Feraouna		-Protection barrage Mefrouche -Protection de la nappe phréatique de Terny (forage Merchiche +Ghar Boumaza	Oued Enachef et oued
12	MAGHNIA	-Btaim -Chbikia -Akid Lotfi -Akid Abbes Localité	-Btaim -Chbikia -Akid Lotfi -Akid Abbes	4514 1714 2099 2014	Protection de Barrage Mefrouch	-Oued Mouillah - Oued el Mhaguine
13	TLEMCEN	Néant				
14	GHAZAOUET	Rejet De Tient	- Tient	2500	Protection de l'environnement	Oued Tient
15	NEDROMA	Néant				
16	BENSEKRAN E	Néant				
17	FILLAUCEN E	Néant				
18	BENI BOUSSAID	Néant				

☞ Les différentes technologies d'alimentation et de répartition

*Alimentation aérienne,
répartition en « H »*



Source : STA 43

*Alimentation par débordement simple, via un
réseau souterrain « puits artésien »*



Source : SATESE 37

*Alimentation par débordement
« clos de cygne », via un réseau souterrain*



Source : STA 43

Alimentation par drains, posés au sol



Source : SATESE 72

*Alimentation par réseau aérien
perforé dans sa longueur*



Source : SATESE 37

Résumé

Les zones éparses Sehb et Ouled Bounoire, localisée au Sud de Terny, rejetait, jusqu'à 2013, 864 m³/j d'eaux usées dans la nature, à travers des fosses septiques non contrôlées et/ou des rejets sauvages.

Ces eaux usées, déversées de façon anarchique dans la nature présentent un danger permanent pour les habitants et la nature (Nappe phréatique, forage de Merchiche, Ghar Boumaaza, ..., etc.).

Durant ces dernières années la Direction des ressources en eau (DRE) de Tlemcen a réalisé un réseau d'assainissement et un bassin de décantation qui déverse en aval des localités éparses Sehb et Ouled Bounoire. Les analyses des eaux rejetées à travers le bassin de décantation, ont révélé que celles-ci ne répondaient pas aux normes.

Dans ce mémoire, nous avons présenté l'étude, la conception, le dimensionnement et l'évaluation du coût du projet de réalisation d'une STEP équipé de filtres plantée de roseaux pour épurer les eaux usées de ces zones et protéger ainsi l'environnement dans cette région

Abstract

Sparse area SEHB and Ouled Bounoire, located south of Terny, rejected, until recently in 2013, 864 m³ / d of wastewater in nature, through septic uncontrolled and / or illegal dumping.

These wastewater dumped haphazardly in nature have a permanent danger for people and nature (Groundwater, drilling Merchiche, Ghar Boumaaza, .. etc..).

Lately ERD Tlemcen achieved sewerage and a settling basin that discharges downstream scattered SEHB and Ouled Bounoire locations. The analyzes of the water discharged through the settling basin, revealed that these standards are met. In this paper, we presented the study, design, sizing and costing of the project to build a STEP planted with reeds to purify water rejection and protect the sparse area SEHB and Ouled Bounoire.

ملخص

المناطق النائية سهب واولاد بونوار الواقعة بترني ترمي في الوقت الحالي 2013 ما مقداره 864 م³/يوميا من مياه الصرف الصحي مباشرة في الطبيعة او في مطامر جوفية غير مراقبة او على شكل مصبات مشوهة للطبيعة.

هذه المياه القدرة والمروية بغير انتظام في الطبيعة تشكل خطر دائم على السكان والطبيعة (المياه الجوفية ما فيها نخب مرشيش و غار بو معزة .. الخ).

مؤخرا قامت مديرية الموارد المائية لولاية تلمسان على انجاز شبكة الصرف الصحي اضافة الى مجمع للترسيب الذي يرمي حاليا بالحد السفلي للمنطقتين سهب واولاد بونوار التحاليل لهذه المياه القدرة المترسبة اثبتت انها لا تتناسب مع مقاييس المياه المرماة.

من خلال هذه المذكرة قمنا بتقديم دراسة شاملة تصميم و تقدير لانجاز محطة تصفية با استخدام النباتات (القصب) لتصفية المياه المرماة و المحافظة على هذه المناطق سهب واولاد بونوار.