

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية  
République Algérienne Démocratique et Populaire  
وزارة التعليم العالي و البحث العلمي  
Ministère de l'Enseignement Supérieur de la Recherche Scientifique  
جامعة ابو بكر بلقايد - تلمسان -  
Université Abou Bekr Belkaid-Tlemcen



Faculté de Technologie  
Département d'Hydraulique

Mémoire de fin d'étude en vue d'obtention du  
Diplôme de Master en Hydraulique  
Option : Technologie de Traitement des Eaux

Thème

Etude de faisabilité d'une STEP par filtre planté de roseaux  
des eaux usées de l'agglomération secondaire de Béni  
Ghazli— Commune d'Oued Lakhdar

Soutenu le : 26/01/2017

Par

M<sup>me</sup> SADIK Zoulikha Manel

Devant les membres du Jury :

M<sup>r</sup>.Mohammed Zakaria DEBBAL

Président

M<sup>r</sup>. Mohammed ADJIM

Examineur

M<sup>r</sup>.Abdesselam MEGNOUNIF

Examineur

M<sup>r</sup>.Abdelhalim BENMANSOUR

Encadreur

M<sup>me</sup>.Touria MEDJDOUB

Co-encadreur

Année universitaire : 2015 – 2016

## Résumé

Dans ce travail nous tenons à proposer une technique d'épuration à base des filtres plantés et faire une étude, conception et dimensionnement d'une station d'épuration pour traiter les eaux usées de l'agglomération secondaire de Béni Ghazli (Commune d'Oued Lakhdar) qui sont rejetées à travers des fosses septiques non contrôlées ou des rejets sauvages.

Dans ce but, nous avons procédé à l'étude du milieu physique de la zone choisie, des données de base de dimensionnement, et les variantes de station d'épuration permettant le meilleur traitement des eaux usées de cette localité.

Enfin, comme choix le plus adéquat, nous avons opté pour l'épuration par filtres plantés de roseaux à deux étages (Filtres verticaux suivis de filtres horizontaux).

**Mots-clés :** Béni Ghazli, station d'épuration, milieu physique, filtres plantés de roseaux.

## ملخص

في هذا العمل قمنا باقتراح ودراسة وتصميم محطة تصفية المياه القذرة للتكتل الثانوي بني غزلي (بلدية وادي لخضر) باستعمال المرشحات المزروعة التي ترمى في مطامر جوفية غير مراقبة أو على شكل مصبات مشوهة للطبيعة. من أجل ذلك قمنا بدراسة الوسط الفيزيائي للمنطقة والمعطيات الأساسية و مختلف الحلول العلمية الممكنة للاعتماد عليها لمعالجة تلوث المياه في هذه المنطقة.

توصلنا في النهاية إلى أن تقنية التطهير باستخدام نباتات القصب بطابقين ( المرشحات العمودية تليها المرشحات الأفقية) هي الطريقة الأفضل و الأنسب.

**الكلمات المفتاحية :** بني غزلي ، محطة التطهير ، الوسط الفيزيائي ، التطهير باستخدام نباتات القصب.

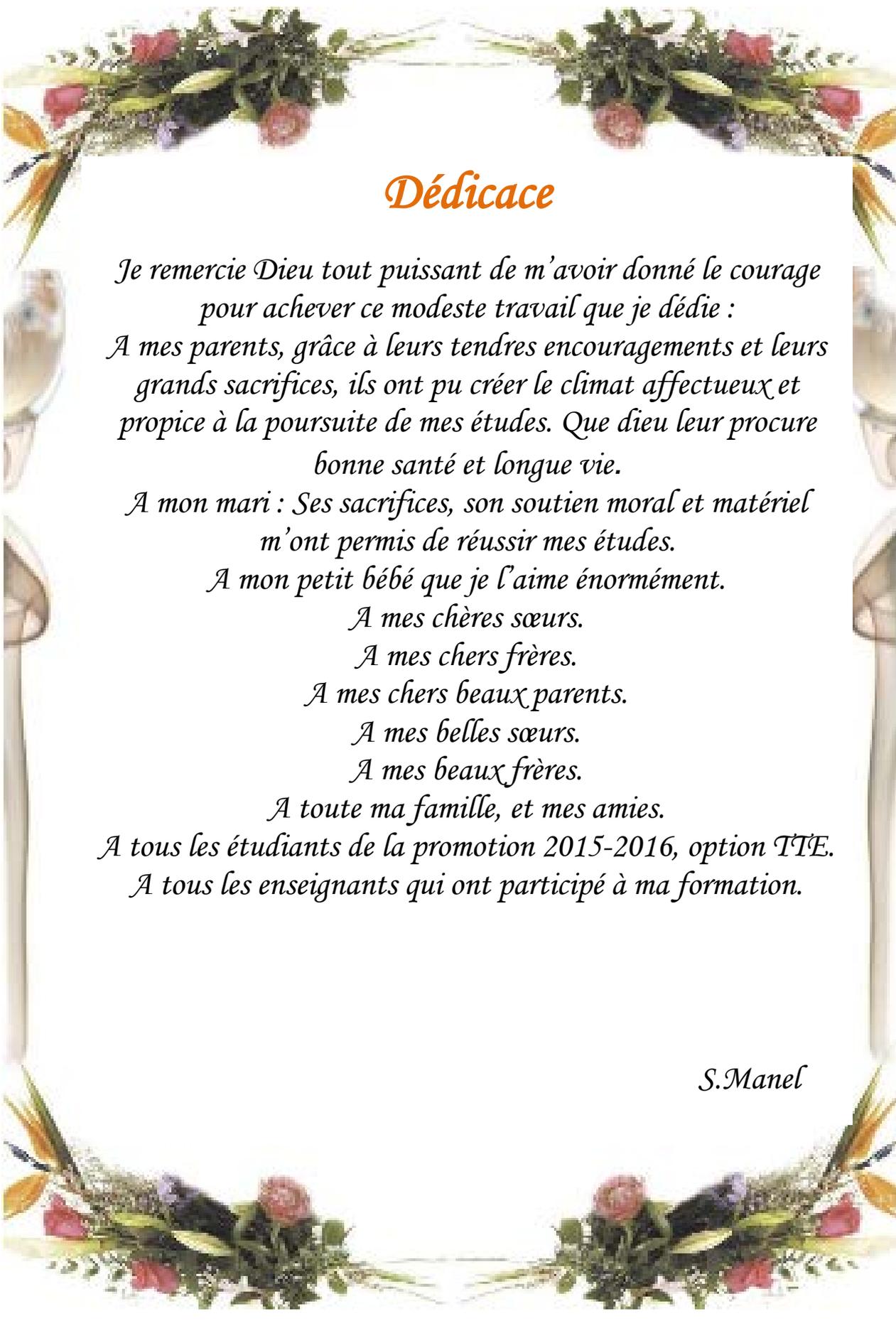
## Abstract

In this dissertation we propose a technique of purification based on filters planted and a study, design and sizing of a treatment plant to treat wastewater from secondary agglomeration of Beni Ghazli (Oued Lakhdar municipality) that are rejected through uncontrolled septic tanks and illegal discharge.

For this aim, we proceeded to the study of the physical environment of the area chosen, sizing database, and the treatment plant variants for the best sewage treatment of this locality.

Finally, for the most adequate choice we have opted for the purification by filters planted with reeds in two stages (vertical filters followed by horizontal filters).

**Keywords:** Beni Ghazli, water treatment plant, physical environment, Filter planted with reeds.



## *Dédicace*

*Je remercie Dieu tout puissant de m'avoir donné le courage  
pour achever ce modeste travail que je dédie :*

*A mes parents, grâce à leurs tendres encouragements et leurs  
grands sacrifices, ils ont pu créer le climat affectueux et  
propice à la poursuite de mes études. Que dieu leur procure  
bonne santé et longue vie.*

*A mon mari : Ses sacrifices, son soutien moral et matériel  
m'ont permis de réussir mes études.*

*A mon petit bébé que je l'aime énormément.*

*A mes chères sœurs.*

*A mes chers frères.*

*A mes chers beaux parents.*

*A mes belles sœurs.*

*A mes beaux frères.*

*A toute ma famille, et mes amies.*

*A tous les étudiants de la promotion 2015-2016, option TTE.*

*A tous les enseignants qui ont participé à ma formation.*

*S. Manel*

## *Remerciements*

*Je remercie en premier lieu, Dieu le tout puissant de m'avoir permis de mener à bien et d'achever ce modeste travail.*

*Mes remerciements les plus vifs et ma gratitude vont à mon encadreur Professeur Abdelhalim BENMANSOUR et mon Co-encadreur Touria MEDJDOUB. Je tiens à les remercier infiniment pour leur patience, leurs aides, leurs orientations et leurs conseils très précieux.*

*J'adresse également ma gratitude et mes remerciements à monsieur Mohammed Zakaria DEBBAL, qui m'a fait l'honneur de présider le jury.*

*Mes vifs remerciements sont adressés au Professeur Mohammed ADJIM et Docteur Abdesselam MEGNOUNIF, pour l'intérêt qu'ils ont bien voulu porter à ce travail en acceptant de l'examiner et de participer d'examen.*

*Aussi, je remercie l'ensemble des personnes qui m'ont aidé de prêt ou de loin à réaliser ce travail.*

# Table des matières

Résumé	i
Dédicace	ii
Remerciement	iii
Table des matières	iv
Abréviations	viii
Liste des figures	ix
Liste des tableaux	xi
<b>Introduction générale</b> .....	1
<b>Chapitre I : Présentation de la zone d'étude</b>	
1. Introduction.....	3
2. Description du milieu.....	3
2.1. Aperçu historique de la commune d'Oued Lakhdar.....	3
2.2. Situation géographique.....	3
2.3. Relief et topographie.....	4
2.4. Climatologie.....	6
2.4.1. Pluviométrie.....	6
2.4.2. Température.....	7
2.4.3. Régime des vents.....	8
2.5. Géologie.....	9
2.6. Hydrogéologie/ Hydrologie.....	11
2.7. Population- démographie.....	14
3. Infrastructures hydraulique .....	15
3.1. Le potentiel hydrique.....	15
3.2. Situation de l'assainissement existant.....	16
4. Conclusion.....	17
<b>Chapitre II : Notions sur les eaux usées et leur épuration</b>	
1. Introduction.....	18
2. Les différents types des eaux usées.....	18
2.1. Eaux usées domestiques.....	18
2.2. Eaux usées industrielles.....	18
2.3. Eaux de pluie.....	18
3. Les systèmes d'évacuation des eaux usées.....	19
3.1. Le système collectif.....	19

3.1.1.	Le système unitaire.....	19
3.1.2.	Le système séparatif.....	19
3.1.3.	Le système pseudo-séparatif.....	19
3.2.	Système autonome.....	19
3.3.	Les systèmes mixtes.....	20
4.	Techniques d'épuration des eaux usées.....	20
4.1.	Les procédés biologiques intensifs.....	20
4.1.1.	Techniques intensives à culture fixe.....	22
4.1.2.	Techniques intensives à culture libre.....	22
4.1.3.	Avantages et inconvénients.....	23
4.2.	Techniques extensifs.....	24
4.2.1.	Le lagunage.....	24
4.2.1.1.	Principe.....	24
4.2.1.2.	Les différents types de lagunages.....	24
4.2.2.	Infiltration –percolation sur sable.....	25
4.3.	Traitement des boues.....	26
5.	Choix des procédés d'épuration.....	26
6.	Conclusion.....	27

### **Chapitre III : Epuration par filtre plantés de roseaux**

1.	Introduction.....	28
2.	Historique.....	28
3.	Définition des filtres plantés de roseaux.....	28
4.	Rôle des micro-organismes.....	30
5.	Les mécanismes d'élimination et les performances épuratoires.....	30
6.	Types des filtres plantés.....	30
6.1.	Filtre planté à écoulement horizontal.....	31
6.1.1.	Principe.....	31
6.1.2.	Domaine d'application.....	31
6.1.3.	Le fonctionnement.....	31
6.1.4.	Performances.....	32
6.1.5.	Avantages et inconvénients.....	32
6.2.	Filtre planté à écoulement vertical.....	33
6.2.1.	Principe.....	34
6.2.2.	Domaine d'application.....	34
6.2.3.	Le fonctionnement.....	34
6.2.4.	Performances.....	34
6.2.5.	Avantages et inconvénients.....	35
6.3.	Système hybride.....	35
7.	Récapitulatif.....	36
8.	Rôle du matériau de remplissage.....	36
9.	Conclusion.....	37

## Chapitre IV : Etude technico-économique de la STEP proposée à Béni Ghazli

1.	Introduction.....	38
2.	Présentation des variantes.....	38
3.	Données de base de dimensionnement.....	41
	3.1. Calculs des débits.....	41
	3.2. Analyse des rejets.....	42
	3.2.1. Paramètres physico-chimiques.....	42
	3.2.1.1. Les matières en suspension (MES).....	42
	3.2.1.2. Le pH.....	42
	3.2.1.3. La demande biochimique en oxygène (DBO <sub>5</sub> ).....	42
	3.2.1.4. La demande chimique en oxygène (DCO).....	42
	3.2.1.5. La température.....	42
	3.2.1.6. Carbone organique total (COT).....	43
	3.2.1.7. La conductivité.....	43
	3.2.2. Paramètres bactériologiques.....	43
	3.2.3. Prélèvement des échantillons.....	43
	3.2.4. Résultats d'analyses.....	43
	3.2.5. Les normes Algériennes de rejet d'effluents.....	44
4.	Conception de la STEP.....	45
5.	Dimensionnement des ouvrages de la STEP.....	46
	5.1. Dimensionnement de la variante hybride.....	46
	5.1.1. Le dégrillage.....	46
	5.1.2. Dimensionnement des filtres verticaux.....	47
	5.1.3. Dimensionnement des filtres horizontaux.....	50
	5.2. Dimensionnement de la variante bassin de décanation + filtres horizontaux.....	53
	5.2.1. Prétraitement.....	53
	5.2.1.1. Dégrillage.....	53
	5.2.1.2. Dessablage.....	54
	5.2.1.3. Déshuilage –dégraissage.....	54
	5.2.2. Calcul du décanteur.....	55
	5.2.3. Dimensionnement des filtres horizontaux.....	56
6.	Choix de la variante la plus adéquate.....	57
	6.1. Contraintes du choix.....	57
	6.1.1. Surface disponible.....	57
	6.1.2. Type d'eau à traiter.....	58
	6.1.3. Contrainte géotechnique.....	59
	6.1.4. Contrainte climatique.....	59
	6.1.5. Topographie.....	59
	6.1.6. Etude économique.....	60

---

6.2. Sélection de la variante adéquate.....	63
7. Conclusion.....	65
<b>Conclusion générale</b> .....	66
<b>Bibliographie</b>	68
<b>Webographie</b>	71
<b>Annexes</b>	
Annexe A	72
Préconisation d'exploitation des filtres plantés de roseaux	
Annexe B	74
Liste de végétaux qui peuvent être utilisés dans des systèmes de filtres plantés pour l'épuration des eaux usées	

## *Abréviations*

- DRE : Direction des ressources en eau
- MES : Matière en suspension
- U.V : Rayonnement ultraviolet
- FP<sub>h</sub> : Filtre planté à écoulement horizontal
- FP<sub>v</sub> : Filtre planté à écoulement vertical
- EH : Equivalent habitant
- hab : Habitant
- DBO<sub>5</sub> : Demande biochimique en oxygène pendant 5 jours
- DCO : Demande chimique en oxygène
- NTK: Azote Kjeldahl total
- HPAE : Hivers-Printemps-Automne-Été
- RGPH : Recensement général de la population et de l'habitat
- AEP : Alimentation en eau potable
- Q<sub>moy,j</sub> : Débit moyen journalier
- Q<sub>p</sub> : Débit de pointe
- COT : carbone organique total
- STEP : Station d'épuration
- ONA : Office national de l'assainissement

## *Liste des figures*

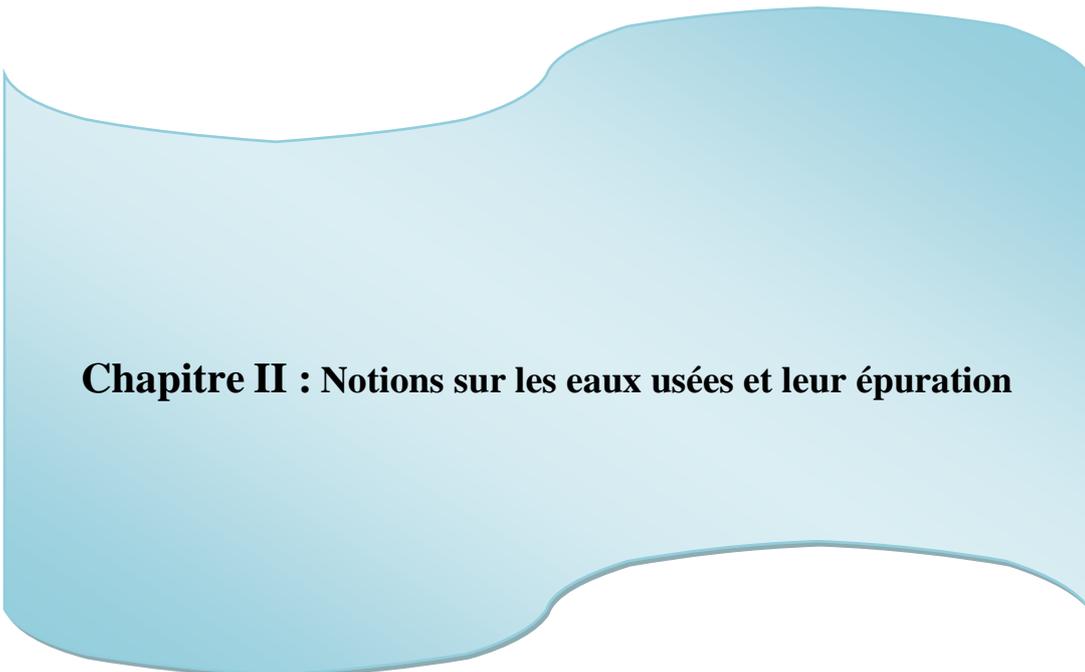
Figure I.1 :	Situation de la commune d'Oued Lakhdar dans la wilaya de Tlemcen.....	4
Figure I.2 :	Relief de la commune d'Oued Lakhdar.....	5
Figure I.3 :	Répartition mensuelle de la pluviométrie dans la zone d'étude.....	7
Figure I.4 :	Variation des températures moyennes mensuelles minimales..... et maximales.	8
Figure I.5 :	Rose du vent.....	9
Figure I.6 :	Carte tectonique.....	11
Figure I.7 :	Chevelu hydrographique du bassin versant d'Oued Lakhdar.....	13
Figure I.8 :	Réseau d'assainissement à Béni Ghazli.....	17
Figure II.1 :	Lit bactérien.....	21
Figure II.2 :	Schéma du traitement biologique par disque biologique.....	22
Figure II.3 :	Schéma du traitement biologique aérobie à boue activée.....	22
Figure II.4 :	Schéma d'une coupe transversale d'un système classique de lagunage.....	25
Figure II.5 :	Filtre enterré.....	25
Figure II.6 :	Infiltration- percolation.....	25
Figure II.7 :	Domaine de capacité de différentes filières de traitement..... des eaux usées.	26
Figure III.1. :	La phytoépuration par les roseaux.....	29
Figure III.2 :	Domaine d'utilisation conseillé.....	31
Figure III.3 :	Schéma du fonctionnement d'un filtre à roseaux $FPR_h$ .....	32
Figure III.4 :	Filtre planté à écoulement vertical.....	33
Figure IV.1 :	Configurations possibles pour le traitement des effluents.....	38
Figure IV.2 :	Schéma générale de la variante hybride.....	40
Figure IV.3 :	Schéma général de la variante bassin de décantation+filtres horizontaux...	41
Figure VI.4 :	Etanchéité et matériaux de remplissage pour les lits verticaux.....	45

Figure VI.5 : Etanchéité et matériaux de remplissage pour les lits horizontaux.....	45
Figure IV.6 : Surface brute nécessaire pour les filtres verticaux à deux étages..... en fonction de la capacité.	48
Figure IV.7 : Gradient hydraulique théorique d'un filtre horizontal.....	52
Figure IV.8 : Site proposé d'implantation de la station de filtres plantés.....	58
Figure IV.9 : Schéma synoptique de la STEP proposée.....	64

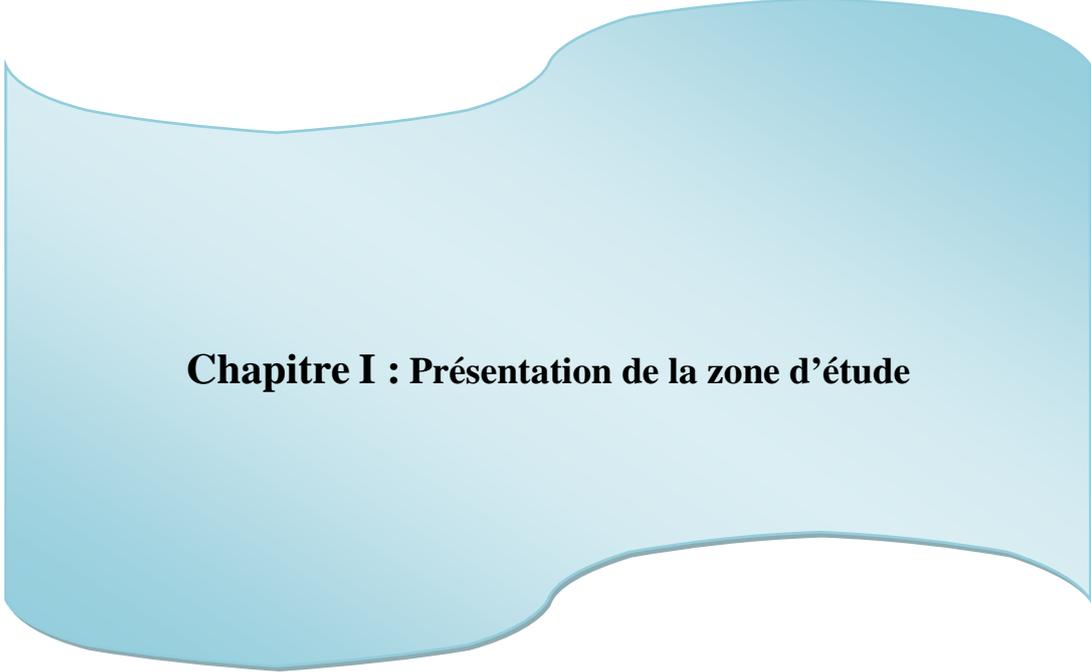
## *Liste des tableaux*

Tableau I.1: Les coordonnées de la station climatique la plus proche..... (Saf Saf- Tlemcen).	6
Tableau I.2 : Répartition mensuelle de la pluviométrie dans la zone..... d'étude (période 1985 – 2005).	6
Tableau I.3 : Répartition des températures mensuelles (période 1979-1999).....	7
Tableau I.4 : Températures moyennes, minimales et maximales (1985 - 2005).....	8
Tableau I.5 : Évolution de la population par dispersion.....	14
Tableau I.6 : Répartition spatiale de la population actuelle.....	14
Tableau I.7 : Perspectives démographiques.....	15
Tableau I.8 : Ressources en eau mobilisées pour l'AEP à travers la..... la commune d'Oued Lakhdar.	16
Tableau II.1 : Avantages et inconvénients des procédés d'épuration intensifs.....	23
Tableau III.1 : Principaux mécanismes d'élimination des différents types..... de polluants.	30
Tableau III.2 : Performances épuratoires des filtres plantés de roseaux..... à écoulement horizontal.	32
Tableau III.3 : Avantages et inconvénients de la filière.....	33
Tableau III.4 : Performances épuratoires des filtres plantés de roseaux ..... à écoulement vertical	34
Tableau III.5 : Avantages et inconvénients de filtre planté à écoulement vertical.....	35
Tableau III.6 : Tableau récapitulatif d'une filière type de filtre planté de roseaux.....	36
Tableau IV.1 : Résultats de calcul des débits.....	41

Tableau IV.2 : Résultats d’analyses physico-chimiques.....	44
Tableau IV.3 : Les normes de rejets des effluents liquides selon le JORAD.....	44
Tableau IV. 4: Résultats de calcul du dégrilleur.....	47
Tableau IV.5 : Surfaces spécifiques nettes nécessaires en fonction du nombre..... d’équivalent habitant raccordé.	48
Tableau IV.6 : Règles de base habituelles de dimensionnement.....	49
Tableau IV.7 : Valeurs de $K_{DBO5}$ et de surfaces spécifiques en fonction..... du type d’eaux à traiter.	51
Tableau IV.8 : Résultats de calcul de la variante hybride.....	53
Tableau IV. 9 : Résultats de calcul des ouvrages de prétraitement.....	55
Tableau IV.10 : Résultats de calcul de décanteur.....	56
Tableau IV.11 : Résultats de calcul des filtres horizontaux.....	57
Tableau IV.12: Devis quantitatif et estimatif de la variante hybride.....	60
Tableau IV.13 : Devis quantitatif et estimatif de la variante bassin de décantation..... + filtres horizontaux.	62



## **Chapitre II : Notions sur les eaux usées et leur épuration**



## **Chapitre I : Présentation de la zone d'étude**



**Chapitre III : Epuration par filtres plantés de roseaux**



**Chapitre IV : Etude technico-économique de la STEP proposée à  
Béni Ghazli**

# Introduction générale

# Conclusion générale

L'eau est un bien économique, social et environnemental. Il est donc nécessaire et important d'en garantir sa disponibilité dans le temps au moyen de formes d'exploitation durables qui permettent de faire face aux exigences actuelles sans menacer l'équilibre environnemental.

Lorsque l'homme utilise l'eau il ne fait pas que la consommer, mais il en rejette une partie dans l'environnement. C'est ce que l'on appelle l'eau usée. Cette eau usée peut contenir différents polluants.

Avec l'évolution démographique, le développement économique, ou encore l'extension et l'intensification de l'urbanisme, le volume des eaux usées ne cesse de croître. Conjugué à une exigence renforcée en matière de respect de l'environnement au travers de la réglementation et de confort de vie, le traitement des eaux usées représente un véritable défi environnemental pour les collectivités.

Epurier des eaux usées de plus en plus polluées représente également un défi technologique et économique dont l'objectif commun est de préserver la biodiversité et protéger les ressources en eau, tout en garantissant le confort des riverains. Pour accompagner les collectivités locales dans leur développement, nous concevons des filières de traitement plus ou moins complexes, en fonction de la qualité des effluents à dépolluer et de la sensibilité du milieu récepteur.

On distingue couramment les techniques dites intensives et des techniques extensives. Les filières de traitement extensif des eaux usées sont des procédés particulièrement bien adaptés aux petites collectivités.

L'agglomération secondaire de Béni Ghazli situé dans la commune d'Oued Lakhdar, Wilaya de Tlemcen est une zone rurale connue par son agriculture (les arbres fruitiers) souffre d'un problème des rejets liquides sauvages vers la vallée d'Oued Lakhdar.

Les eaux usées de cette localité créent des risques sanitaires et endommagent l'environnement. Notre travail consiste à proposer, faire une étude, concevoir et dimensionner une station d'épuration par filtres plantés de roseaux pour traiter ces eaux et y remédier à ce problème.

- La première partie de notre mémoire est consacrée à la présentation de la zone d'étude des différents types d'assainissement et des étapes d'épuration des eaux usées. Nous avons, ensuite, développer la filière de traitement des eaux usées par filtre planté de roseaux. Ce sont les trois premiers chapitres.
- La deuxième partie technico-économique est consacrée à l'étude, la conception, au dimensionnement et à l'estimation du coût de la réalisation de la station d'épuration de filtres plantés de roseaux proposée.

Dans le chapitre 1, nous décrivons la zone d'étude (Béni Ghazli) et ses différentes caractéristiques : le système d'assainissement existant, la géologie, l'évolution de la population, le climat, etc.

Dans le chapitre 2, nous présentons brièvement un aperçu général sur les notions de l'assainissement et les différents procédés de l'épuration des eaux usées.

Dans le chapitre 3, nous parlons de la filière d'épuration des eaux usées par filtres plantés de roseaux, tout en citant le rôle des différentes composantes du système, leurs types utilisés, leurs fonctionnements, ainsi que les avantages et les inconvénients de chaque type du filtre.

Dans le chapitre 4, nous calculons les données de base pour dimensionner la station d'épuration. Ensuite nous avons dimensionné les éléments de la STEP puis nous avons choisi la variante la plus adéquate et estimer sont coût de réalisation.

## **1. Introduction**

Dans ce chapitre nous allons présenter la zone d'étude et les principales données qui caractérisent la région. Ceci va nous permettre d'étudier, concevoir et dimensionner la STEP à base de filtres plantés de roseaux pour épurer les eaux usées de l'agglomération secondaire de Béni Ghazli de la commune d'Oued Lakhdar (Wilaya de Tlemcen).

Nous procédons à la présentation d'une étude sommaire de la géographie et la géologie, la climatologie de la région, sans oublier la démographie de la population.

## **2. Description du milieu**

### **2.1 Aperçu historique de la commune d'Oued Lakhdar**

Oued Lakhdar, jadis nommée Oued Chouly, est une localité qui existait bien avant l'arrivée des Turcs. Ses villages ayant connu la présence d'anciennes communautés humaines, notamment à Yebdar, Béni Ghazli, M'Zoughen, Tamekchent, etc. Elle portait alors le nom d'Oued Chouly (Chouly signifiant le dromadaire rougeâtre de sept ans). Enfin, c'est en 1994, qu'elle a été renommée Oued Lakhdar. [1]

### **2.2 Situation géographique**

La commune d'Oued Lakhdar fait partie des Monts de Tlemcen. Elle couvre une superficie de 13100 hectares, soit environ 2 % du territoire de la wilaya de Tlemcen. Elle est située dans l'Est de la wilaya et limitée au Nord par la commune d'Ouled Mimoun, à l'Est par la commune de Béni Smiel, au Sud par les deux communes Terny Béni Hediél et Sebdou et à l'Ouest par la commune d'Ain Fezza.

Elle est sillonnée par une vallée de plus de Quinze (15) kilomètres, de direction Sud-Nord, où on cultive des fruits (cerises, noix, figes, coings, etc.) et des légumes de tout genre grâce aux multiples sources pérennes et ancestrales. C'est d'ailleurs cette richesse paysagère et culturelle qui a prévalu l'intégration de cette vallée verdoyante au Parc Régional de Tlemcen.

La commune d'Oued Lakhdar, se distingue également par sa proximité relative par rapport au Groupement Urbain de Tlemcen (20 Km).

Il s'agit d'un espace montagneux dans une proportion des 2/3 de son territoire, traversé par le cours d'eau d'Oued Chouly, à écoulement orienté vers le barrage de Sidi Abdelli, lui procurant sa richesse et son paysage verdoyant.

Ce caractère montagneux lui impose une armature rurale s'articulant sur un système villageois en cascade, dominant les jardins et terrasses agricoles. Une concentration assez nette est observée au niveau du chef-lieu de commune (Yebdar Hella), et à un degré moindre à travers les centres secondaires de Béni Ghazli, Ouled Sidi Hadj, Yebdar Dechra et la zone éparsée. [1]

La zone de notre étude est située à 15 km de l'ACL. L'agglomération secondaire de Béni Ghazli est constituée de neuf (9) hameaux dispersés de part et d'autre de la vallée d'Oued Lakhdar. [1]



Figure I.1 : Situation de la commune d'Oued Lakhdar dans la wilaya de Tlemcen [W1]

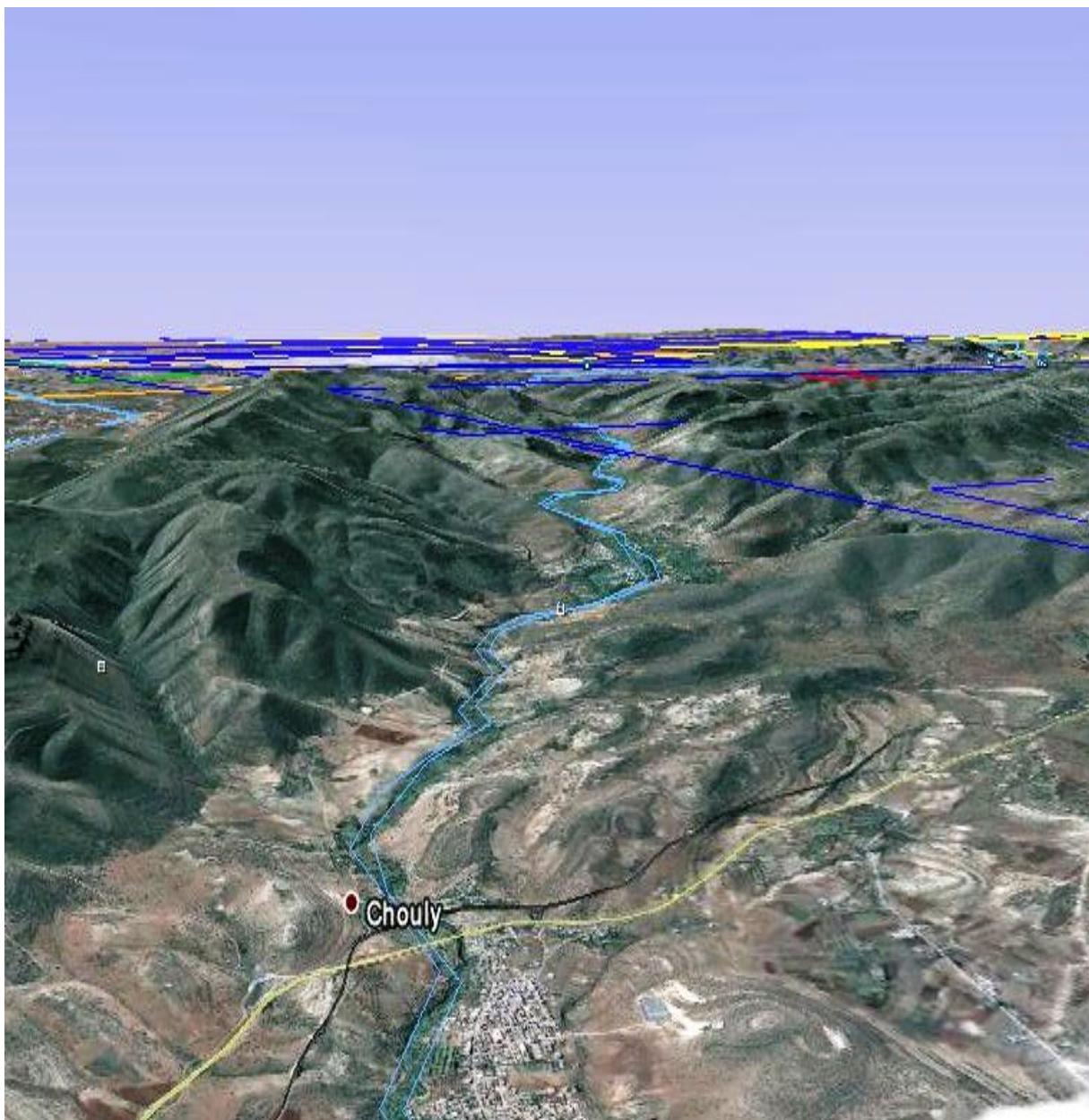
### 2.3. Relief et topographie

D'un territoire allongé, prenant la forme de sa vallée fortement encaissée, de direction Sud-Ouest à Nord-Est, la commune d'Oued Lakhdar est caractérisée par son relief montagneux, faisant partie du Massif Tellien, constituant un écran protecteur contre les vents et procurant de nombreuses émergences, d'où l'originalité est la fertilité de sa vallée verdoyante.

De part et d'autre de la vallée s'interposent deux chaînes montagneuses parallèles surplombant la vallée : la première est formée de la série des djebels (Taksent, Tichtiouine,

Mezoughène et Sidi Chaïb), culminant à 1311 m. La deuxième est une série de monticules représentés par djebel Tazkninet, djebel Sidi Hamza, djebel Dar El Matmar et djebel Dar Sidi Cheikh, culminant à 1420 mètres.

Les altitudes, au niveau de la vallée, oscillent de 1 063 m dans la partie amont et 725 m dans la partie aval. Il apparaît donc que la dénivelée moyenne de la vallée (partie utile du territoire) est de 338 m sur une distance de 15 km, soit une pente moyenne de 2,25 %. Notons, que la partie centrale de la vallée est aménagée en terrasses, irriguée selon un système de canaux à ciel ouvert. Cette morphologie caractérise également la partie Nord de la commune (ACL et ses environs immédiats), alors que la qualité du sol est beaucoup moins importante pour l'agriculture (carapace à calcaire dur, souvent inculte), d'où son intérêt à l'usage urbain. [1]



**Figure I.2 : Relief de la commune d'Oued Lakhdar [1]**

## 2.4. Climatologie

La climatologie est un paramètre déterminant pour le dimensionnement d'une station d'épuration des eaux usées.

Par sa position géographique dans le massif montagneux de Tlemcen, la localité de Béni Ghazli jouit d'un climat méditerranéen semi-aride, mais nuancé régionalement par les influences maritimes et continentales.

### 2.4.1. Pluviométrie

De par sa position dans la zone tellienne subissant un régime climatique semi-aride caractérisé par une nette opposition entre saisons sèches et saisons humides liées respectivement aux deux principaux facteurs pluviométriques continentaux au Sud et marin au Nord. Ainsi, au nord du relief, la zone montagneuse est soumise à l'influence de deux régimes entièrement contrastés en matière de formation de précipitations.

L'un méditerranéen, agit directement par des entrées marines, provoquant de fortes précipitations, en saison d'hiver ; l'autre, orographique, est marqué par la vaste étendue continentale, où la pluviométrie, plus intense, est caractérisée par les effets orageux des saisons estivales.

Les données disponibles couvrent, en effet, une période très longue pour la station climatique la plus proche (Saf Saf-Tlemcen), dont les coordonnées sont comme suit:

**Tableau I.1 : Les coordonnées de la station climatique la plus proche (Saf Saf- Tlemcen) [1]**

Station	Altitude	Latitude	Longitude
Tlemcen (SAF SAF)	592 m	34°52' N	1°17' W

La répartition mensuelle de la pluviométrie de la localité de Béni Ghazli est présentée dans le tableau suivant :

**Tableau I.2 : Répartition mensuelle de la pluviométrie dans la zone d'étude (Période 1985 – 2005) [1]**

Mois	Sep	Oct.	Nov.	Dec.	Jan	Fév.	Mars	Avr.	Mai	Juin	Juil.	Août	Année
P (mm)	20,76	29,43	43,23	37,93	52,62	58,45	72,22	35,76	39,72	6,72	3,02	1,87	400,73

Les précipitations moyennes mensuelles varient selon la figure ci-dessous :

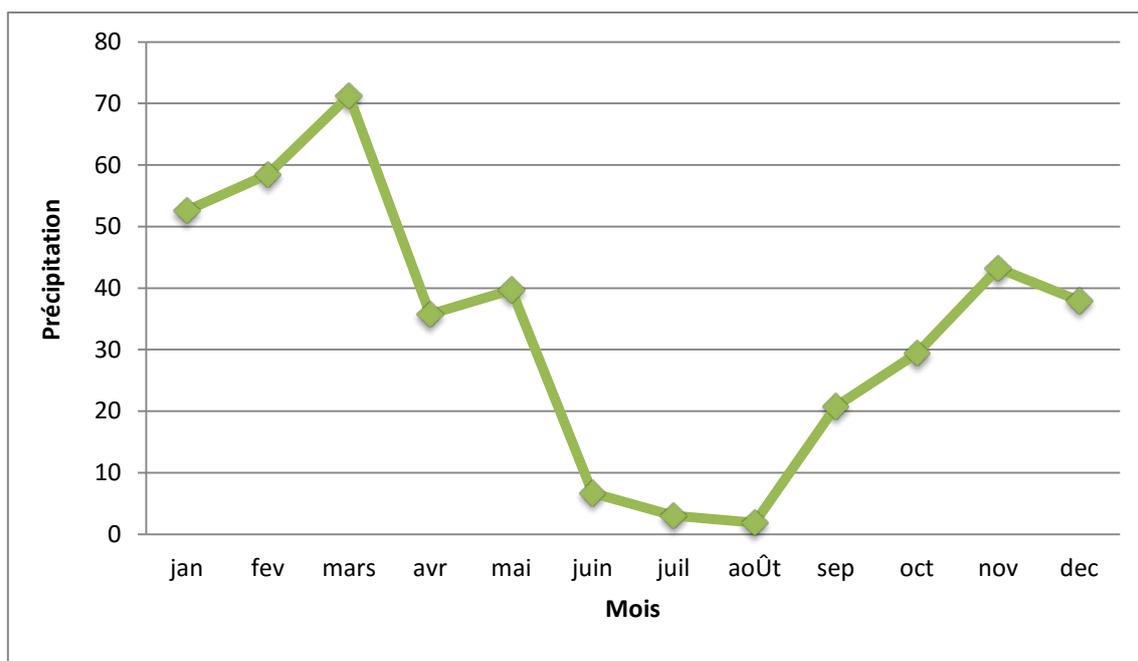


Figure I.3: Répartition mensuelle de la pluviométrie dans la zone d'étude

Nous remarquons que la répartition mensuelle de la pluviométrie montre que les mois les plus humides, en hiver et au printemps, renferment plus de 70 % du total interannuel avec un maximum au mois de janvier, février et mars et janvier avec respectivement (52,62, 58,45 et 72,22 mm), et que les mois secs, moins de 3%, se situent en été avec des précipitations non significatives. La hauteur moyenne des pluies est en moyenne de 400,73 mm/an.

Le régime saisonnier est de type HP AE, caractérisé par une abondance pluviale en hiver et au printemps, et une sécheresse estivale.

### 2.4.2. Température

Selon les données disponibles de la station de référence, les températures moyennes les plus basses sont enregistrées au mois de Janvier avec une moyenne de 6,5°C. Pour les températures moyennes les plus élevées, elles se situent au mois d'Août. Ces données sont présentées dans le tableau ci-dessous :

Tableau I.3: Répartition des températures mensuelles (période 1979-1999) [2]

Mois	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
T <sub>Max</sub> (°C)	10,7	12,3	14,0	15,7	20,4	25,7	30,1	32,4	27,3	20,3	15,4	14,3
T <sub>Min</sub> (°C)	2,4	3,7	3,2	4,2	11,7	11,6	19,9	19,3	12,0	9,3	3,2	3,0
T <sub>Moy</sub> (°C)	6,5	8,0	8,6	9,9	16,5	21,6	25,0	25,8	21,6	14,8	9,3	8,6

Les variations des températures moyennes mensuelles minimales et maximales sont présentées dans la figure ci-après :

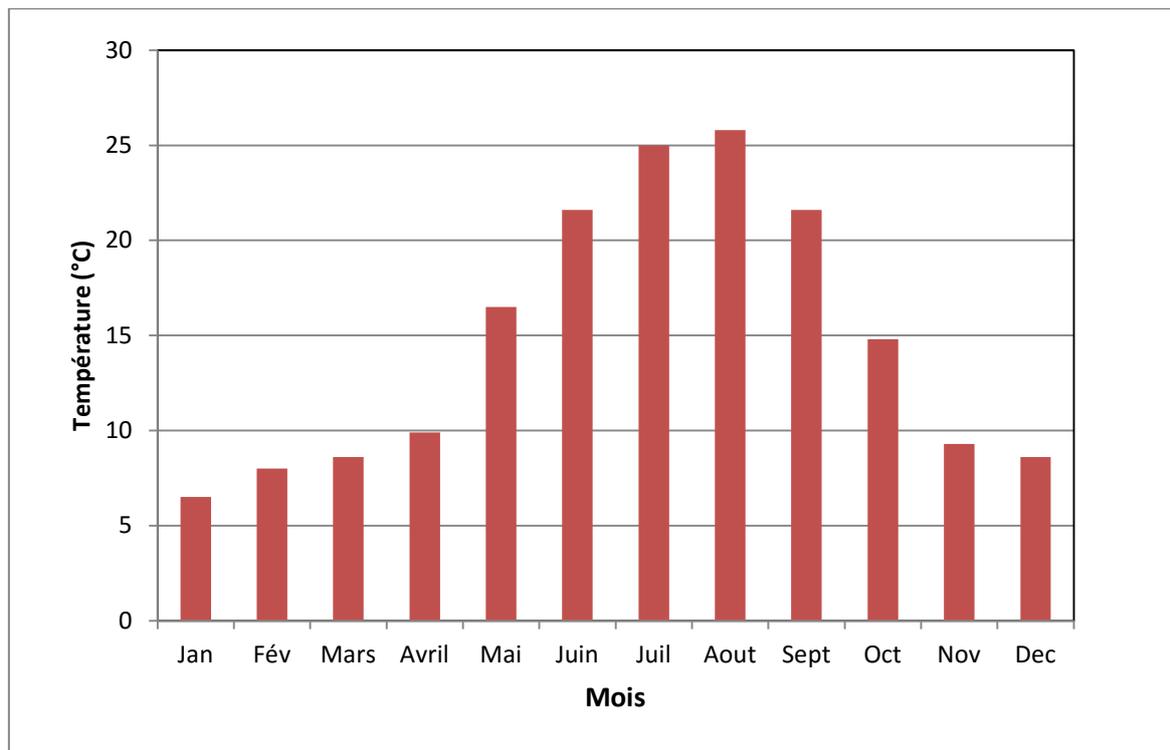


Figure I.4 : Variation des températures moyennes mensuelles minimales et maximales

Il ressort de l'exploitation de ces données de température, que la localité de Béni Ghazli subit durant l'année deux grandes saisons caractéristiques, qui semblent partager le cycle climatique en deux périodes nettement égales mais irrégulières. Un semestre continental, très froid, s'étend de Novembre à Avril, et un semestre sec et chaud avec une température maximale, sous l'influence du régime Saharien.

Tableau I.4 : Températures moyennes, minimales et maximales (1985 - 2005) [2]

Mois	Sep.	Oct.	Nov.	Dec.	Jan.	Fev.	Mars	Avr.	Mai	Juin	Juil.	Août	Moy
<b>Min</b>	15,2	10,9	7,4	4,2	3,6	2,9	5,1	6,6	9,9	14,2	17,7	18,3	9,67
<b>Max</b>	30,3	23,9	18,4	14,5	13,4	15,1	17,9	20,4	25,2	31,0	35,7	35,3	23,42
<b>Moy</b>	22,4	17,2	12,5	8,9	7,6	9,1	11,3	13,3	17,4	22,6	26,6	22,7	15,97

### 2.4.3. Régime des vents

Le vent du Nord est présent pendant toute l'année, avec quelques fois le vent du Sud-Ouest, dont la vitesse moyenne annuelle est de 2,35 m/s. La vitesse maximale du vent est de 32 m/s, soit 115,2 Km/h.

Ainsi, la zone d'étude 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 sur le massif, varie entre les valeurs 2,4 et 3,5 m/s avec une moyenne de 2,95 m/s. [1]

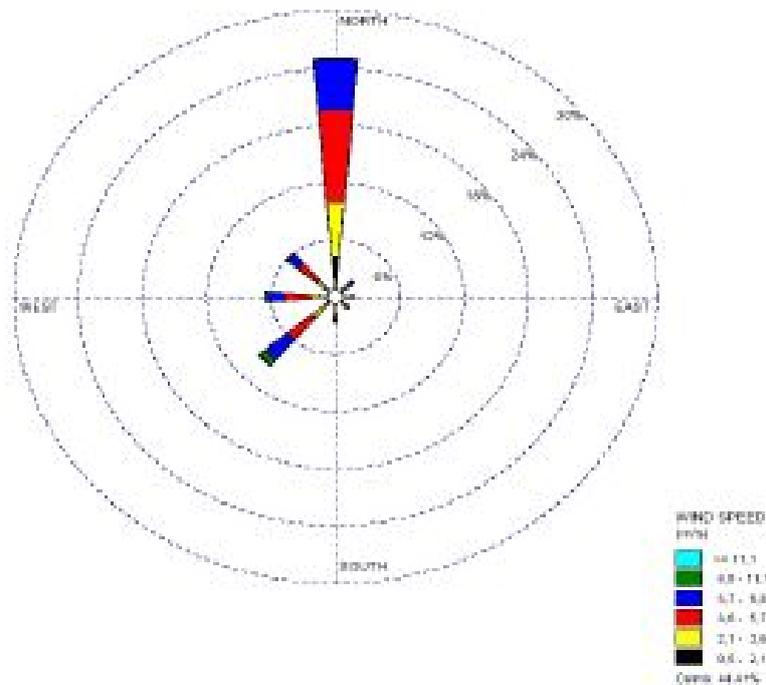


Figure I.5 : Rose du vent [1]

## 2.5. Géologie

Le cadre géologique local se résume par le domaine des Monts de Tlemcen, dont l'ossature formée par le Secondaire qui constitue un très puissant massif carbonaté marin, à dominance Jurassique (grès, calcaire, dolomies,...). Ces formations calcaire-dolomitiques et de grès compacts sont réputés par leurs substrats durs et abrupts, entrecoupés par des synclinaux, favorisent la formation des nappes karstiques où s'accumulent de grandes réserves d'eau, émergeant au fonds de vallée.

C'est précisément, dans cette région des Monts de Tlemcen (vallée d'Oued Lakhdar) où les sources y sont très abondantes, claires et douces, émergeant du relief karstique souterraine à partir des effondrements des dolomies et calcaires. Les formations les plus récentes sont du Quaternaire : Ce sont essentiellement les alluvions anciens et récents, localisés le long de la vallée de Oued Lakhdar avec des élargissements et des étranglements épousant le tracé de la vallée ou dans des bassins affluents d'Oued Lakhdar, en particulier dans la partie N.E de la commune. [1]

Les formations géologiques datent du Séquanien pour les plus anciens et de l'Helvétien pour les plus récentes. Ces formations sont de lithologie très différente. Les formations tendres, marneuses affleurent exclusivement dans la partie Nord de la commune, au niveau de la plaine et les reliefs collinaires ; elles sont ravinées du fait des formations argilo-marneuses appartenant au domaine du Miocène.

▪ **Description lithologique :**

Quatre types de faciès caractérisent la zone d'étude :

- Les formations du Pliocène continental ;
- Dolomie et calcaire du kimméridgien supérieur : C'est la formation dominante de la zone. Ce sont des calcaires gris en bancs cristallisés à la base, surmontés de dolomies d'escarpement. Elle constitue des formations du Jurassique (dolomies, grès et calcaires) parfois mis en communication par un système de failles.
- Marnes et calcaire du kimméridgien moyen : constituent la partie Nord de la commune. Ce sont des marnes grises, blanchâtres en surface intercalée ce nombreux lits et bancs de calcaires généralement marneux, parfois dures.
- Le faciès du Quaternaire d'origine alluviale récent et colluvial, existant au niveau de la vallée d'Oued Lakhdar.

▪ **Tectonique :**

La tectonique se traduit par un massif Jurassique calcaire-dolomitiques peu plissé. La chaîne montagneuse N.S forme un anticlinal. C'est un pli de couverture simple bordé sur un flanc et présente un pli synclinal. Sa forme en couverture en fait un bon bassin de réception des eaux et donne naissance à des Oueds importants.

L'activité tectonique demeure intense au Miocène inférieur. La faille d'effondrement Nord contourne l'anticlinal d'Oued Lakhdar du SO au NE tout près du site d'étude. La tectonique joue également un rôle dans l'hydrogéologie de cette zone par l'intermédiaire de nombreuses failles et diaclases qui ont permis le développement de la karstification en profondeur. [1]

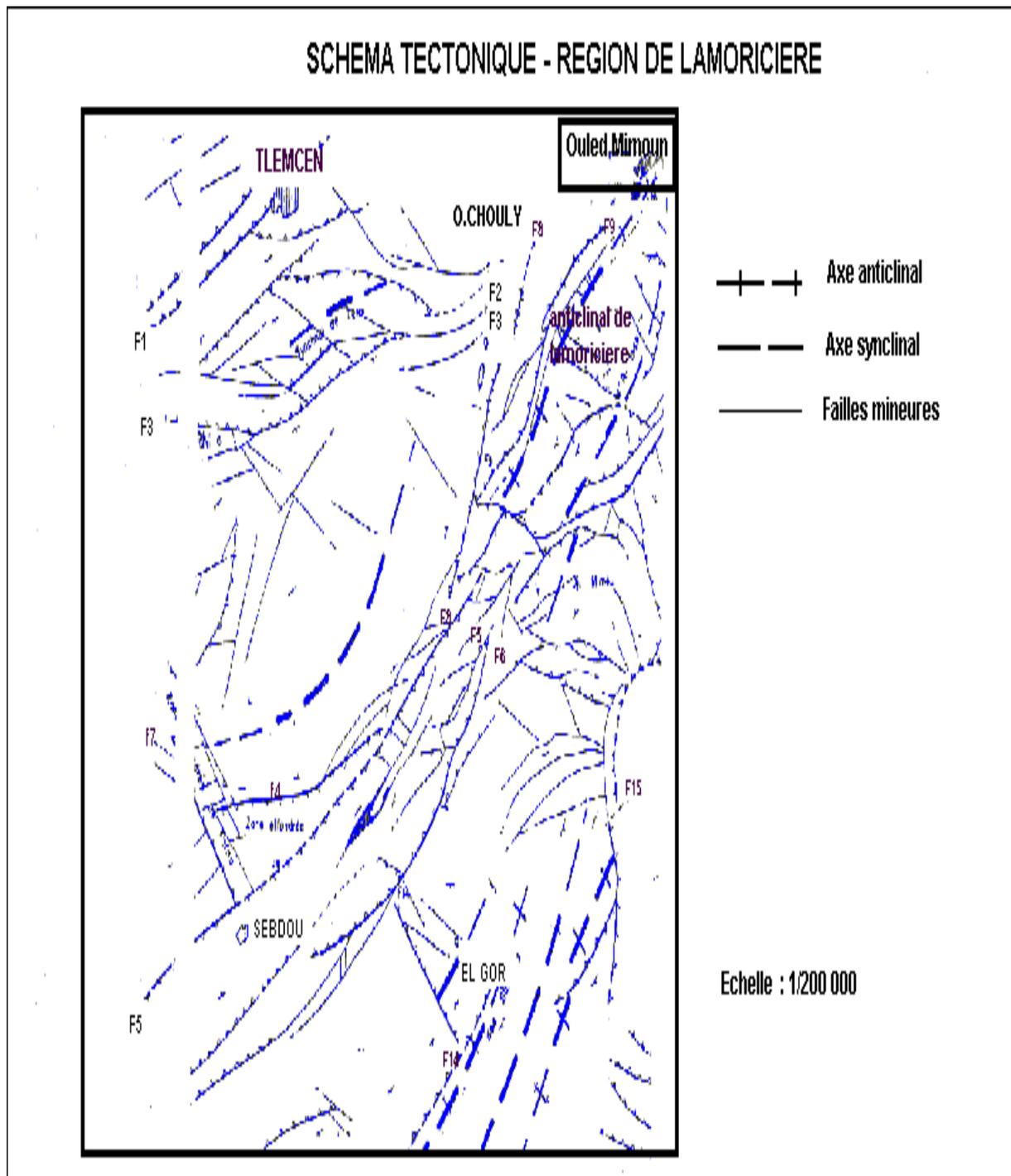


Figure I.6 : Carte tectonique [1]

## 2.6. Hydrogéologie/ Hydrologie

Le grès du Lusitanien est compact, présentant une mauvaise perméabilité. Par suite de la structure synclinale de la dépression d'Oued Lakhdar, la formation hydrogéologique du Kimméridgien se met en charge sous les marnes calcaire du Crétacé inférieur et ressort à travers différentes sources locales. [1]

**a) Aquifères**

La formation des calcaires et dolomies du Jurassique supérieur est la plus vaste affleurement qui recèle les meilleurs propriétés transmissives. Elles recèlent les grands aquifères des Monts de Tlemcen. L'intensité de la karstification et des fissures ainsi que les nombreuses sources se localisent à l'amont, confère à ces formations un grand intérêt hydrogéologique.

**b) Rôle de la tectonique**

Les nombreuses failles et diaclases sont à l'origine de karstification en profondeur. La plupart des sources émergent à la faveur des failles qui constituent par suite des drains actifs. Le champ des perméabilités et le champ où se font généralement les écoulements des eaux souterraines. Son évolution conduit à la karstification des dolomies et des calcaires par suite des phénomènes de dissolution et de l'érosion.

**c) Ressource en eau souterraine**

Il existe une importante ressource en eau souterraine dans les formations karstiques et calcaire-dolomitiques, il est prouvé par les études hydrogéologiques que les zones les plus riches en eau se situent au niveau de la bordure nord de cette formation géologique. Les facteurs qui contribuent à la multiplication de ces émergences sont :

- le développement du massif en karst et grabens, délimitant les aquifères totalement disjoints ;
- l'incision des vallées : 80 % des sources jaillissent des calcaires et dolomies du Jurassique supérieur. Ce qui souligne leur large prépondérance aquifère dans la région.

La zone d'étude est marquée par le passage d'Oued Chouly qui représente l'un des principaux cours d'eau de la région. [1]

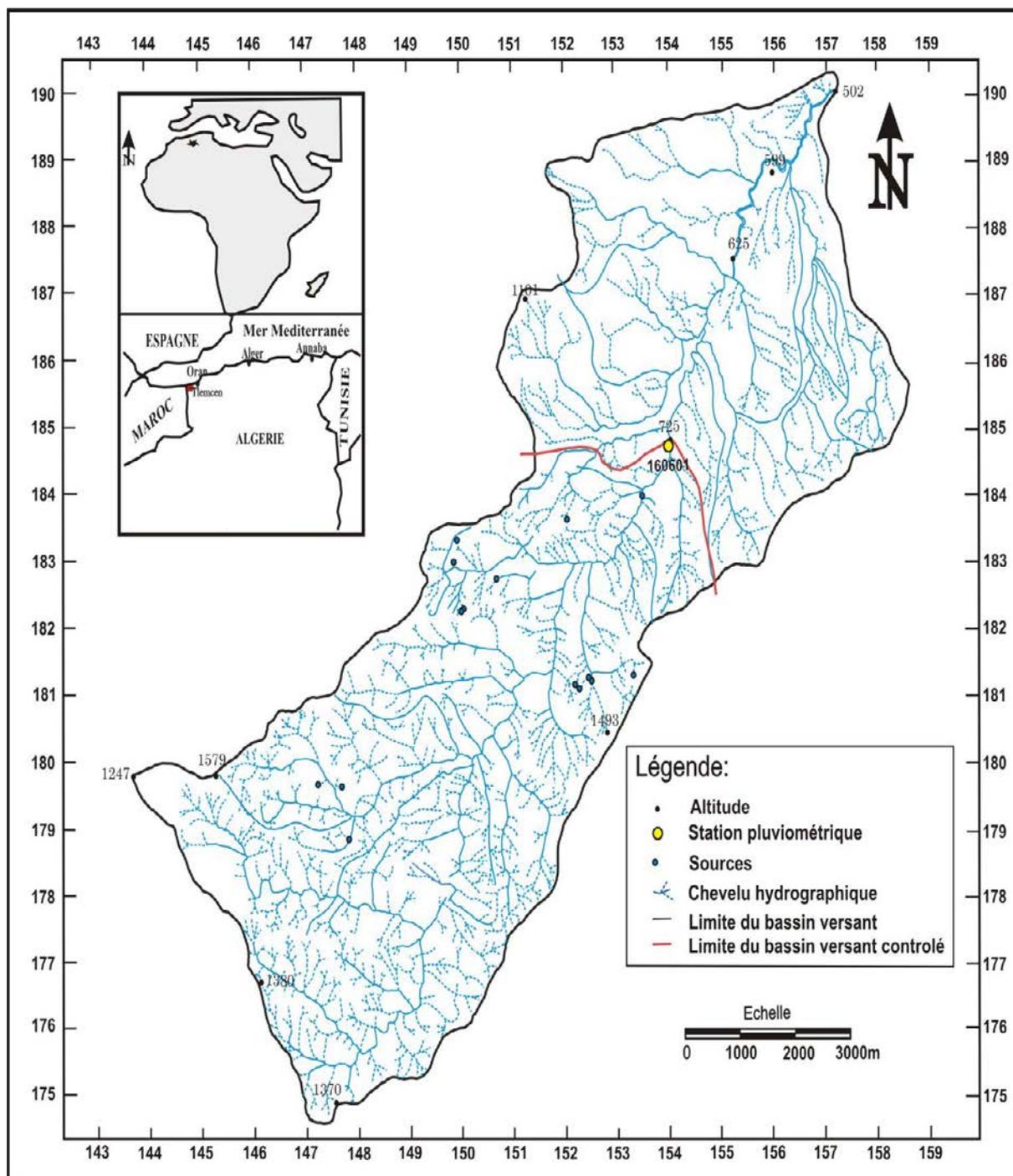


Figure I.7 : Chevelu hydrographique du bassin versant d'Oued Lakhdar [3]

Le bassin versant de l'Oued Lakhdar est un affluent de la Tafna. Il occupe une superficie de 288.91 km<sup>2</sup> (3.98% de la superficie du bassin de la Tafna), dont la superficie du bassin contrôlé est de 170 Km<sup>2</sup>.

Le bassin de l'Oued Lakhdar est limité :  
 - au Sud, par le sous bassin de Meffrouch ;

- à l'Est, par oued Isser ;
- à Ouest, le sous bassin de Sikkak.

Le cours d'eau principal se jette plus bas dans oued Isser constituant ainsi son principal affluent (affluent rive gauche). Il prend sa source dans les monts de Tlemcen à environ 900 m d'altitude, il draine le versant Nord de ces monts, sa vallée est surplombée par une série de massifs. [3]

## 2.7. Population- démographie

### - Évolution de la population

L'analyse de l'évolution de la population de la commune d'Oued Lakhdar est basée sur les données statistiques du recensement général de la population et de l'habitat (RGPH) des quatre dernières périodes (1977, 1987, 1998 et 2008).

**Tableau I.5 : Évolution de la population par dispersion [1]**

Dispersion	RGPH 1977	RGPH 1987	T.A.G 77/87 (%)	RGPH 1998	T.A.G 87/98 (%)	RGPH 2008	T.A.G 98/08 (%)	T.A.G 87/08 (%)
ACL (Yebdar Hella)	824	1 772	7,34%	2 978	4,92	3 464	1,41	3.2
AS-Yebdar Dechra	1 127	702	-4,28	705	0,04	499	-3,15	-1.6
<b>AS-Beni Ghazli</b>	-	<b>1 621</b>	-	<b>241</b>	<b>-16,17</b>	<b>375</b>	<b>4,18</b>	<b>-6.7</b>
AS-Ouled Sidi El Hadj	-	616	-	02	-41,17	163	50,30	-6.13
Zone Eparsé	2 807	2 045	-2,89	99	-24,45	727	20,27	-4.8
Total Commune	4 758	6 756	3,29%	4 025	-4,68	5 228	2,45	-1.2

### - Répartition spatiale de la population actuelle

La répartition spatiale de la population actuelle est présentée dans le tableau suivant.

**Tableau I.6 : Répartition spatiale de la population actuelle [1]**

Dispersion	RGPH-2008	Taux Concentration (%)
ACL –Yebdar Hella	3 464	66
<b>AS-Béni Ghazli</b>	<b>375</b>	<b>7</b>
AS-Ouled Sidi El Hadj	163	3
AS-Yebdar Dechra	499	10
Zone Eparsé	727	14
Total Commune	5 228	100 %

### - Perspectives démographiques:

Les résultats de cette projection démographique, par échéance de planification et par dispersion sont résumés dans le tableau ci-après :

**Tableau I.7 : Perspectives démographiques [1]**

Dispersion	RGPH 2008	T.A.M Retenu (%)	Projections		
			C.T-2013	M.T -2018	L.T-2028
ACL (Yebdar Hella)	3 464	7,34	4 936	7 034	14 283
AS – Yebdar Dechra	375	1,73	408	445	528
AS – Ouled Sidi El Hadj	163	1,73	178	194	230
<b>AS – Beni Ghazli</b>	<b>499</b>	<b>1,73</b>	<b>544</b>	<b>593</b>	<b>704</b>
Zone Eparsé	727	1,73	792	863	1 025
Total Commune	5 228	/	6 858	9 129	16 770

## 3. Infrastructures hydraulique

### 3.1. Le potentiel hydrique

De par sa position géographique occupant les piémonts Nord de Tlemcen, le potentiel hydrique de la commune d'Oued Lakhdar est fortement marqué par ses multiples sources, émergentes des roches calcaires du massif jurassique, offrant une ressource permanente aux qualités exceptionnelles. Toutefois, la sécheresse persistante et les nouveaux fonçages de forages pour l'usage de l'alimentation en eau potable et leur part conséquente sur le rabattement du niveau hydrodynamique de la nappe sont à l'origine des perturbations, voir des conflits dans la distribution et le partage des eaux entre usagers agricoles.

- **Les mobilisations d'eau potable :** Le débit mobilisé pour l'approvisionnement en eau potable des établissements humains est évalué à un débit de 29 L/s, provenant d'un forage équipé (sur les trois existants) et de deux (2) sources captées, dont les caractéristiques sont comme suit:

**Tableau I.8 : Ressources en eau mobilisées pour l'AEP à travers la commune d'Oued Lakhdar[1]**

Type	Localisation	Débit (L/s)	Affectations
Forage 1	ACL (stade)	15	AEP ACL – YebdarHella
Forage 2	Zone éparsse "Morsat"	-	Non équipé
Forage 3	Béni Ghazli	06	Fermé pour litige entre exploitants
Source Ain Ben Allal	En amont de l'ACL	08	Utilisation : irrigation et AEP
Source El Arsa	Ouled Sidi El Hadj	-	Utilisation : irrigation et AEP
<b>TOTAL</b>	<b>-</b>	<b>29,0</b>	<b>-</b>

### 3.2. Situation de l'assainissement existant

Le réseau d'assainissement de l'AS Béni Ghazli est assez particulier puisqu'il se limite à des fosses septiques individuelles, du fait des risques de pollution des vergers agricoles par l'irrigation à partir des écoulements superficiels du cours d'eau amont.

La direction des ressources en eau a lancé le projet de collecte des eaux usées de cette localité vers un seul rejet. C'est un réseau unitaire comme le montre schéma présenté sur la figure I.8.

Suite à cela, nous avons entrepris, avec l'aide du Co-encadreur du PFE, Madame MEDJDOUB Tsouria, cadre à la DRE, notre projet d'étude, de conception et de dimensionnement d'une STEP à macrophytes pour épurer les eaux usées en aval du réseau d'assainissement avant de les jeter dans la nature.

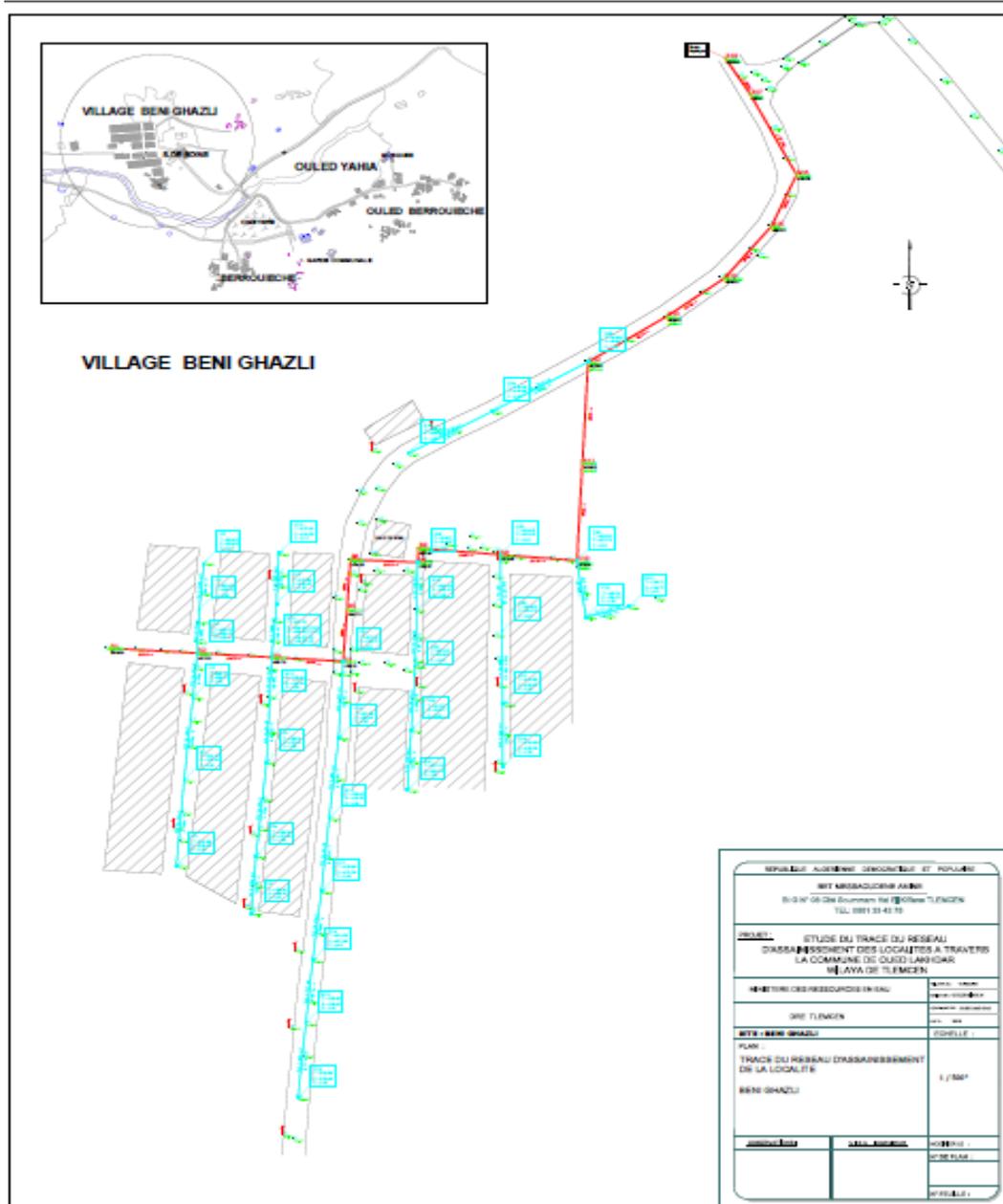


Figure I.8: Réseau d'assainissement à Béni Ghazli [4]

#### 4. Conclusion

Ce chapitre nous a permis de décrire le milieu physique (la géographie, topographie, climatologie, géologie), la population et l'assainissement de la région étudiée. D'après les études faites nous concluons que la zone d'étude est une région sensible et vulnérable à la pollution des forages et des verges agricoles et quelle nécessite un assainissement et une épuration de ses eaux usées.

## **1. Introduction**

Les eaux usées sont celles qui ont été déjà utilisées par les différents utilisateurs. On distingue : Les eaux ménagères, les rejets des toilettes ou eaux "vannes", les eaux industrielles, les eaux de pluie, etc. Les eaux usées sont, en général, collectées dans les réseaux d'assainissement ou égouts, épurées dans des STEP avant d'être rejetées dans le milieu naturel.

Dans ce chapitre on va décrire les différents types des eaux usées et les différentes techniques d'épuration.

## **2. Les différents types des eaux usées**

L'une des conséquences de l'utilisation des eaux est la génération d'eaux usées dont la composition dépend de leur origine ou de leur nature.

On distingue trois grandes catégories d'eaux usées : les eaux domestiques, les eaux industrielles et les eaux pluviales. [5]

### **2.1. Eaux usées domestiques**

Essentiellement porteuses de pollution organique et se répartissant en :

- eaux ménagères ou grises (salles de bains et cuisines) généralement chargées en détergents, en graisses, en solvant et en débris organiques ;
- et en eaux vannes (rejets des toilettes) caractérisées par une importante charge en diverses matières organiques azotées et en germes fécaux et pathogènes.

### **2.2. Eaux usées industrielles**

Leurs caractéristiques varient d'une industrie à l'autre. En plus des matières organiques azotées ou phosphorées, elles peuvent aussi contenir des produits toxiques, des solvants, des métaux lourds, des micropolluants organiques, et des hydrocarbures. [5]

### **2.3. Eaux de pluie**

Elles peuvent également constituer une cause de pollution importante, pouvant se charger d'impuretés au contact de l'air (fumées industrielles), puis en ruisselant, elles se chargent des résidus déposés sur les toits, les chaussées et les sols (poussières, huiles de vidange, carburant, résidus de pneus, métaux lourds, pesticides...). [5]

### **3. Les systèmes d'évacuation des eaux usées**

Du Moyen Âge, jusqu'au XVIII<sup>e</sup> siècle, tous les déchets domestiques étaient dispersés dans la rue, la nature. Ce n'est que lors de la seconde moitié du XIX<sup>e</sup> siècle que s'élabore la conception moderne de l'assainissement, lorsque John Snow découvrit la véritable origine du choléra lors de l'épidémie de 1854 à Londres. [W1]

Il existe en assainissement plusieurs systèmes applicables selon l'importance et la densité de l'agglomération, le milieu en question ou la disponibilité des ressources financières pour réaliser le projet. Ces systèmes sont:

- Collectifs ;
- Autonomes;
- Semi-collectif. [6]

#### **3.1. Le système collectif**

Dans ce système nous distinguons trois catégories :

**3.1.1. Le système unitaire :** Il consiste à l'évacuation de l'ensemble des eaux usées et pluviales par un unique réseau, généralement pourvu de déversoirs permettant, en cas d'orage, le rejet d'une partie des eaux, par surverse, directement dans le milieu naturel.

**3.1.2. Le système séparatif :** Il consiste à affecter un réseau à l'évacuation des eaux usées domestiques (eaux vannes et eaux ménagères) et, avec des réserves, certains effluents industriels, alors que l'évacuation de toutes les eaux pluviales est assurée par un autre réseau. [7]

**3.1.3. Le système pseudo-séparatif :** C'est un système séparatif modifié qui permet d'admettre dans le réseau d'eaux usées des concessions d'eaux de ruissellement provenant des toitures, des cours, des jardins et des eaux domestiques. Par contre les eaux de ruissellement des voies publiques et espaces libres sont évacuées séparément dans un réseau pluvial. [6]

#### **3.2. Système autonome**

L'assainissement autonome des habitations, voire des locaux: d'activités isolés concerne les dispositifs à mettre en œuvre pour le traitement et l'élimination des eaux usées domestiques qui ne peuvent être évacuées par un système d'assainissement collectif. Il a pour objectif d'assurer l'épuration des eaux usées par le sol, sous des modes compatibles avec des exigences de la santé publique et de l'environnement [6].

### **3.3. Les systèmes mixtes**

Désignant communément des réseaux constitués, selon les zones d'habitation, en partie en système unitaire et en partie en système séparatif. [7]

## **4. Techniques d'épuration des eaux usées**

### **4.1. Les procédés biologiques intensifs**

Le traitement biologique, destiné à éliminer la pollution organique biodégradable grâce aux micro-organismes (biomasse), est constitué par un ou plusieurs réacteurs en série. [8]

Les techniques les plus développées au niveau des stations d'épuration urbaines sont des procédés biologiques intensifs.

Le principe de ces procédés est de localiser sur des surfaces réduites et d'intensifier les phénomènes de transformation et de destruction des matières organiques que l'on peut observer dans le milieu naturel. [9]

L'épuration biologique des eaux usées peut être mise en œuvre dans les micro-organismes se développant en suspension dans l'eau (boues activées), ou encore dans des réacteurs à biomasse fixée dans lesquelles les micro-organismes se développent sur un support grossier ou sur garnissage plastique (lit bactériens), sur de disque (disques biologiques). [10]

#### **4.1.1. Techniques intensives à culture fixe**

##### **▪ Lit bactérien**

Le lit bactérien est un procédé d'épuration biologique aérobie. L'épuration de la phase liquide repose sur l'activité biochimique de micro-organismes qui dégradent la matière organique en présence d'oxygène. Cette oxydation transforme une partie de la matière organique en eau, gaz carbonique et énergie. Le reste est transformé en biomasse, concentrée sous forme de boues. Dans le lit bactérien, les micro-organismes sont retenus sur un support, appelé garnissage, sous la forme d'un biofilm. Il s'agit d'une couche dense de bactéries, qui ont la capacité de produire des polymères leur permettant de former un film et d'adhérer à un support. Le garnissage est arrosé avec l'eau usée à traiter, après une décantation primaire ou un simple tamisage fin. Le temps de passage de l'eau au sein du système est très court, de l'ordre de quelques minutes.

Les effluents contiennent de la matière assimilable sous forme dissoute et particulaire. Dans la partie dissoute se trouve, la plupart du temps, une fraction immédiatement assimilable par les micro-organismes et une autre plus difficilement biodégradable. Ces différentes fractions n'ont pas le même devenir au sein du lit bactérien.

La matière organique facilement biodégradable ainsi que les substrats minéraux nécessaires à l'activité des bactéries sont transportés au sein du biofilm par diffusion. Ce phénomène de transport est particulièrement important. Les performances du système sont plus souvent limitées par la vitesse de diffusion au sein du biofilm, que par la cinétique de transformation des substrats par les micro-organismes. [11]

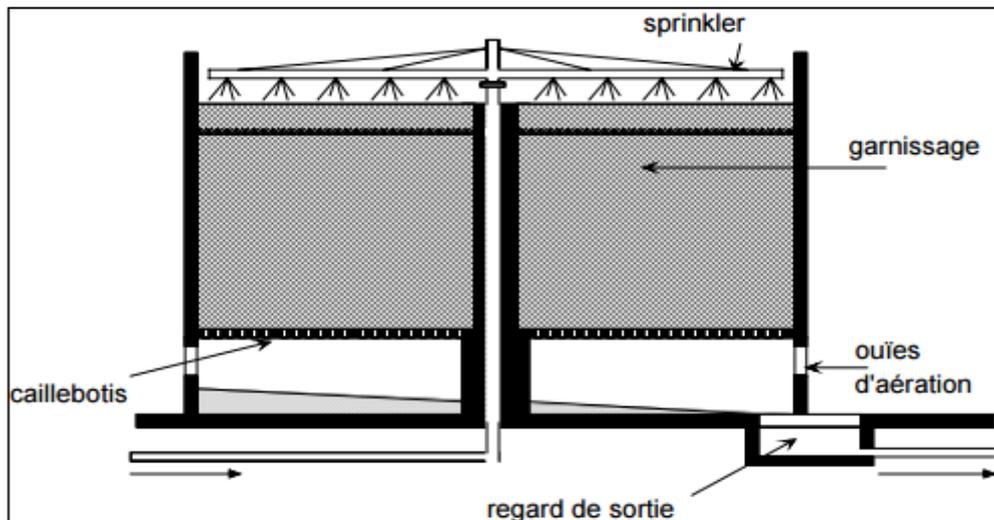


Figure II.1 : Lit bactérien [11]

### ▪ Disque biologique

Les supports de la microflore épuratrice sont des disques partiellement immergés dans l'effluent à traiter et animés d'un mouvement de rotation lequel assure à la fois le mélange et l'aération.

Les microorganismes se développent et forment un film biologique épurateur à la surface des disques. Les disques sont semi-immergés, leur rotation permet l'oxygénation de la biomasse fixée.

L'effluent est préalablement décanté pour éviter le colmatage du matériau support. Les boues qui se décrochent sont séparées de l'eau traitée par clarification.

L'unité de disques biologiques est constituée de disques en plastique rotatifs montés sur un arbre dans un bassin ouvert rempli d'eaux usées. Les disques tournent lentement dans le bassin et lorsqu'ils passent dans les eaux usées, les matières organiques sont absorbées par le biofilm fixé sur le disque rotatif. L'accumulation de matières biologiques sur les disques en augmente l'épaisseur et forme une couche de boues. Lorsque les disques passent à l'air libre, l'oxygène est absorbé, ce qui favorise la croissance de cette biomasse. Quand cette dernière est suffisamment épaisse (environ 5 mm) une certaine quantité se détache et se dépose au fond de l'unité.

L'alternance de phases de contact avec l'air et l'effluent à traiter, consécutive à la rotation du support permet l'oxygénation du système et le développement de la culture bactérienne.

Lors de la phase immergée, la biomasse absorbe la matière organique qu'elle dégrade par fermentation aérobie grâce à l'oxygène atmosphérique de la phase émergée. Les matériaux utilisés sont de plus en plus légers (en général du polystyrène expansé) et la surface réelle développée de plus en plus grande (disque plat ou alvéolaire). [12]

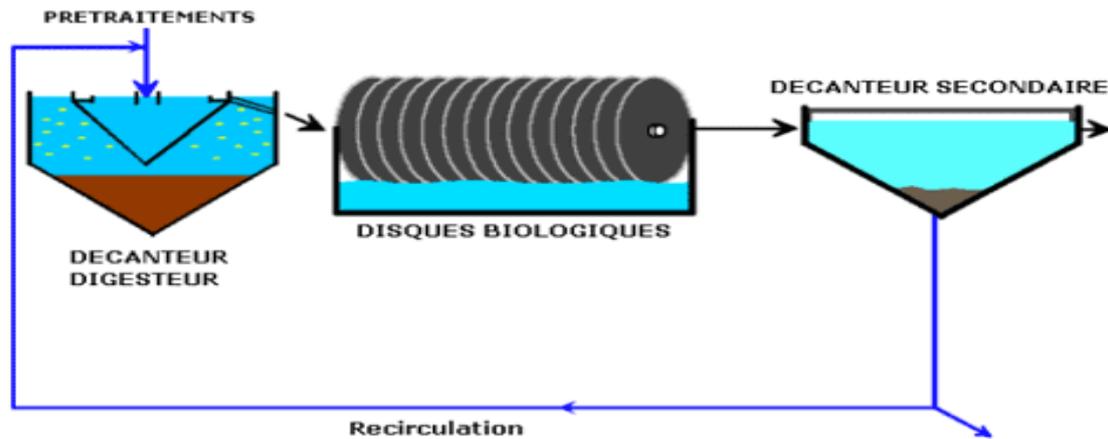


Figure II.2 : Schéma du traitement biologique par disque biologique [W2]

#### 4.1.2. Techniques intensives à culture libre

##### ▪ Boues activées

Les eaux usées décantées sont aérées par des turbines agissant à la surface de l'eau ou par des rampes d'air comprimé ou d'oxygène ou d'air enrichi en oxygène au fond d'un bassin, après ce traitement les eaux sont à nouveau décantées.

Une partie des boues est renvoyée dans les bassins d'activation pour maintenir la population des microorganismes intervenant dans l'épuration, le reste des boues, appelé boue en excès, est soutiré pour subir un traitement, on peut prolonger le temps d'aération de façon à obtenir une minéralisation plus forte des boues, c'est le procédé couramment employé de l'aération prolongée. La quantité des boues produites et d'autant plus importante que la charge organique (DBO en  $\text{kg}/\text{m}^3$ ) est plus grande, mais le rendement se trouve alors diminué. [13]

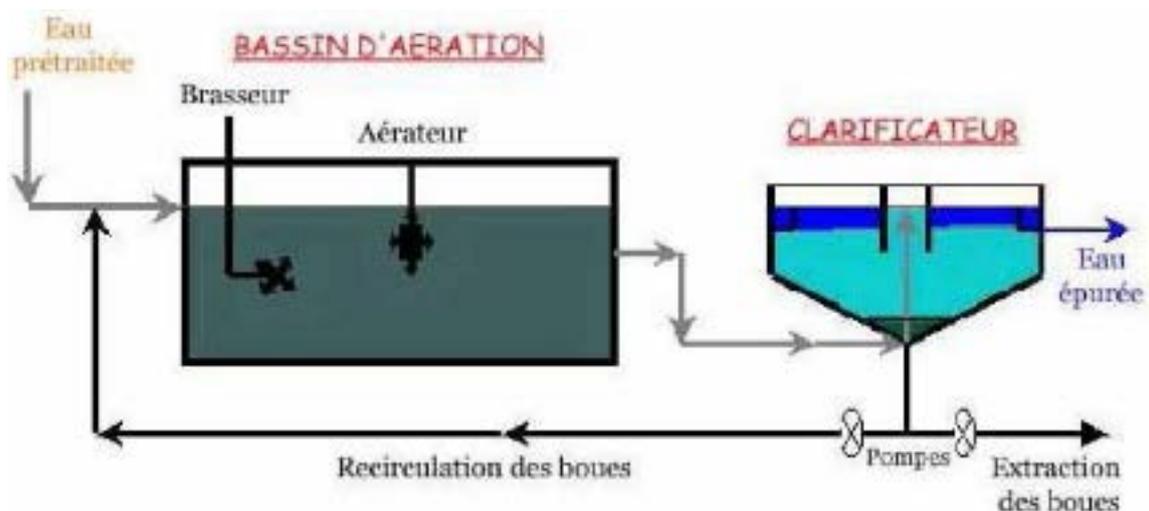


Figure II.3 : Schéma du traitement biologique aérobie à boue activée [10]

**4.1.3. Avantages et inconvénients**

Les avantages et les inconvénients de ces procédés sont présentés dans le tableau ci-dessous :

Tableau II.1 : Avantages et inconvénients des procédés d'épuration intensifs [14]

Filière	Avantages	Inconvénient
Lit bactérien et disque biologique	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Faible consommation d'énergie ;</li> <li>-Fonctionnement simple demandent moins d'entretien et de contrôle que la technique des boues activées ;</li> <li>-bonne décantabilité des boues ;</li> <li>-plus faible sensibilité aux variations de charge et aux toxiques que les boues activées ;</li> <li>-adaptés pour les petites collectivités.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>-cout d'investissement assez élevés ;</li> <li>-nécessite de prétraitement efficace ;</li> <li>-sensibilité au colmatage ;</li> <li>-Ouvrages de taille importante si des objectifs d'élimination de 'azote sont imposés.</li> </ul>
Boues actives	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Adaptée pour toute taille de collectivité ;</li> <li>-bonne élimination de l'ensemble des paramètres de pollution (MES, DCO, DBO5) ;</li> <li>-adapté pour la protection de milieux récepteur sensibles ;</li> <li>Boues légèrement stabilisées ;</li> <li>-facilité de mise en œuvre d'une déphosphatation simultanée.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>-couts d'investissement assez importants ;</li> <li>-consommation énergétique importante ;</li> <li>-nécessité de personnel qualifié et d'une surveillance régulière ;</li> <li>-sensibilité aux surcharges hydrauliques ;</li> <li>-décantabilité des boues pas toujours aisées à maîtriser ;</li> <li>Forte production de boues qu'il faut concentrer.</li> </ul>

## 4.2. Techniques extensifs

### 4.2.1. Le lagunage

#### 4.2.1.1. Principe

Le lagunage est un procédé naturel d'épuration des eaux usées qui permet une séparation des éléments solides de la phase liquide par sédimentation, et une épuration biologique due essentiellement à l'action des bactéries. Les bassins de lagunage sont généralement aux nombres de trois. Ils sont destinés à recevoir de l'eau, la traiter pendant un certain temps pour la restituer ensuite au milieu récepteur. Un bassin de lagunage, s'il est assez simple dans sa réalisation et dans son aspect extérieur, est en réalité un système d'épuration où entrent en jeu toute une série de processus physiques, chimiques et biologiques extrêmement complexes. Le fonctionnement repose sur la constitution d'une chaîne alimentaire complète, il est basé sur la symbiose entre de véritables êtres vivants : les algues et les bactéries. L'écosystème est très complexe car l'action des êtres vivants est dépendante de très nombreux facteurs non maîtrisables comme la température, et l'ensoleillement.

#### 4.2.1.2. Les différents types de lagunages

Le lagunage est dépendant des facteurs climatiques surtout de la température (qui va favoriser l'action des bactéries, l'évaporation), du vent (qui va favoriser les échanges gazeux, le brassage de l'eau); la pluviométrie (pour le niveau de l'eau), et l'ensoleillement (qui permet la photosynthèse). Le rendement épuratoire varie selon la taille, la forme et le nombre de bassins qui est fonction du temps de séjour et des conditions climatiques locales.

Un système de lagunage est généralement constitué de trois bassins en série. Sur ce modèle de base, de nombreuses filières de traitement peuvent être adapté selon les besoins.

- **Le lagunage naturel (aérobie)** Le rayonnement solaire est la source d'énergie qui permet la production de matière vivante par les chaînes alimentaires aquatiques (chaînes trophiques). L'épuration des effluents est réalisée essentiellement par des bactéries aérobies dont l'oxygénation est assurée par l'action chlorophyllienne de végétaux qui participent aussi à la synthèse directe de la matière organique.
- **Le lagunage aéré** Contrairement au lagunage naturel où l'oxygène est fourni par la photosynthèse et le transfert à l'interface eau-atmosphère, dans le cas du lagunage aéré l'oxygène est produit artificiellement (aérateurs mécaniques, insufflation d'air...) A la différence des "boues activées", il n'y a pas de recirculation de la culture bactérienne. C'est donc un procédé intermédiaire entre le lagunage naturel et les procédés biologiques traditionnels. Le traitement se compose de deux types de lagunes : lagune d'aération et lagune de décantation.
- **Le lagunage anaérobie** Dans ces lagunes, le rendement d'épuration escompté dépend essentiellement du développement d'une fermentation méthanique. Il n'est de ce fait applicable que sur des effluents à fortes concentrations et, le plus souvent, à titre de pré-traitement avant un deuxième stade d'épuration de type aérobie. Les principes fondamentaux de ce système d'épuration sont surtout utilisés en climat tropical. [W3]

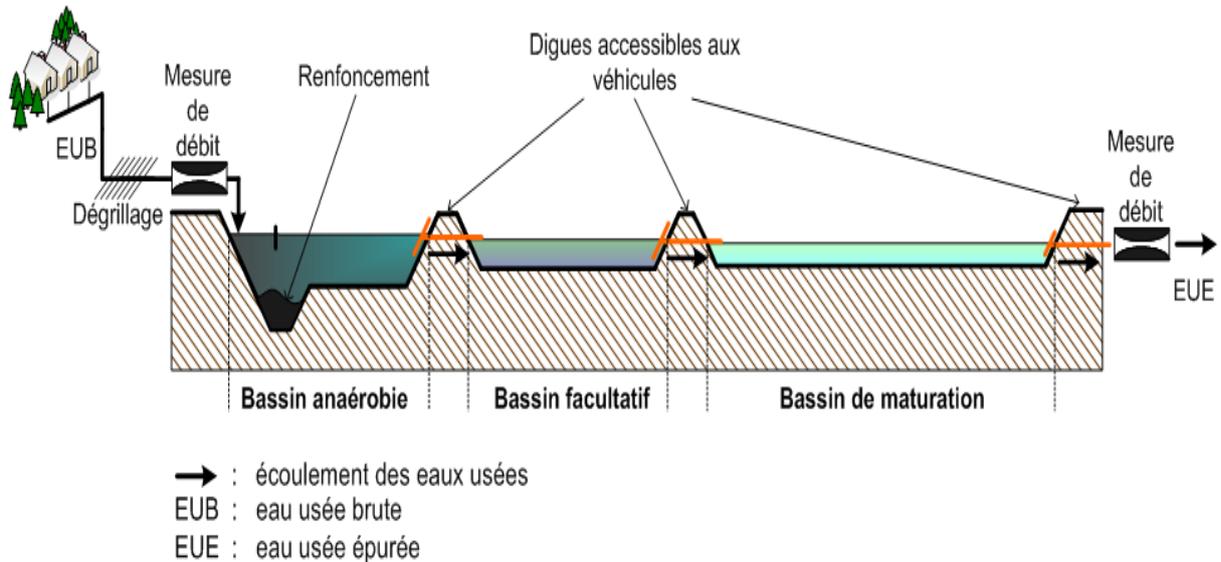


Figure II.4 : Schéma d'une coupe transversale d'un système classique de lagunage [W4]

#### 4.2.2. Infiltration –percolation sur sable

Les filtres à sable sont une filière d'épuration à culture fixée sur support fin reposant sur 3 mécanismes :

- Une décantation préalable (décanteur digesteur ou fosse toutes eaux) permettant d'éliminer la fraction décantable des matières en suspension (MES) ;
- Une filtration superficielle (les MES résiduelles sont « arrêtées » principalement en surface du filtre) ;
- Une dégradation de la pollution dissoute par la biomasse (bactéries) présente dans le filtre (le milieu granulaire constitue un support pour le développement bactérien).

Les filtres peuvent être à l'air libre (infiltration-percolation) ou enterrés (recouvrement par du gravier ou de la terre végétale). [15]



Figure II.5: Filtre enterré [15]



Figure II.6 : Infiltration- percolation [15]

### 4.3. Traitement des boues

Il est défini comme l'ensemble des opérations visant à modifier les caractéristiques des boues issues des différentes étapes d'épuration des eaux (prétraitement ou traitement biologique) afin de rendre leur destination finale fiable et sans nuisance. La stabilisation, l'épaississement, la déshydratation suivie ou non de séchage et d'incinération, ou combinaison d'une ou plusieurs de ces méthodes. [16]

## 5. Choix des procédés d'épuration

### ▪ En Algérie

Le choix de la filière de traitement des eaux usées est déterminé en fonction de la destination finale des eaux Épurées qui peut consister en :

- leur rejet dans le domaine public hydraulique dans le respect des conditions fixées par la réglementation en vigueur ;
- leur réutilisation à des fins d'irrigation, dans le respect des conditions fixées par la réglementation en vigueur ;
- leur utilisation dans le domaine industriel en fonction des exigences de qualité de l'eau correspondant aux procédés industriels considérés;
- la recharge artificielle des nappes aquifères. [17]

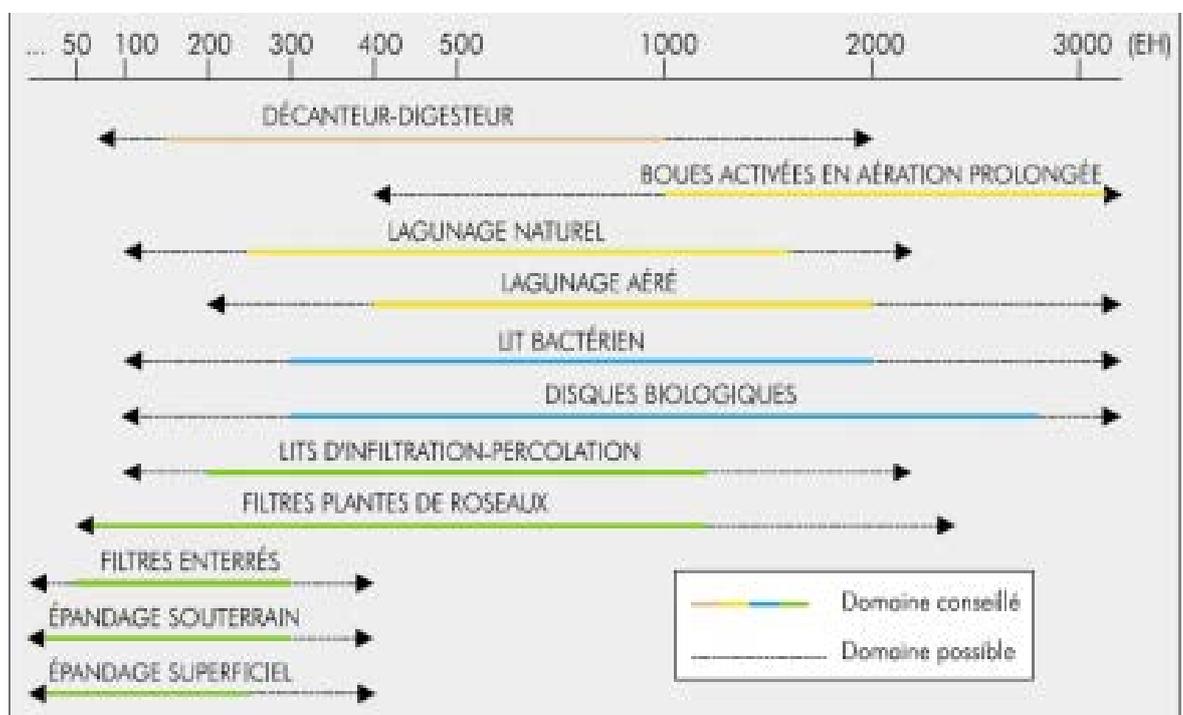


Figure II.7: Domaine de capacité de différentes filières de traitement des eaux usées [18]

## **6. Conclusion**

Tout système d'assainissement qu'il soit collectif ou non, a pour but de regrouper les eaux usées (la collecte), puis de les dépolluer (l'épuration) en les traitant avant leur rejet dans le milieu naturel. La complexité des traitements mis en œuvre varie en fonction de la nature des eaux usées.

## **1. Introduction**

Le traitement des eaux usées par filtres plantés (ou marais artificiels) utilisant des macrophytes s'inspire de processus naturels qui se déroulent dans les zones humides entre les végétaux, le sol, les micro-organismes (bactéries principalement).

Il fonctionne sous un environnement plus ou moins contrôlé puisque le choix des matériaux, des végétaux, des charges hydrauliques appliquées, du site et du mode d'écoulement des eaux est fait en fonction des critères de performances attendues et du devenir des eaux traitées.

Ce procédé dont l'utilisation devient de plus en plus répandue dans le monde, permet de traiter les eaux usées des collectivités de tailles réduites ou moyennes.

## **2. Historique**

La technologie de traitement des eaux usées en utilisant des plantes est apparue en Europe d'Ouest basée sur une recherche de SEIDEL qui a commencé durant les années soixante (1960's), et par KICKUTH à la fin des années soixante-dix (1970's) et dernièrement durant les années quatre-vingt (1980's).

En 1955, Dr SEIDEL discuta dans un rapport la possibilité « de diminuer la sur-fertilisation, la pollution et l'envasement des eaux des terres intérieures à travers des plantes particulières permettant aux eaux polluées de devenir capables de supporter la vie de nouveau ». Elle a proposé pour ce but le jonc commun « *Schoenoplectus Lacustris* », ayant observé dans sa recherche que cette espèce est capable de retenir de grande quantité de substances organiques des eaux contaminées.

Dans des expériences supplémentaires durant les années cinquante 50's, Dr SEIDEL a montré que le *Schoenoplectus* améliore et enrichit le sol sur lequel il se développe, en bactérie et humus et ça exsude apparemment les antibiotiques. Un rang de bactéries (Coliformes, Salmonella et Enterococci) évidemment disparaît des eaux polluées en passant à travers une végétation de joncs.

Le système développé par SEIDEL comprend des séries de lits composés de sable ou gravier supportant une végétation aquatique immergée tel que la massette « *Typha* », le jonc, et le phragmite qui ont été le plus communément utilisé, et dans la majorité des cas le plan d'écoulement été vertical.

En 1985, un nombre de systèmes de « lits de phragmite » a été construit en Angleterre basés sur les concepts de KICKUTH, mais plusieurs cas utilisaient le gravier au lieu des sols cohésifs dus à la conductivité hydraulique élevée. [19]

## **3. Définition des filtres plantés de roseaux**

La phyto-épuration est un système de traitement des eaux usées en utilisant le pouvoir épurateur des plantes. Ces plantes sont des microphytes et /ou des macrophytes. Elle est souvent appelée lagunage à microphytes ou lagunage aéré et lagunage à macrophyte ou filtres plantés. [20]

Les filtres plantés de roseaux sont des systèmes épuratoires permettant une reconstitution contrôlée des phénomènes d'autoépuration naturelle : l'épuration résiduaire consiste à éliminer les éléments solides maintenus en suspension, et à réaliser l'épuration biologique de l'eau en éliminant la pollution organique. De manière naturelle, des micro-organismes sont capables de transformer des molécules organiques ou minérales pour leur propre métabolisme. Les roseaux, de par leur système racinaire, ainsi que le substrat de sable et gravier qui constituent les filtres plantés de roseaux ("Phragmifiltres") créent un milieu favorable à l'activité biologique et au développement des micro-organismes épurateurs, permettant ainsi une vitesse de réaction compatible avec les fortes charges en pollution arrivant au système, et provenant du réseau d'assainissement (eaux ménagères et eaux vannes). [W5]

Les roseaux, remplissent plusieurs fonctions :

- Leurs racines sécrètent des acides organiques, dégagent de l'oxygène (en quantités limitées) et ainsi favorisent le développement des bactéries dans leur entourage (c'est «l'effet rhizosphère»);
- Leurs tiges ouvrent des cheminements à l'eau à travers la couche de boues en surface et le massif filtrant en profondeur, et ainsi diminuent le risque de colmatage;
- Ils protègent le filtre du soleil, des rayons U.V, de l'assèchement et ainsi favorisent la minéralisation des boues retenues en surface, leur évolution vers un terreau stable chimiquement et perméable physiquement;
- Ils améliorent l'esthétique des filtres et facilitent leur entretien (plus de désherbage une fois que la roselière est bien établie, pas de «grattage» de surface comme sur les filtres non plantés). [21]



**Figure III.1 : La phyto-épuration par les roseaux [W6]**

#### 4. 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). [22]

#### 5. Les mécanismes d'élimination et les performances épuratoires

Les mécanismes d'élimination sont régis par les processus physiques, chimiques, physico-chimiques ou encore biologiques qui sont résumés dans le tableau qui suit :

**Tableau III.1. : Principaux mécanismes d'élimination des différents types de polluants. [23]**

Polluants	Mécanismes d'élimination
Matières en suspension	- Filtration
Matière organique	- Dégradation microbienne aérobie - Dégradation microbienne anaérobie
Composés azotes	- Ammonification suivie d'une nitrification et d'une dénitrification microbienne - 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

#### 6. Types des filtres plantés

Les techniques de traitement des eaux usées domestiques par filtres plantés de macrophytes regroupent un ensemble de procédés parmi lesquels on distingue les filtres plantés à écoulement horizontal, FPh des filtres plantés à écoulement vertical, FPv. [24]

## 6.1. Filtre planté à écoulement horizontal

### 6.1.1. Principe

Les filtres horizontaux sont beaucoup plus sujets au colmatage. Ils sont de ce fait utilisés en majorité après un traitement préalable afin d'éliminer les matières en suspension (après un premier étage de filtres verticaux ou un décanteur).

L'oxygénation est beaucoup plus faible que pour les filtres verticaux. L'oxygène est fourni par la partie supérieure non saturée du filtre ainsi que par le système racinaire des roseaux.

Cette technologie utilise très peu de bactéries aérobies et l'élimination de la pollution carbonée et l'oxydation des matières azotées y sont plus faibles. En revanche, on y observe une dénitrification ce qui diminue les rejets de nitrates. Une partie de la pollution carbonée est tout de même dégradée au niveau des racines (rhizosphère).

Les roseaux ont pour rôle principal d'éviter le colmatage du filtre même si dans ce cas l'apport d'oxygène n'est plus négligeable. [W7]

### 6.1.2. Domaine d'application

Le domaine d'utilisation conseillé du filtre horizontal est présenté dans la figure ci-dessus.

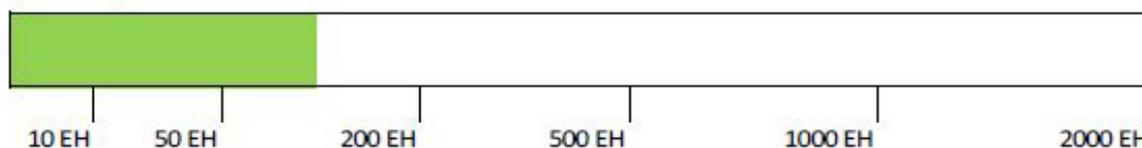


Figure III.2 : Domaine d'utilisation conseillé [25]

### 6.1.3. Le fonctionnement

#### ▪ Alimentation en eaux brutes

Alimentés généralement de façon continue et permanente, les eaux brutes sont réparties, par un drain, sur toute la hauteur et largeur du filtre, entraînant ainsi une saturation. L'écoulement se fait principalement horizontalement au travers du massif planté, avec une sortie de l'autre côté par un drain.

En raison des possibilités de colmatage, 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. [26]

#### ▪ Rejet des eaux traitées

Placé dans la couche drainante du substrat et à l'extrémité opposée de l'alimentation, le drain garantit le rejet des eaux traitées. Afin d'assurer la saturation en eau un filtre, un siphon régulant la hauteur de surverse est raccordé au drain. [26]

Le niveau d'eau doit être maintenu environ à 5 cm sous la surface du matériau, dans le but d'assurer un flux homogène sans écoulements préférentiels en surface. [26]

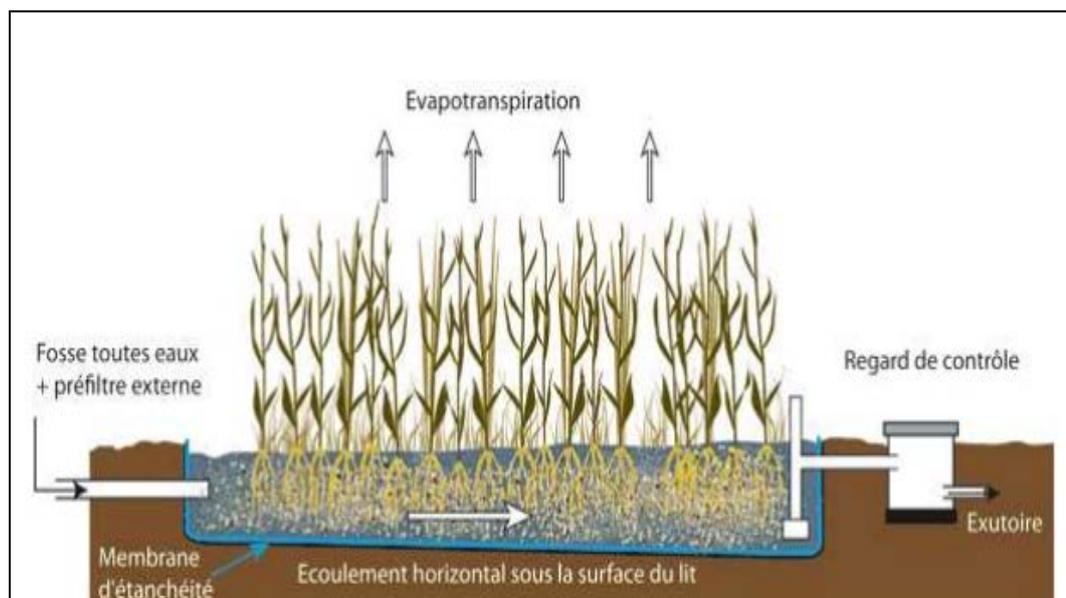


Figure III.3 : Schéma du fonctionnement d'un filtre à roseaux  $FP_h$  [W8]

#### 6.1.4. Performances

Les performances épuratoires du filtre planté à écoulement horizontal sont présentées dans le tableau suivant.

Tableau III.2 : Performances épuratoires des filtres plantés de roseaux à écoulement horizontal en traitement secondaire. [27]

Paramètres	Rendement (%)
DBO <sub>5</sub>	86
MES	86
N global (Azote total)	37
Pt (Phosphore total)	27

#### 6.1.5. Avantages et inconvénients

Les avantages et les inconvénients de cette filière sont cités dans le tableau ci-après.

Tableau III.3 : Avantages et inconvénients de la filière [28]

Avantages	Inconvénients
Faible consommation énergétique : ne nécessite pas une pente importante pour l'écoulement par gravité	L'emprise au sol est importante
Aucune nécessité d'une qualification poussée pour l'entretien	Une installation pour des tailles d'environ 4000 EH ne peut s'envisager que sous réserve d'une réflexion poussée des conditions d'adaptation des bases de dimensionnement et de l'assurance de la maîtrise de l'hydraulique
Bonne réaction aux variations de charge	

## 6.2. Filtre planté à écoulement vertical

### 6.2.1. Principe

L'effluent, en traversant le massif, est filtré et débarrassé de ses matières en suspension. Elles s'accumulent alors à la surface et dans la partie inférieure du filtre (dans le système racinaire des roseaux).

Commence ensuite la deuxième phase de l'épuration, à savoir la dégradation de la pollution organique par les micro-organismes se développant dans le massif filtrant. Ce processus est proche de celui décrit précédemment : les micro-organismes éliminent les matières organiques en consommant de l'oxygène. [W7]

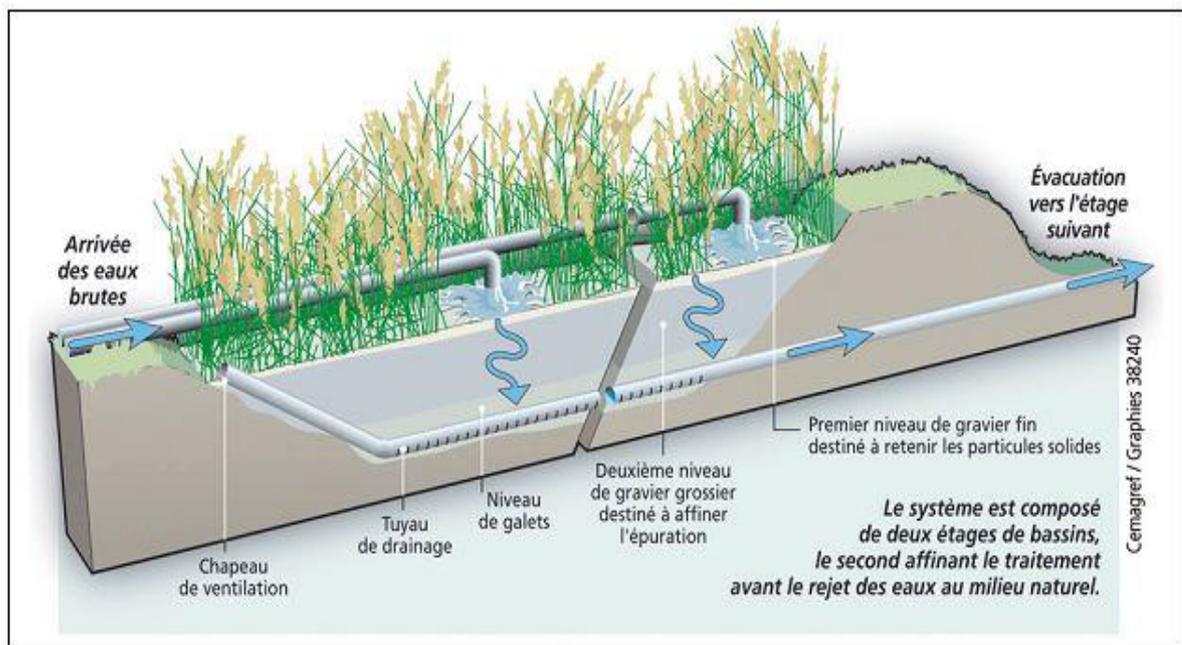


Figure III.4 : Filtre planté à écoulement vertical [25]

### 6.2.2. Domaine d'application

Le domaine d'utilisation conseillé pour le filtre planté à écoulement vertical est entre 50 à 2000 EH.

### 6.2.3. Le fonctionnement

La bâchée doit être répartie uniformément sur l'ensemble du filtre de manière à mobiliser toute la masse filtrante et optimiser l'apport d'oxygène. Facile à dire et pas trop difficile à faire en jouant sur la charge hydraulique en tête (la dénivellation en cas d'alimentation gravitaire, la hauteur de relevage), la répartition des points d'alimentation, les diamètres successifs du système de distribution. [21]

### 6.2.4. Performances

Les performances enregistrées pour les filtres plantés de roseaux à écoulement vertical sont présentées dans le tableau suivant :

**Tableau III.4 : Performances épuratoires des filtres plantés de roseaux à écoulement vertical [9]**

Paramètres	Performance
DBO <sub>5</sub>	≤25 mg O <sub>2</sub> /l Rendement > 98%
DCO	≤90 mg O <sub>2</sub> /l rendement 95%
MES	≤30 mg/l Rendement > 98%
NTK	≤10 mg/l en général Avec des pointes ne dépassant pas 20 mg/l
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

### 6.2.5. Avantages et inconvénients

L'épuration des eaux usées par les filtres plantés à écoulement vertical présente des avantages et inconvénients qui sont présentés dans le tableau ci-dessous :

Tableau III.5 : Avantages et inconvénients de filtre planté à écoulement vertical [28]

Avantages	Inconvénients
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Facilité et faible coût de l'exploitation</li> <li>- Aucune consommation énergétique si la topographie le permet</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Exploitation régulière, faucardage annuel de la partie aérienne des roseaux, désherbage manuel avant la prédominance des roseaux</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Possibilité de traiter des eaux usées domestiques brutes</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Utiliser cette filière pour des capacités supérieures à 2000 EH reste très délicat pour des questions de maîtrise de l'hydraulique et de coût par rapport aux filières classiques.</li> <li>- Une conception pour des tailles supérieures ne peut s'envisager que sous réserve d'une réflexion poussée concernant l'adaptation des bases de dimensionnement et les conditions à remplir pour s'assurer de la maîtrise de l'hydraulique</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Gestion réduite au minimum des boues</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Risque de présence d'insectes ou de rongeurs</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Bonne adaptation aux variations saisonnières de population</li> </ul>	

### 6.3. Système hybride

Son intérêt réside dans la combinaison des deux sortes de filtres : bonne nitrification dans les filtres verticaux bien oxygénés (dégradation de la matière organique) suivie d'une dénitrification dans les filtres horizontaux par des bactéries dénitrifiantes (conditions d'anoxie nécessaires).

Le rendement est plus ou moins bon selon l'intensité de disparition de la matière organique. [29]

## 7. Récapitulatif

Le procédé d'épuration des eaux usées par filtres plantés par les deux sens d'écoulement est résumé dans le tableau suivant :

Tableau III.6 : Tableau récapitulatif d'une filière type de filtre planté de roseaux. [26]

	Filtre planté à écoulement vertical	Filtre planté à écoulement horizontal
<b>Etape de traitement</b>	Primaire, secondaire ou tertiaire	Secondaire ou tertiaire
<b>Nature des eaux à traiter</b>	Eaux brutes	Eaux décantées
<b>Massif filtrant</b>	Gravier et sable	Sol ou sable ou gravier
<b>Type d'alimentation</b>	Discontinue alternée (bâchées)	Continue permanente
<b>Base de dimensionnement – charge organique surfacique-</b>	20g DBO <sub>5</sub> /m <sup>2</sup> .j	8g DBO <sub>5</sub> /m <sup>2</sup> .j
<b>Surface utile</b>	Traitement primaire : 1 à 2.5 m <sup>2</sup> /EH Traitement secondaire : 1 à 2.5 m <sup>2</sup> /EH	Traitement secondaire : 5 à 10 m <sup>2</sup> /EH Traitement tertiaire : 1 m <sup>2</sup> /EH
<b>Nombre d'étages</b> <b>Nombre de files</b>	2 ≥2	≥1 ≥1
<b>Temps de séjour hydraulique</b>	Quelques heures	Plusieurs jours
<b>Performances épuratoires</b>	Paramètres cibles : DBO <sub>5</sub> , MES, NH <sub>4</sub> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Nitrification maîtrisée</li> <li>• Pas de dénitrification</li> <li>• Rétention du phosphore insuffisante</li> </ul>	Paramètres cible : DBO <sub>5</sub> , MES <ul style="list-style-type: none"> <li>• Très bonne dénitrification</li> <li>• Faible nitrification</li> <li>• Rétention du phosphore insuffisante</li> </ul>

## 8. Rôle du matériau de remplissage

De par sa granulométrie, le matériau de remplissage a un rôle évident de filtration des matières en suspension présentes dans les eaux usées, d'où le nom de filtres. Son efficacité dans ce rôle dépend en grande partie de la texture du matériau que l'on approche par sa granulométrie et qui interviendra notamment sur les caractéristiques hydrodynamiques (conductivité hydraulique en milieu saturé ou non). [23]

Le choix d'un matériau optimisé au regard des objectifs de traitement recherché et du type d'écoulement (en milieu saturé ou non), qui comme nous l'avons vu précédemment, est imposé par la géométrie et le principe de fonctionnement des filtres, selon qu'ils sont horizontaux ou verticaux.

Schématiquement, on peut dire que pour un filtre vertical, dont le fonctionnement est, rappelons-le, nécessairement aérobie (sinon le risque de colmatage rapide est patent), le choix d'une granulométrie adaptée doit nécessairement prendre en compte la chute de la conductivité hydraulique liée au développement bactérien (par réduction de la porosité totale) et la nécessaire porosité supplémentaire, dite « libre à l'air », indispensable pour la diffusion qui est le facteur prépondérant de l'aération du milieu. Les équilibres biologiques fluctuent au gré des indispensables périodes d'alimentation et de repos et sont aujourd'hui encore très mal connus et relativement peu étudiés.

En filtre horizontal, au plan strictement physique, les paramètres peuvent apparaître plus simples à caler mais ils se compliquent au niveau biologique. Ce domaine est mal connu. La composition du matériau de remplissage influence également le traitement par sa capacité à adsorber le phosphore ou encore les métaux lourds. Cela dépend essentiellement de sa teneur en fer, aluminium, calcium et du temps de séjour des eaux dans le massif, variable avec la porosité du matériau en place [23].

## **9. Conclusion**

Le filtre planté de roseaux est une technique d'épuration récente basée sur l'optimisation de processus naturels.

L'épuration des eaux usées par les filtres plantes de roseaux se fait par deux types de filtres qui sont : les filtres horizontaux et les filtres verticaux.

Le concept de filtres plantés de roseaux possède réellement de nombreux avantages, c'est une technique simple, économique, et efficace. Cependant, son grand problème est le colmatage.

## 1. Introduction

Etant donné que le réseau d'assainissement de Béni Ghazli se limite à des fosses septiques individuelles. Les rejets de cette localité créent un risque sanitaire, et risque de polluer les terrains agricoles avoisinant. L'objectif recherché est de collecter ces eaux usées et de les diriger vers la station d'épuration de type filtres plantés de roseaux, que nous allons étudier, avant d'être rejetés dans la nature.

Dans ce chapitre nous allons, dans un premier temps, étudier, concevoir et dimensionner notre système d'épuration à base de filtres plantés de roseaux pour les deux variantes que nous avons étudiées dans la littérature (Chapitre III), en fonction de notre zone d'étude et en supposant le réseau d'assainissement étudié par le bureau d'étude « Messaoudene » réalisé. Puis, dans un deuxième temps nous allons faire une étude technico-commerciale pour les deux cas et on choisira la variante la plus adéquate pour notre projet.

## 2. Présentation des variantes

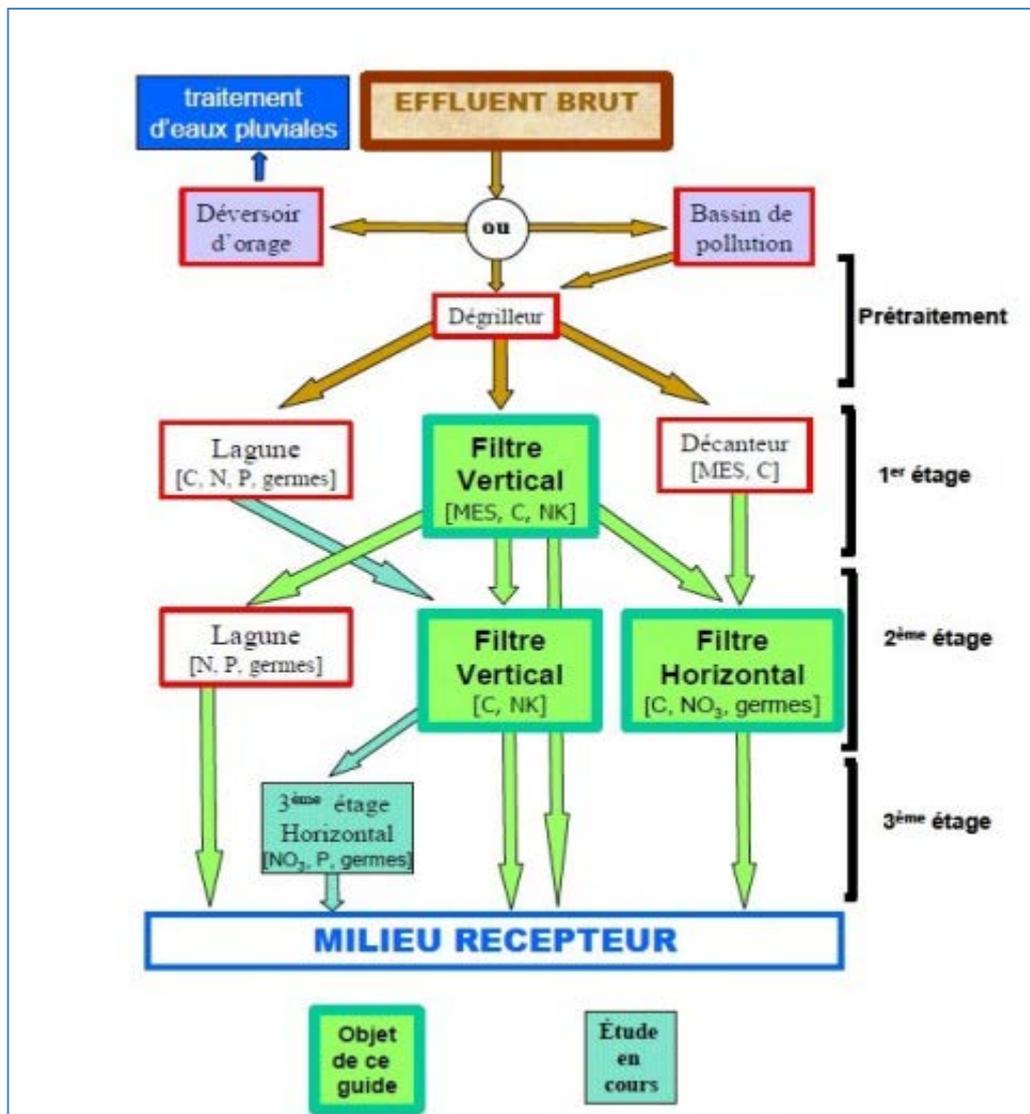


Figure IV.1 : Configurations possibles pour le traitement des effluents [22]

Le schéma de la figure IV.1 donne plusieurs configurations possibles d'une station de filtre plantés de roseaux.

Les configurations choisies dépendent de plusieurs paramètres :

- Les ouvrages déjà présents
- Le niveau de traitement exigé
- La place disponible
- Le dénivelé
- Etc.

Dans notre cas et suite à l'étude établie dans le chapitre I, les eaux usées de la localité de Béni Ghazli est composée principalement de rejets domestiques traités dans des fosses septiques individuelles et la topographie de cette zone est accidentée.

Selon la direction des ressources en eau il existe une superficie de 2 ha en aval du rejet de la conduite principale du futur réseau d'assainissement, que l'on peut exploiter pour implanter la station d'épuration de filtres plantés de roseaux.

D'après ces paramètres nous avons proposés deux variantes à étudier pour choisir le système le plus avantageux pour notre projet :

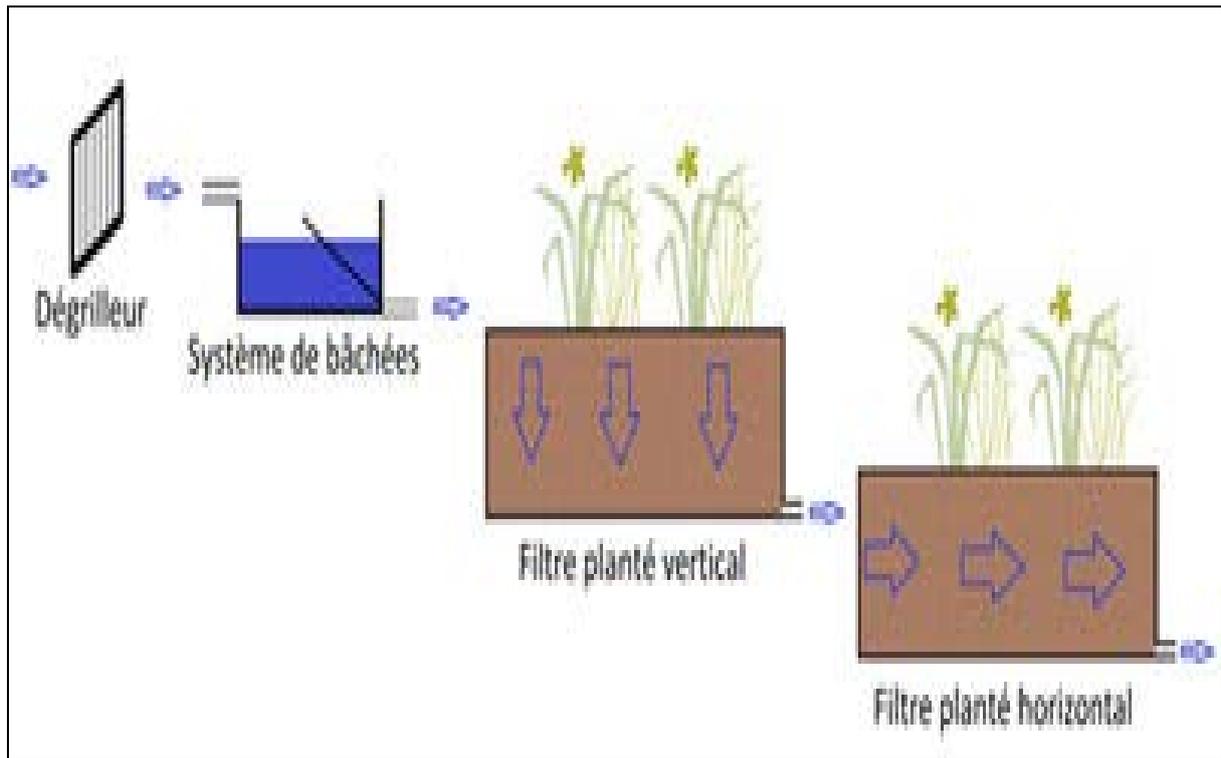
### **➤ Variante 1 : Le système hybride (Filtres verticaux+filtres horizontaux)**

Le système de la première variante est composé d'un dégrilleur automatique, et des filtres plantés de roseaux à deux étages.

Le premier étage sera composé de 3 filtres verticaux en parallèle alimentés par bâchées. Le deuxième étage sera composé de 2 filtres horizontaux en série.

Les eaux traitées et récupérées sont, par la suite, déversées dans le milieu récepteur (Oued Lakhdar) et pourront servir à l'irrigation des arbres fruitiers.

Le schéma de cette variante est présenté sur la figure IV.2.



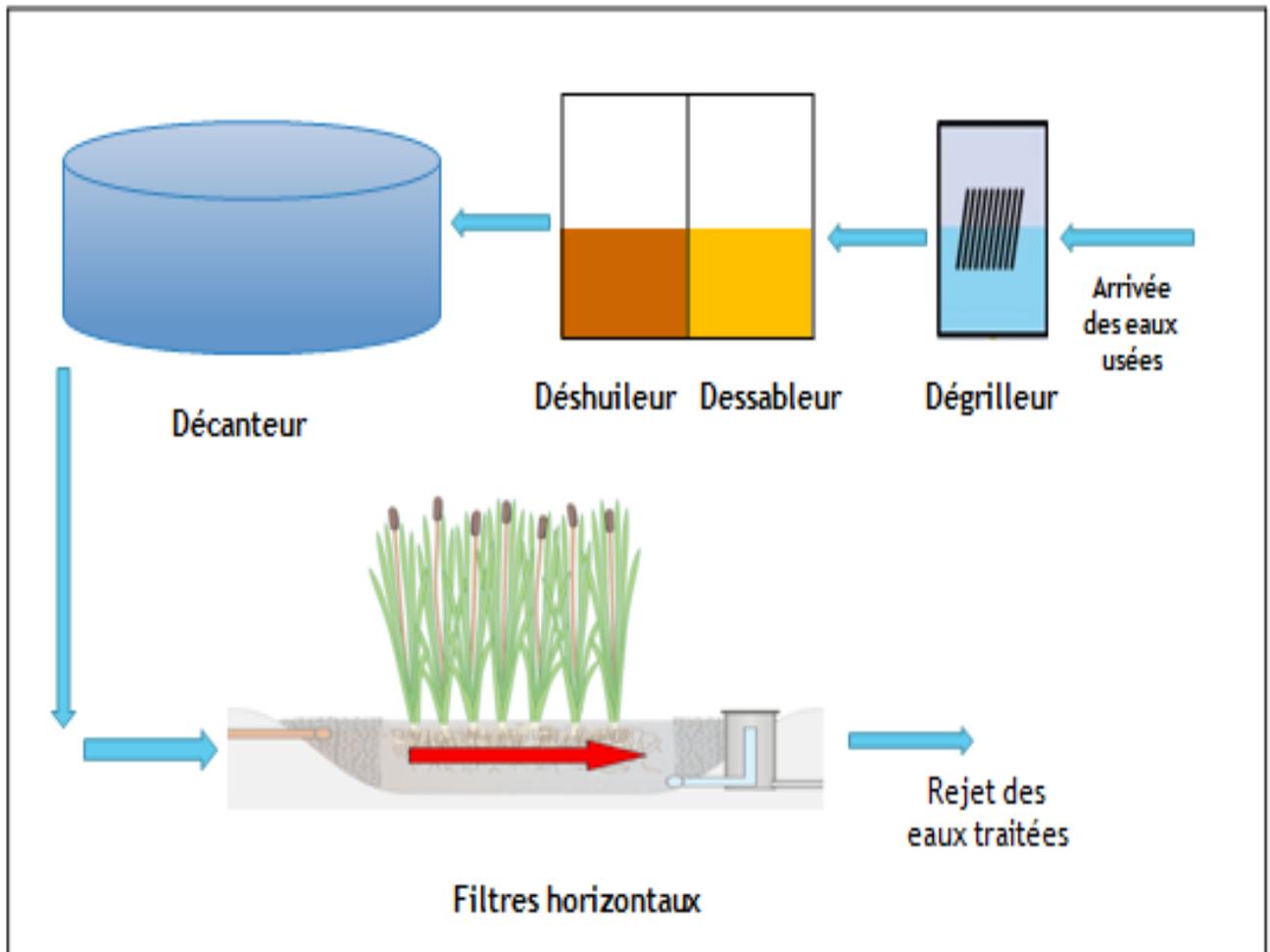
**Figure IV.2 : Schéma générale de la variante hybride**

➤ **Variante 2 : Bassin de décantation + filtres horizontaux**

La deuxième variante que nous avons proposée est composée des trois étapes de prétraitement (Un dégrilleur, un dessableur, et un déshuileur), ensuite les eaux prétraitées passent par un décanteur puis les eaux sont réparties sur 4 filtres à écoulement horizontal par une alimentation gravitaire.

Enfin les eaux sont récupérées par des drains et rejetées dans le milieu récepteur (Oued Lakhdar).

Le schéma de cette variante est présenté sur la figure IV.3.



**Figure IV.3 : Schéma générale de la variante bassin de décantation+filtres horizontaux**

### 3. Données de base de dimensionnement

#### 3.1. Calculs des débits

Les débits des eaux usées ont été calculés d'après le PDAU de la commune d'Oued Lakhdar comme suit :

**Tableau IV.1 : Résultats de calcul des débits**

Echéance	$P_n$	D	$C_{domestique}$	$C_{équipements}$	$Q_{moy.j}$	$Q_{jmax}$	$Q_{maxp}$	$Q_{max.h}$
Unité	Hab	L/j/hab	m <sup>3</sup> /j	L/s				
2018	593	150	89	36	125	150	180	2.1
2028	704	150	105	42	147	171	205	2.4

## **3.2. Analyse des rejets**

Il existe deux types d'analyse : analyses physico-chimiques et analyses bactériologiques.

### **3.2.1. Paramètres physico-chimiques**

#### **3.2.1.1. Les matières en suspension (MES)**

Il s'agit de matières qui ne sont ni soluble ni colloïdales. On peut considérer qu'ils représentent un intermédiaire entre les particules minérales du type sable poussières de charbon et les particules minérales du type mucilagineuse. [28]

#### **3.2.1.2. Le pH**

L'acidité, la neutralité ou l'alcalinité d'une solution aqueuse peut s'exprimer par la concentration en  $H_3O^+$  (notée H pour simplifier). De manière à faciliter cette expression ; on utilise le logarithme décimal de l'inverse de la concentration en ion  $H^+$  : c'est le pH.

#### **3.2.1.3. La demande biochimique en oxygène (DBO<sub>5</sub>)**

Elle caractérise la consommation en oxygène (mg/L) des bactéries épuratrices, c'est-à-dire la quantité d'oxygène nécessaire aux micro-organismes vivants pour assurer l'oxydation et la stabilité des matières organiques présentes dans l'eau usée, les conditions de mesures sont l'incubation à 20°C et dans l'obscurité. La durée du processus complet est de trois semaines (DBO<sub>21</sub>), mais cette durée est très longue. Elle présente ainsi la concentration en matière biodégradable. Par convention la valeur de la DBO obtenue est cinq jours d'incubation et que l'on note DBO<sub>5</sub>. [30]

#### **3.2.1.4. La demande chimique en oxygène (DCO)**

C'est la mesure de la quantité d'oxygène nécessaire qui correspond à la quantité des matières oxydables par oxygène renfermé dans un effluent. Elles représentent la plus part des composés organiques (détergents, matières fécales). Elle est mesurée par la consommation d'oxygène par une solution de dichromate de potassium en milieu sulfurique en présence de sulfate d'argent et de sulfate de mercure II (complexant des chlorures), à chaud pendant 2h. [31]

#### **3.2.1.5. La température**

Détermine des propriétés variables du carbone organique dissous et particulaire, du carbone organique provenant de substances volatils et du carbone minéral dissous. [31]

La température est un paramètre physique principal sur différents matières tel que : la solubilité des gaz, et des sels.

L'augmentation de la température diminue la solubilité des gaz, ce phénomène est important dans le cas de l'oxygène diminue, ceci implique une insuffisance de la réserve en oxygène mis la multiplication des micro-organismes ainsi que l'épuration biologique. [30]

### **3.2.1.6. La conductivité**

La conductivité est la propriété que possède une eau de favoriser le passage d'un courant électrique. Elle est due à la présence dans le milieu d'ions qui sont mobiles dans un champ électrique. Elle dépend de la nature de ces ions dissous et de leurs concentrations.

La conductivité électrique d'une eau est la conductance d'une colonne d'eau comprise entre deux électrodes métalliques de 1 cm<sup>2</sup>, et l'unité de la conductivité est le siemens par mètre (S/m). [19]

### **3.2.1.7. Carbone organique total (COT)**

Détermine des propriétés variables du carbone organique dissous et particulaire, du carbone organique provenant de substances volatils et du carbone minéral dissous. [31]

### **3.2.2. Paramètres bactériologiques**

Ils sont constitués de microorganismes (bactéries, virus, algues, protozoaire etc..) et d'organismes supérieurs (vers et insectes aux divers stades de leur développement)

Trois groupes principaux sont couramment utilisés dans ce but:

- les coliformes fécaux (CF) ;
- les streptocopes ;
- les clostridium sulfite-réducteurs (CSF). [32]

### **3.2.3. Prélèvement des échantillons**

Le prélèvement d'un échantillon d'eau est une opération importante à laquelle le plus grand soin doit être apporté, il conditionne les résultats analytiques et l'interprétation qui en sera donnée.

L'échantillon doit être homogène, représentatif et obtenu sans changer les caractéristiques physico-chimiques de l'eau prélevé peut développer une méthodologie adaptée à chaque cas.

Les échantillons des eaux usées doivent être prélevés à l'aide des bouteilles en verre stériles de 500 ml et conservés à 4°C pour servir pour la totalité des analyses physicochimiques.

### **3.2.4. Résultats d'analyses**

N'ayant pas pu faire les analyses des rejets de la zone d'étude par manque de réactifs et d'appareils de mesure, les résultats standards d'analyses qui sont donnés dans le tableau IV.2 pour notre projet ont été tirés de tableau de qualité des eaux usées domestiques de Tlemcen pour l'année 2015.

**Tableau IV.2 : Résultats d'analyses physico-chimiques [33]**

<b>Paramètres</b>	<b>Unité</b>	<b>Moyenne</b>
<b>MES</b>	mg/L	235.5
<b>DCO</b>	mg/L	357.3
<b>DBO<sub>5</sub></b>	mg/L	202
<b>NH<sub>4</sub></b>	mg/L	36.7

### **3.2.5. Les normes Algériennes de rejet d'effluent**

Les normes Algérienne du rejet d'effluent sont présentées dans le tableau suivant :

**Tableau IV.3 : Les normes de rejets des effluents liquides selon le JORAD [W9]**

<b>Paramètres</b>	<b>Unités</b>	<b>Valeurs limites</b>
Température	°C	30
pH	-	6.5-8.5
DBO <sub>5</sub>	mg/L	30
DCO	mg/L	120
MES	mg/L	35
Azote total	mg/L	30
Phosphore total	mg/L	10
Furfural	mg/L	50
Hydrocarbures	mg/L	10
Plomb	mg/L	0.5
Fer	mg/L	3
Mercure	mg/L	0.01
Cuivre	mg/L	0.5
Zinc	mg/L	3

#### 4. Conception de la STEP

L'étanchéité des lits filtrants et les matériaux utilisés pour le massif filtrant sont présentés dans les deux figures ci-après :

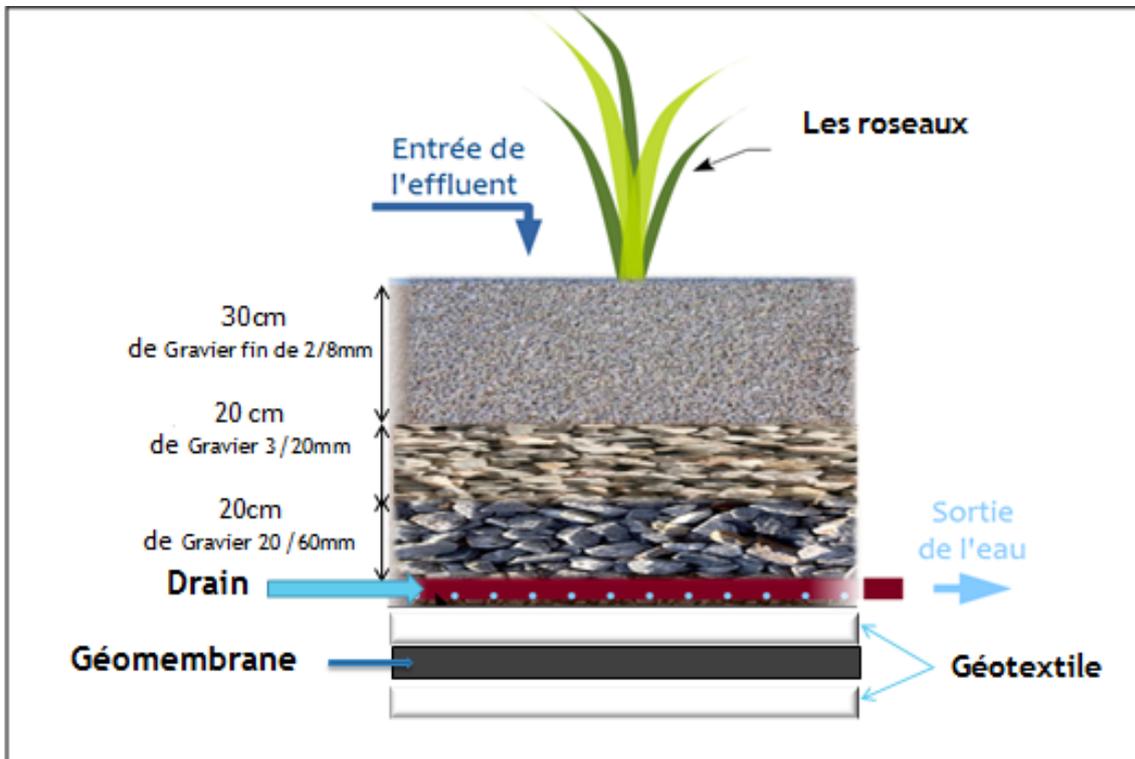


Figure VI.4 : Etanchéité et matériaux de remplissage pour les lits verticaux

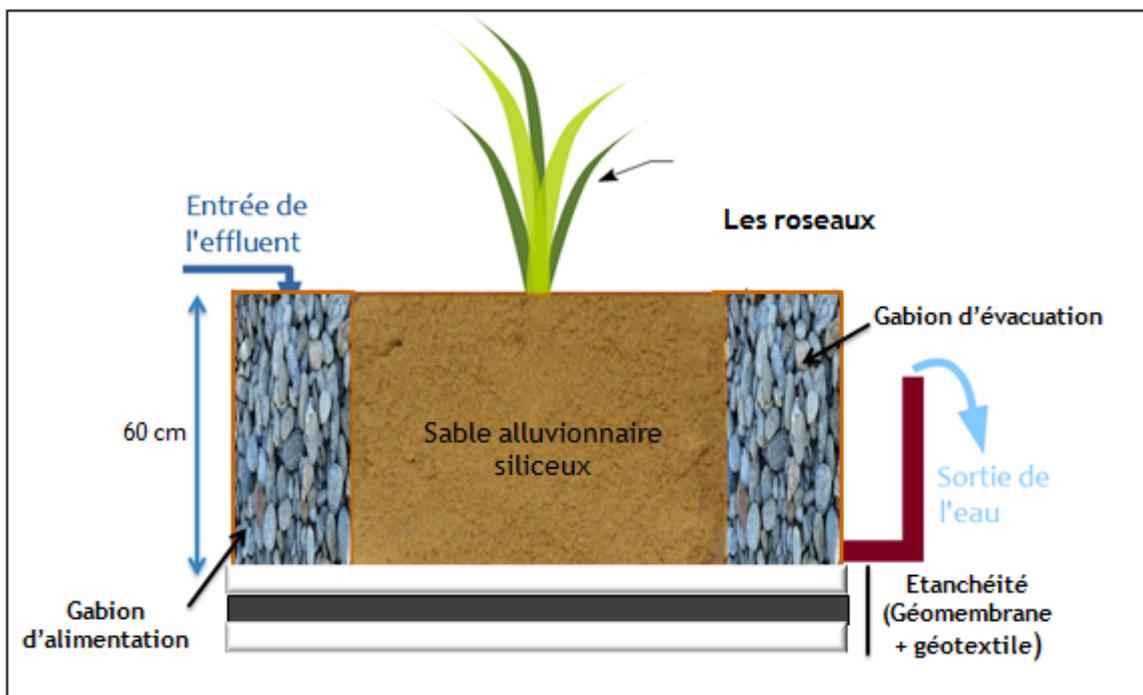


Figure VI.5 : Etanchéité et matériaux de remplissage pour les lits horizontaux

## **5. Dimensionnement des ouvrages de la STEP**

### **5.1. Dimensionnement de la variante hybride**

#### **5.1.1. Le dégrillage**

Quel que soit le type de filtre, le dégrillage des effluents est obligatoire. Pour des filtres verticaux, alimentés en eaux brutes, les autres prétraitements (dessablage et dégraissage) ne sont pas obligatoires. Il faut cependant savoir que des amas de graisses se formeront dans les bâches de relèvement ou de stockage pour le fonctionnement d'un siphon. Si ces amas peuvent être aspirés par les pompes ou le siphon sans risque de bouchage, ils peuvent être répartis sur la surface des filtres où leur dégradation interviendra progressivement sans affecter la qualité du rejet. Une alimentation en eau sous pression est cependant nécessaire pour procéder facilement à des nettoyages épisodiques car ce qui n'est pas enlevé régulièrement du fait de l'absence de dégraisseur doit être évacué lors des interventions du préposé, sinon des dysfonctionnements surviendront à terme. [34]

Les dimensions du dégrilleur sont calculées comme suit :

#### **- Largeur de la chambre de dégrillage**

$$l = \frac{S \times \sin \theta}{h \max(1 - \beta) \delta} \quad (\text{IV.1})$$

AN: 
$$l = \frac{4 \times (80 \times 3.14) / 180}{3 \times (1 - 0.33) 0.5} \equiv 0.97 \Rightarrow l \approx 1m$$

Avec :

S : Section minimale du dégrilleur (m<sup>2</sup>), avec : S=Q/v ;

$\theta$  : Angle d'inclinaison de la grille avec l'horizontal en degrés ;

$\delta$ : Coefficient de colmatage de la grille (0.5 pour un dégrilleur automatique et 0.25 pour un dégrilleur manuel) ;

$\beta$  : Fraction de la surface occupée par les barreaux ;

v : Vitesse de passage en m/s.

#### **- Hauteur de la chambre de dégrillage**

$$H_g = 2H \max + \Delta h + 0,5 \quad (\text{IV.2})$$

D'après Kirschmer,  $\Delta h$  est donnée par :

$$\Delta h = k \times \left[ \frac{s}{e} \right]^{\frac{4}{3}} \times \frac{v^2}{2g} \times \sin \theta \quad (\text{IV.3})$$

AN: 
$$\Delta h = 1,79 \times \left[ \frac{8}{20} \right]^{\frac{4}{3}} \times \frac{0,6^2}{2 \times 9,81} \times \sin 80^\circ = 0,016m$$

→  $H_g = 2 \times 0.3 + 0.016 + 0.5 = 1.116m$

→  $H_g = 1m$

Avec :

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

$\Delta h$  : Pertes de charges au niveau du dégrilleur ;

k : Facteur dépendant de la forme des barreaux

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

e : Espacement entre barreaux (en mm), il est de 2 à 2.5 pour un dégrilleur mécanique. [30]

les résultats de calcul du dégrilleur sont présentés dans le tableau ci-après :

**Tableau IV. 4: Résultats de calcul du dégrilleur**

Dimensions	Dégrilleur
l(m)	1
L(m)	2.7
H(m)	1

### 5.1.2. Dimensionnement des filtres verticaux (1<sup>er</sup> étage)

#### - Surface des filtres

##### \* Méthode 01 :

Le dimensionnement est basé sur une charge nominale de 4 m<sup>2</sup>/100 g DBO<sub>5</sub>/jour.

Pour de petites unités (< 100 habitants), la formule suivante peut être utilisée :

$$F1 = 3.5 P^{0.35} + 0.6 P \quad (\text{IV.4})$$

Avec F1 : Surface du premier filtre vertical P : Nombre d'habitants raccordés

Surface 2ème filtre = 60 % de F1, et à 50 % dans le cas d'un traitement primaire.

**Tableau IV.5: Surfaces spécifiques nettes nécessaires en fonction du nombre d'équivalent habitant raccordé [26]**

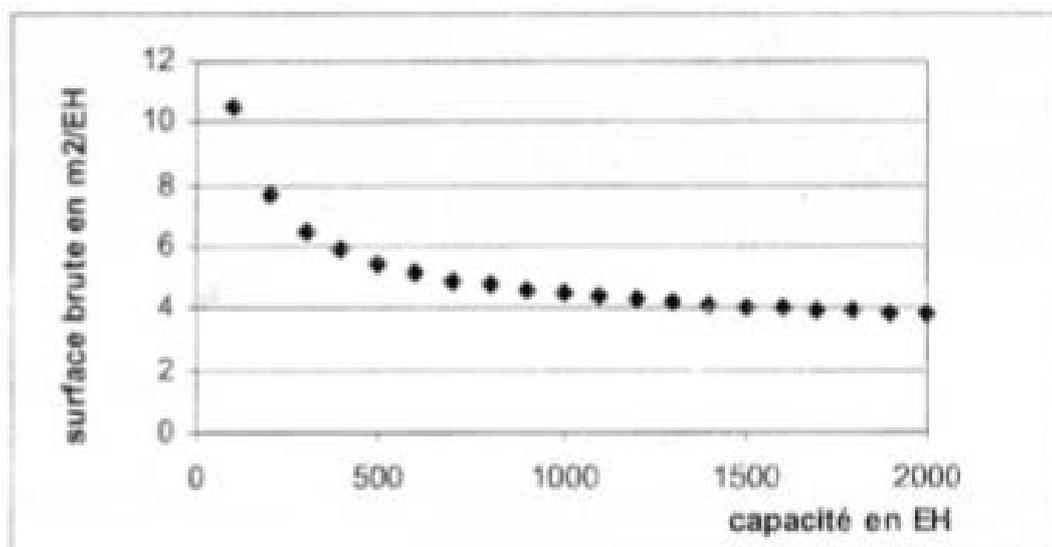
Capacité (hab)	Contraintes	F1 (m <sup>2</sup> /hab)	F2 (m <sup>2</sup> /hab)	Surface totale (m <sup>2</sup> /hab)
4	Effluent prétraité	2	1	3
	Effluent brute	2	1.2	3.2
100	Effluent prétraité	0.8	0.4	1.2
	Effluent brut	0.8	0.5	1.3
>100	DBO <sub>5</sub>	0.7	0.3	1
	DBO <sub>5</sub> + nitrification	1.3	0.7	2

Lorsque l'objectif de traitement inclut une nitrification, la plupart des filtres du premier étage sont dimensionnés en tenant compte de l'hydraulicité du réseau :

- 1m<sup>2</sup>/hab dans le cas d'un réseau séparatif
- 1,5 m<sup>2</sup>/hab dans le cas d'un réseau unitaire, même partiellement

La répartition des surfaces des deux étages se fait de façon suivante :

Les surfaces évoquées précédemment représentent les surfaces utiles de traitement, auxquelles il faut ajouter les surfaces occupées par les digues. Les surfaces brutes sont donc supérieures, en particulier pour les filtres de petite capacité.



**Figure IV.6 : Surface brute nécessaire pour les filtres verticaux à deux étages en fonction de la capacité [26]**

**\* Méthode 02**

La règle générale établie expérimentalement par Pr KICHUTH est reportée dans le tableau IV.6 suivant :

**Tableau IV.6: Règles de base habituelles de dimensionnement [28]**

Surface utile totale	2 à 3 m <sup>2</sup> /habitant
Premier étage (3lits en parallèle)	1.2 à 1.5 m <sup>2</sup> /habitant
Deuxième étage	0.8 à 1 m <sup>2</sup> /habitant

Pour notre cas d'étude, nous avons calculé la surface des lits verticaux en utilisant cette méthode.

Le village de Béni Ghazli est caractérisé par une population qui dépasse les 700 habitants à l'horizon de 2028. Alors, la surface utile du filtre par habitant choisie pour notre station est de 1.5 m<sup>2</sup>/hab.

$$\text{Surface des filtres verticaux} = \text{nbr d'habitant} \times 1.5 \quad (\text{IV.5})$$

AN :  $\text{Surface des filtres verticaux} = 704 \times 1.5$

$$\text{Surface des filtres verticaux} = 1056 \text{ m}^2$$

**- Nombre d'étage**

En traitement principal, le système nécessite généralement deux étages.

En traitement combiné, par exemple traitement primaire avant une lagune, un seul étage suffit. Cela dépend de la qualité des eaux qui a été prévue pour alimenter le dispositif suivant. [35]

**- Profondeur**

Les recommandations en termes de profondeur des filtres verticaux sont :

- Premier étage => 0,75 à 0,90 m
- Second étage => 1 m

**- Pente**

La surface du filtre est plane. Le fond peut admettre une légère pente de 1%. [26]

**- Alimentation**

Le débit d'alimentation, réparti en général sur quatre points d'arrivée de chacun des filtres du premier étage, doit être proche de 0,5 m<sup>3</sup> par m<sup>2</sup> de surface de chacun des filtres et par heure.

Une bâchée doit apporter 1 à 3 cm d'eau sur la surface du filtre de fonctionnement.

La vitesse d'alimentation des filtres verticaux doit être plus élevée que la vitesse d'infiltration dans le matériau, pour une répartition de l'effluent sur la majeure partie du filtre.

Cependant, le fonctionnement des systèmes par bâchées peut être perturbé sur de très petites installations, où les canalisations de faible diamètre ont tendance à se boucher plus facilement. Pour parer à cette défaillance, il peut être intéressant d'aménager une décantation préalable en fosse septique toutes eaux et de mettre une couche de sable sur les filtres du premier étage : une filtration plus fine et une réduction de la perméabilité superficielle sont ainsi assurées.

Les canalisations sont mises en surface pour un écoulement gravitaire, et enterrées en cas de pompage, représentant un avantage quant au risque de gel.

Sous les sorties, des plaques brise-jet doivent être mises en place pour éviter toute perturbation de l'écoulement. [26]

**5.1.3. Dimensionnement des filtres horizontaux (2<sup>ème</sup> étage)**

**- Surface des filtres**

On a calculé la surface utile des filtres horizontaux en utilisant une relation empirique. Elle détermine la surface du filtre en fonction des paramètres suivants :

- Le débit moyen journalier ;
- La concentration moyenne en DBO<sub>5</sub> à l'entrée de la station ;
- La concentration moyenne en DBO<sub>5</sub> souhaitée à la sortie.

Elle s'écrit ainsi :

$$A_s = Q_j (\ln C_{DBOe} - \ln C_{DBO5}) / K_{DBO} \quad (IV.6)$$

Avec:

A <sub>s</sub> : Surface du filtre	m <sup>2</sup>
Q <sub>j</sub> : Débit moyen journalier arrivant à la station	m <sup>3</sup> /j
C <sub>DBOe</sub> : Concentration moyenne journalière en DBO <sub>5</sub> à l'entrée	mg/L
C <sub>DBO5</sub> : Concentration moyenne journalière en DBO <sub>5</sub> souhaitée à la sortie	mg/L
K <sub>DBO</sub> : Constant	

K<sub>DBO</sub> dépend du type d'eaux à traiter.

La surface (à profondeur égale, le volume) est donc directement proportionnelle au débit. Elle augmente également avec la concentration en DBO<sub>5</sub> à l'entrée (la concentration en sortie étant très faible). L'application de cette formule conduit, en fonction du type d'eaux à traiter et donc de la valeur de K<sub>DBO5</sub>, aux surfaces résumées dans le tableau ci-dessous. [35]

**Tableau IV.7 : Valeurs de K<sub>DBO5</sub> et de surfaces spécifiques en fonction du type d'eaux à traiter**

Type d'eau	Concentration DBO <sub>5</sub> (mg/l)	K <sub>DBO5</sub>	Surface spécifique/habitant m <sup>2</sup> /hab
Brutes	-	-	-
Décantés	150-300	0.1	5
Traitées biologiquement	10-20	0.3	1
Surverse de réseau unitaire	-	0.3-0.6	0.5 à 1

Selon les données de ce tableau, on a choisi la valeur de K<sub>DBO5</sub> = 0.1 parce que les autres cas ne sont pas adaptés à notre cas d'étude.

$$C_{DBOe} = 202\text{mg/L}$$

$$C_{DBO5} = 30\text{mg/L}$$

$$Q_j = 147\text{m}^3/\text{j}$$

$$AN : A_s = 147(\ln(202) - \ln(30))/0.1$$

$$A_s = 2803 \text{ m}^2$$

**- Largeur et longueur du filtre**

Dès lors que la surface du lit à écoulement horizontal est déterminée, sa géométrie est essentiellement basée sur la perméabilité des matériaux de garnissage. Fonctionnant en milieu saturé, cette perméabilité peut être approchée par la perméabilité des matériaux K<sub>s</sub>, elle-même élaborée à partir de la loi de Darcy.

L'équation qui symbolise cette approche est la suivante :

$$Q = A * K_s * (dH/dL) \quad (IV.7)$$

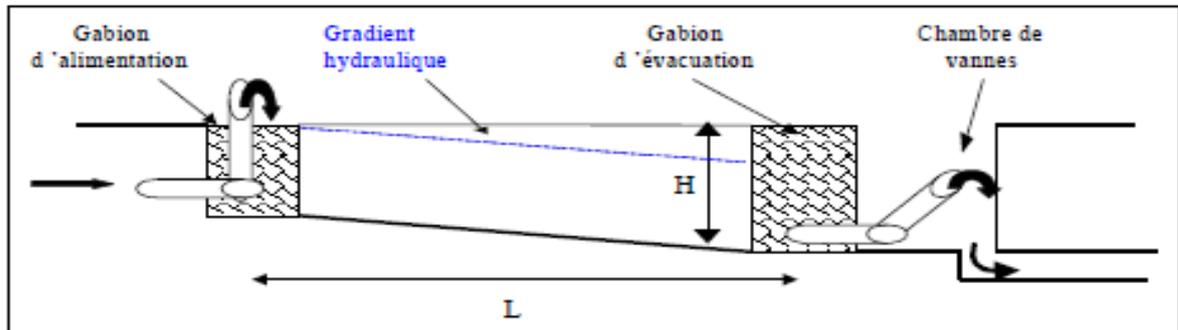
Où :

Q= Débit journalier exprimé en m<sup>3</sup>/s (débit maximum journalier susceptible d'être reçu) ;

A= H\*l, l'aire de la section transversale du lit en m<sup>2</sup> (H=hauteur d'eau dans le filtre et l=largeur) ;

$K_s$  = Conductivité hydraulique à saturation du matériau vierge (m/s) ;

$dH/dL$  = Gradient hydraulique (m/m), utilisé pour la conception, correspondant à la pente de la ligne d'eau à obtenir en fonctionnement : depuis la surface du filtre au niveau de l'entrée, jusqu'à environ 10 cm de la hauteur totale au niveau de la sortie. [34]



**Figure IV.7 : Gradient hydraulique théorique d'un filtre horizontal [34]**

La largeur et la longueur se calculent par itération. On peut adopter pour valeur du gradient hydraulique le rapport  $H/L$  (c'est le gradient maximum). On adopte une première valeur pour la largeur ( $l$ ) et on déduit de la section transversale ( $A$ ) correspondante le gradient hydraulique ( $H/L$ ) nécessaire. On détermine ensuite la longueur nécessaire pour créer ce gradient hydraulique. Cela permet de déterminer une nouvelle valeur pour la largeur compatible avec la contrainte de surface horizontale.

Le calcul se poursuit ainsi jusqu'à ce que les valeurs pour la largeur convergent.

Une fois la largeur connue, on détermine aisément la longueur grâce à la valeur de la surface totale déterminée précédemment. [35]

#### - **Profondeur**

La profondeur maximale des lits pourra être de 0.6m. Elle correspond à la profondeur atteinte par les rhizomes des roseaux en milieu saturé (étant donné qu'ils n'ont pas à aller chercher plus profondément l'eau nécessaire à leur développement). En fait, on pourra retenir une profondeur de matériaux de 0.6m sachant que le niveau de l'eau est ajustable en sortie. La surface du massif doit être plane. [35]

#### - **Pente**

La surface des filtres soit légèrement ascendante, avec une pente de 0.5 à 2% et une différence de niveau maximale de 100mm. Ceci permet d'atténuer les écoulements de surface et force le passage de l'eau dans le massif filtrant. [35]

#### - **Alimentation et drainage**

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 l'anaérobiose nécessaire. [22]

Les résultats de calcul des filtres plantés pour la variante hybride sont présentés dans le tableau suivant :

**Tableau IV.8 : Résultats de calcul de la variante hybride**

<b>Paramètre</b>	<b>1<sup>er</sup> étage Filtres verticaux</b>	<b>2<sup>ème</sup> étage Filtres horizontaux</b>
<b>Population (en 2028)</b>	704	704
<b>Surface par m<sup>2</sup>/EH</b>	1.5	-
<b>Surface utile (m<sup>2</sup>)</b>	1056	2804
<b>Nombre de casier</b>	3	2
<b>Surface active du lit filtrant</b>	352	1402
<b>Largeur du lit filtrant (m)</b>	16	30
<b>Longueur du lit filtrant (m)</b>	23	45
<b>Profondeur de lit filtrant (m)</b>	0.8	0.6
<b>Pente</b>	2%	2%
<b>Débit journalier prévu (m<sup>3</sup>/j)</b>	147	147
<b>L'alimentation des casiers</b>	Bâchée	Continue
<b>Végétaux</b>	Phragmites	Phragmites
<b>Densité de plantation</b>	4 plantes/m <sup>2</sup>	4 plantes/m <sup>2</sup>
<b>Nombre de roseaux à planter</b>	<b>4224</b>	<b>11216</b>

## **5.2. Dimensionnement de la variante bassin de décantation + filtres horizontaux**

### **5.2.1. Prétraitement**

#### **5.2.1.1. Dégrillage**

Les dimensions du dégrilleur sont les mêmes dimensions que pour la variante hybride.

### 5.2.1.2. Dessablage

- **Longueur du dessableur** :  $L=S_h/l$ , avec  $S_h=Q_p/v_c$  (IV.8)

Avec :  $v_c=0.023\text{m/s}$   $\rightarrow l=3\text{m}$

- **Hauteur du dessableur** :  $H= S_v/l$ , avec  $S_v=Q_p/v$  (IV.9)

AN :

$$S_v= 2.4 \cdot 10^{-3}/0.3=8.10^{-3}$$

$$S_v = \frac{2.4 \times 10^{-3}}{0.3} = 8.10^{-3} \approx 0.01 \text{ m}^2$$

$H= 0.01/1= 0.01\text{m}$  c'est une faible hauteur, nous majorons la valeur  $H \rightarrow 0.2\text{m}$

- **Volume de sable recueilli** :  $S \leq V_s \leq 12 \text{ l/hab/an}$  (IV.10)

Ou :

$l$  : largeur du dessableur(elle peut être la même que celle du dégrilleur) ;

$S_h$  : Section horizontale du canal ( $\text{m}^2$ ) ;

$S_v$  : Section verticale du canal ( $\text{m}^2$ ) ;

$v_c$  : Vitesse de sédimentation des particules les plus petites ;

$v$  : Vitesse de passage moins de ( $=0.3\text{m/s}$ ). [16]

### 5.2.1.3. Déshuilage-dégraissage

- **Hauteur d'eau** :  $H_e=V/S_h$  avec  $S_h=Q_p/v_{asc}$  et  $V=Q_p \cdot t_s$  (IV.11)

AN :  $v = (2.4 \times 10^{-3}) \times 10 \times 60 = 1.44 \approx 1.5\text{m}^2$

$S_h=Q_p (\text{m}^3/\text{h})/v_c= 8.54/15=0.56\text{m}^2$

$H= 1.5/0.56=2.7\text{m} \approx 3\text{m}$

- **Largeur du déshuileur** :  $2\text{m} < l < 6\text{m}$  (IV.12)

On prend  $l=2.5\text{m}$

- **Longueur du déshuileur** :  $L= S_h/l$  (IV.13)

On prend  $L= 3\text{m}$

- **Volume d'air injecté :**  $V_{air} = V \cdot Q_{air}$  en  $m^3/h$  (IV.14)

Où :

V : volume du déshuileur ;

$S_h$  : surface horizontale (m) ;

$v_{asc}$  : la vitesse ascensionnelle (varie de 15 à 20m/h) ;

$t_s$  : temps de séjour varie entre 3 à 10 minutes ;

$Q_{air}$  : débit d'air introduit (de l'ordre de 5 à 10  $m^3/h$  par  $m^3$  de capacité de l'ouvrage). [16]

Les résultats de calcul des ouvrages de prétraitement sont présentés dans le tableau ci-dessous :

**Tableau IV. 9 : Résultats de calcul des ouvrages de prétraitement**

Dimensions	Dégrilleur	Dessableur	Déshuileur
l(m)	1	1	2.5
L(m)	2.7	3	3
H(m)	1	0.2	3

### 5.2.2. Calcul du décanteur

On va prendre en considération dans nos calculs seulement le décanteur circulaire vis-à-vis des avantages qu'il présente. Le dimensionnement consiste à calculer :

- **Surface totale :**  $S_T = Q_{dim}/v_{cl} \longrightarrow S_u = S_T/Nb$  et  $D = \sqrt{4 \cdot S_u/\pi}$  (IV.15)

AN :  $S_T = 205/2.5 = 82m^2$

$$D = \sqrt{4 \times 82/\pi}$$

D=10m

- **Volume total :**  $V_T = V_u \cdot Nb$  avec  $V_u = S_u \cdot H$  et  $t = H/v_{cl}$  (IV.16)

AN :  $V_T = 82 \times 3 = 246m^3$

Dans lesquelles :

$Q_{dim}$  : Débit de dimensionnement du décanteur en  $m^3/h$  ( $Q_p$  ou  $Q_p(1+R)$  s'il y a une recirculation d'effluent en amont du décanteur, où  $R$  est le taux de recyclage) ;

$v_{cl}$  : Vitesse ascensionnelle limite (=2.5m/h) ;

$S_u$  : Surface unitaire par bassin en  $m^2$  ;

$V_u$  : Volume unitaire par bassin en  $m^3$  ;

$N_b$  : Nombre de bassin choisi ;

$H$  : Hauteur de décanteur (3 à 3.5m pour un décanteur circulaire raclé) ;

$t$  : Temps de décantation (Il ne dépasse pas les 2 heures) ;

$D$  : Diamètre du décanteur (Il peut atteindre les 90m). [30]

Les résultats de calcul du décanteur primaire sont présentés dans le tableau suivant :

**Tableau IV.10 : Résultats de calcul de décanteur**

<b>Dimensions</b>	<b>Décanteur primaire</b>
Surface ( $m^2$ )	82
Diamètre (m)	10
Volume ( $m^3$ )	246

### **5.2.3. Dimensionnement des filtres horizontaux**

Selon le premiers tableau de dimensionnement des lits horizontaux, pour les eaux décantées la surface spécifique par habitant égale à  $5m^2/habitant$ .

En 2028 le nombre d'habitant sera égal à 704 habitants.

Alors

La surface totale des lits horizontaux =Nombre d'habitant  $\times$  5

$$S = 704 \times 5 = 3520m^2$$

La surface active du lit filtrant =  $3520/4=880m^2$

Les résultats de calcul des filtres plantés horizontaux sont présentés dans le tableau suivant :

**Tableau IV.11 : Résultats de calcul des filtres horizontaux**

<b>Paramètre</b>	<b>Filtres horizontaux</b>
<b>Population (en 2028)</b>	704
<b>Surface par m<sup>2</sup>/EH</b>	5
<b>Surface utile (m<sup>2</sup>)</b>	3520
<b>Nombre de casier</b>	4
<b>Surface active du lit filtrant</b>	880
<b>Largeur du lit filtrant (m)</b>	26
<b>Longueur du lit filtrant (m)</b>	34
<b>Profondeur de lit filtrant (m)</b>	0.6
<b>Pente</b>	2%
<b>Débit journalier prévu (m<sup>3</sup>/j)</b>	147
<b>L'alimentation des casiers</b>	Continue
<b>Végétaux</b>	Phragmites
<b>Densité de plantation</b>	4 plantes/m <sup>2</sup>
<b>Nombre de roseaux à planter</b>	<b>14080</b>

## **6. Choix de la variante la plus adéquate**

### **6.1. Contraintes du choix**

#### **6.1.1. Surface disponible**

La surface de traitement nette nécessaire pour les filtres horizontaux est supérieure à celle des filtres verticaux.

Cependant à cette surface utile de traitement il faut ajouter celle occupée par les digues qui doivent permettre aux engins d'accéder aux bassins pour les divers travaux d'entretien. Ce n'est pas une économie que de réduire ces surfaces dans la mesure où l'entretien sera facilité par la suite et donc moins onéreux.

Pour notre projet on a choisi un terrain en aval de village Béni Ghazli comme le montre la figure ci-dessous.



**Figure IV.8 : Site proposé d'implantation de la station de filtres plantés**

### **6.1.2. Type d'eau à traiter**

On peut différencier deux types d'eaux: les eaux usées brutes, les eaux usées décantées.

- Les eaux brutes

Les eaux brutes peuvent être admises directement sur les filtres verticaux. Cette option, qui reste marginale en Europe, est cependant souvent prise en France. Les eaux subissent uniquement un dégrillage grossier.

Les filtres horizontaux, qu'ils soient constitués de sable ou de sol en place, ne peuvent pas recevoir des eaux aussi concentrées car cela entraînerait un colmatage de la zone d'entrée et par la suite un écoulement superficiel.

- Les eaux décantées

Les eaux décantées peuvent être admises sur les filtres verticaux, cependant, le matériau de remplissage ne sera pas le même que pour traiter des eaux brutes ; il faut trouver un juste et délicat équilibre entre le risque de colmatage et une filtration efficace.

Les filtres horizontaux sont alimentés la plupart du temps par des eaux décantées sans précautions particulières.

Les eaux décantées et traitées par filtre plantés de roseaux à écoulement horizontal peuvent être rejetées dans le milieu récepteur. Si la nitrification est une nécessité, la mise en place d'un filtre vertical sera généralement indispensable.

### **6.1.3. Contrainte géotechnique**

Dans notre cas d'étude et en se basant sur les informations que nous donnent les cartes géologique et hydrogéologique, le cadre géologique local se résume par le domaine des Monts de Tlemcen, dont l'ossature formée par le Secondaire qui constitue un très puissant massif carbonaté marin, à dominance Jurassique (grès, calcaire, dolomies,..). Ces formations calcaire-dolomitiques et de grès compacts sont réputés par leurs substrats durs et abrupts, entrecoupés par des synclinaux, favorisent la formation des nappes karstiques où s'accumulent de grandes réserves d'eau, émergeant au fonds de vallée. Pour éviter toute infiltration d'eau dans ces nappes d'eau il faut utiliser des matériaux étanches dans la réalisation des bassins d'épuration des eaux usées.

### **6.1.4. Contraintes climatique**

Par sa position géographique dans le massif montagneux de Tlemcen, l'espace communal d'Oued Lakhdar (Béni Ghazli) jouit d'un climat méditerranéen semi-aride.

Le filtre planté n'a pas été inventé pour pallier les prévisions de changement climatique, mais le fait est qu'il y répond assez bien, par comparaison aux procédés intensifs.

Les filtres horizontaux supportent sans problème de longues périodes de gel. Il peut être intéressant de laisser la végétation en place après la fauche d'automne. Avec la neige, elle constitue un excellent isolant.

Les systèmes verticaux supportent également des périodes de gel à condition de prévoir des pentes de canalisation suffisantes afin d'éviter la stagnation d'eau qui pourrait geler et donc gêner l'alimentation et endommager la tuyauterie. La durée et l'importance des périodes de gel, que peuvent supporter ces systèmes n'ont cependant pas encore fait l'objet d'études suffisamment argumentées pour déterminer.

### 6.1.5. Topographie

La topographie conditionne l'implantation des ouvrages. L'écoulement de l'effluent devrait suivre la pente naturelle du terrain si les conditions le permettent.

Il faudra respecter des dénivelés minimum entre l'entrée et la sortie des ouvrages pour une alimentation gravitaire des lits :

- 4 mètres minimum pour les lits verticaux
- Pour implanter un filtre à écoulement horizontal, il faut prévoir une dénivelée d'environ 1m minimum.

### 6.1.6. Etude technico-économique

Les deux variantes de traitement proposées permettent de traiter les eaux à un niveau correspondant aux normes de rejet des eaux usées épurées dans le milieu naturel. Dans notre pays le facteur financier est le plus déterminant quant au choix final de la station à installer. Le calcul des coûts de réalisation de la STEP pour les deux variantes proposées est présenté dans les deux tableaux suivants :

**Tableau IV.12: Devis quantitatif et estimatif de la variante hybride**

<b>Désignation des travaux</b>	<b>U</b>	<b>QTE</b>	<b>PU (DA)</b>	<b>TOTAL (DA)</b>
Décapage et réglage de niveau du terrain en toute nature	m <sup>3</sup>	515	700,00	360500,00
Terrassement en terrain meuble mécanique et manuelle sur une profondeur et largeur selon le profil en long y compris étalage des parois, réglage et nettoyage du fond, nivellement, croisement et réparation des obstacles et toutes autres sujétion	m <sup>3</sup>	1377	250,00	344250,00
Terrassement en terrain rocheux à l'aide d'une brise roche sur une profondeur et largeur selon le profil en long	m <sup>3</sup>	515	2000,00	1030000,00
Evacuation des terres excédentaires à la charge publique sur un rayon de 2km y compris remise à l'état initial des lieux et toute autre sujétion	m <sup>3</sup>	2407	400,00	962800,00
<b>Filtre vertical</b>				
Fourniture et mise en place de couche filtrante	m <sup>3</sup>	330	150,00	49500,00
Fourniture et mise en place de couche de transition	m <sup>3</sup>	74	150,00	11100,00

## **Chapitre IV Etude technico-économique de la STEP proposée à Béni Ghazli**

Fourniture et mise en place de couche drainante	m <sup>3</sup>	74	200,00	14800,00
fourniture de pose de conduite de répartition en PVC (40mm dnext) au niveau des filtres y compris soudage, coude	mL	120	150,00	18000,00
Fourniture et pose d'une couche d'argile y compris étalage compactage	m <sup>3</sup>	600	150,00	90000,00
Fourniture et pose d'une Géo membrane PEHD 8/10ème, feutre anti poinçonnement dessous 150grs avec un géotextile y compris soudage réglage et compactage sur toute la surface du bassin	m <sup>2</sup>	1056	4000,00	624000,00
Fourniture et pose des vannes guillotines à volant de sortie et d'entrée y compris soudage	U	5	8000,00	40000,00
Mise en place d'un drain de récupération type épandrain en PVC (100mm dnext)	mL	350	300,00	105000,00
<b>Filtre horizontal</b>				
Fourniture et pose d'une Géo membrane PEHD 8/10ème, feutre anti poinçonnement dessous 150grs avec un géotextile y compris soudage réglage et compactage sur toute la surface du bassin	m <sup>2</sup>	1400	4000,00	5600000,00
Fourniture et pose d'une couche d'argile y compris étalage compactage	m <sup>3</sup>	841	150,00	126150,00
Fourniture et pose du substrat filtrante en lit de sable selon sable alluvionnaire siliceux (0.25<d10<0.40 mm ; CU≤5)	m <sup>3</sup>	900	1000,00	900000,00
Fourniture et pose une conduite d'alimentation rampe horizontale, percée de trous de 1cm tous les mètres, posée en surface du sable (100mm dnint) en PVC 250mm sur une longueur variable	U	50	2000,00	100000,00
Fourniture et mis en place des roseaux	U	15440	150,00	2316000,00
			<b>MT HT</b>	<b>12692100,00</b>
			<b>TVA 17%</b>	<b>2157657,00</b>
			<b>MT TTC</b>	<b>14.849.757,00</b>

**Tableau IV.13 : Devis quantitatif et estimatif de la variante bassin de décantation+ filtres horizontaux**

<b>Désignation des travaux</b>	<b>U</b>	<b>QTE</b>	<b>PU (DA)</b>	<b>TOTAL (DA)</b>
Décapage et réglage de niveau du terrain en toute nature	m <sup>3</sup>	1881	700,00	1316700,00
Terrassement en terrain meuble mécanique et manuelle sur une profondeur et largeur selon le profil en long y compris étalage des parois, réglage et nettoyage du fond, nivellement, croisement et réparation des obstacles et toutes autres sujétion	m <sup>3</sup>	1881	250,00	470250,00
Terrassement en terrain rocheux à l'aide d'une brise roche sur une profondeur et largeur selon le profil en long	m <sup>3</sup>	564	2000,00	1128000,00
Evacuation des terres excédentaires à la charge publique sur un rayon de 2km y compris remise à l'état initial des lieux et toute autre sujétion	m <sup>3</sup>	4326	400,00	1730400,00
Prétraitement (degrilleur, dessableur et déshuileur)			-	1000000,00
Décanteur			-	7000000,00
Fourniture et pose d'une couche d'argile y compris étalage compactage	m <sup>3</sup>	2445	150,00	366750,00
Fourniture et pose d'une Géo membrane avec un géotextile y compris soudage réglage et compactage sur toute la surface du bassin	m <sup>2</sup>	5608	4000,00	22432000,00
Fourniture et pose une conduite d'alimentation rampe horizontale, percée de trous de 1cm tous les mètres, posée en surface du sable (100mm dnint) en PVC 250mm sur une longueur variable	MI	100	2000,00	200000,00
Fourniture et mise en place des roseaux	U	22432	150,00	3489000,00

<b>MT HT</b>	<b>39133100,00</b>
<b>TVA 17%</b>	<b>6652627,00</b>
<b>MT TTC</b>	<b>45.785.727,00</b>

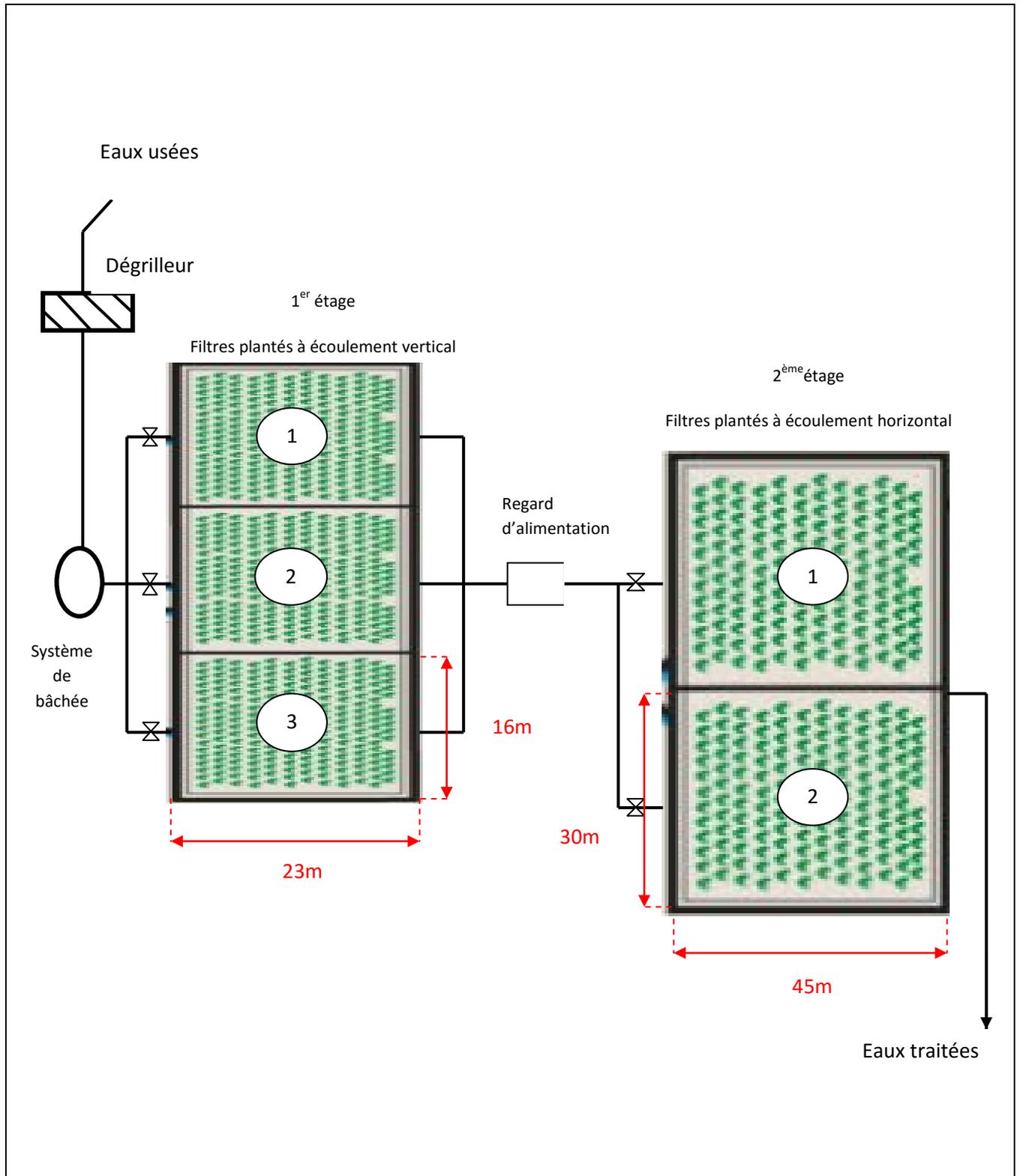
## **6.2. Sélection de la variante adéquate**

En générale, le filtre planté à écoulement horizontal nécessite un prétraitement (dégrillage, dessablage, et déshuilage) et une décantation préalable pour éviter le colmatage des filtres, par contre un simple dégrillage suffit pour le traitement des eaux usées domestiques par filtre planté à écoulement vertical.

La combinaison de deux sortes des filtres donne un bon rendement hydraulique.

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

Il y'a toujours des compromis à faire entre le technique et l'économique, quant au choix de deux solutions d'un système d'épuration extensive. Cependant, dans notre cas bien précis la différence économique entre les coûts respectifs des deux solutions ne nous laisse pas le choix. En effet, la première variante c'est celle qui est choisie car elle est trois fois moins couteuse que la seconde.





**Figure IV.9 : Schéma synoptique de la STEP proposée**

## **7. Conclusion**

Dans cette étude nous avons proposée deux variantes, et après le dimensionnement et la comparaison entre ces deux solutions, nous concluons que l'épuration par des filtres plantés de roseaux à écoulement vertical suivit par filtres à écoulement horizontal est le système le plus adéquat pour traiter les eaux usées la localité de Béni Ghazli.

Le projet d'assainissement et d'épuration des eaux usées de l'agglomération secondaire de Béni Ghazli est d'une importance primordiale pour cette localité.

L'assainissement de cette localité se limite à une dizaine des fosses septiques individuelles. En sortie de fosse septique la qualité de l'eau est insuffisante pour pouvoir être diffusée directement dans l'environnement.

Pour concevoir cette station, notre travail a été axé sur différents points :

- Etudier les critères de base du milieu physique de la zone de projet permettant de choisir le système le plus adapté pour l'épuration des eaux usées et le dimensionnement de la STEP ;
- Définir les différentes filières d'épuration des eaux usées ;
- Définir l'épuration par filtres plantés de roseaux ;
- Proposer des variantes à étudier ;
- Mettre en évidence les données nécessaires au dimensionnement des ouvrages de la STEP ;
- Procéder à l'étude technico-économique et à sélection de la variante adéquate.
- Calculer les dimensions des ouvrages de la station d'épuration proposées ;
- Estimer le coût de réalisation de la STEP choisie.

Le procédé filtre planté de roseaux est une technique « rustique » et fiable. Beaucoup de collectivités voient en ce procédé une solution adaptée pour l'épuration des eaux usées de petites capacités. Cette filière de traitement ne nécessite pas de moyens techniques importants. La gestion des boues produites est facilitée (une seule extraction sur plusieurs années en fonction de la charge). Il n'en demeure pas moins qu'un suivi et un entretien régulier sont nécessaires au bon fonctionnement des filtres.

En effet, l'agglomération secondaire de Béni Ghazli compte environ 704 habitants c'est une petite collectivité, c'est pour cette raison nous avons proposé cette solution pour traiter ses eaux usées.

Dans ce mémoire, nous avons étudié deux variantes de cette technologie : épuration par filtres planté de roseaux à écoulement vertical suivi par des filtres plantés à écoulement horizontal, et station d'épuration par filtres plantés à écoulement horizontal avec une décantation préalable.

Nous avons par la suite, après la comparaison entre ces deux systèmes, proposé le système hybride pour traiter les eaux résiduaire de l'agglomération de Béni Ghazli pour l'horizon 2028.

Après l'étude technico-économique et le calcul des devis quantitatifs et estimatif des deux variantes pour la réalisation de la STEP, notre choix a porté sur la solution la moins couteuse qui s'adapte au choix de notre terrain d'implantation de la STEP.

Le coût estimé de la STEP retenue est de **14849757,00 DA**. Nous estimons que ce coût est raisonnable est que la réalisation de cet ouvrage pour l'agglomération de Béni Ghazli est primordial pour la protection de l'environnement et la réutilisation des eaux usées traitées.

# Bibliographie

- [1] TAAMIR BERKANI Boumediene, 2010, Bureau d'études d'architecture et d'urbanisme, Plan Directeur d'Aménagement et d'Urbanisme de la Commune d'Oued Lakhdar, 2ème Phase, DUC de la Wilaya de Tlemcen.
- [2] ANRH L'Agence Nationale des Ressources Hydrauliques, 2004.
- [3] Radia GHERISSI, 2012, «Hydrologie et modélisation pluie-débit cas du bassin versant de l'Oued Lakhdar Tafna-NW Algérien». Mém de Magister, université de Tlemcen.
- [4] Messaoudene Amine, 2015, Bureau d'étude d'architecture, Levé Beni Ghazli Assainissement Model.
- [5] Luc.J&Lagardette.M, 2004, pp155. «L'eau potable et l'assainissement», Ed. Johanet, Paris.
- [6] Mor Lo & Omar Dème, 2005, «Assainissement des eaux usées de Ouakam mise en place d'un système semi-collectif», Mém. Ing de conception, Univ. Cheikh AntaDiop De Dakar République de Sénégal.
- [7] Satin.M & Selmi.B & Bourrier.R, 1999, «Guide technique de l'assainissement », 2<sup>ème</sup> Ed. Le Moniteur Editions.
- [8] les grands articles, 2015, pp46. Approvisionnement et traitement de l'eau, Ed. Encyclopaedia Universalis.
- [9] Office International de l'Eau, 2001, pp40. «Procédés extensifs d'épuration des eaux usées adaptés aux petites et moyennes collectivités», Luxembourg.
- [10] DEKHIL SOROR Wahiba & ZAIBET Manel, 2013, «Traitement des eaux usées urbaines par boues activées au niveau de la ville de Bordj Bou Arreridj effectué par la station d'épuration des eaux usées», Mém de Master, université de Bordj Bou Arreridj.
- [11] Racault.Y & Seguret.F, 2004, «Bases de dimensionnement des stations d'épuration rurales», Stage CNFPT, Toulouse.
- [12] Agence de l'Eau Rhin-Meuse (AERM), 2007, pp10. Procédés d'épuration des petites collectivités du bassin Rhin-Meuse «Disque biologique».
- [13] ROULA Salaheddine, 2005, «Caractérisation physico-chimiques et valorisation des boues résiduaires urbaine pour la confection de substrats de culture en pépinière hors-sol», Thèse de magister, université Colonel El Hadj Lakhdar Batna.

- [14] BOUZIT Sophia & TAALIBI Zineb, 2012, «Dimensionnement de la station d'épuration de type lagunage de la ville de Chemaia», Mém. Licence, université de Marrakech.
- [15] JAYLE.S & MAUME.N, 2008, pp51. «Les filières d'épuration pour les petites collectivités», Retours d'expérience du Syndicat d'Assistance Technique pour l'Épuration et le Suivi des Eaux d'Indre et Loire (SATESE).
- [16] BENYAGOUR Meriem, 2011, «Etude d'un système d'épuration par lagunage aéré à Ras El Ma», Mém de Master, université de Tlemcen.
- [17] Jorap, Décret exécutif n° 10-23 du 26 Moharram 1431 correspondant au 12 janvier 2010 fixant les caractéristiques techniques des système d'épuration des eaux usées, Art.5.
- [18] PEYRAUT Typhaine, 2011, pp114. État de l'art sur la technique « filtres plantés de roseaux » pour l'épuration domestique en Adour-Garonne. Rapport de stage à destination de l'Agence de l'eau Adour-Garonne, Université de Limoges.
- [19] MANCER Halima, 2010, «Analyse du pouvoir épuratoire de quelques plantes macrophytes dans les régions arides», Mém de Master, université Mohamed Khider Biskra.
- [20] RAJAONARIVÉLO Fanjatiana Justoberthe, 2013, «La faisabilité de la phytoépuration des eaux usées dans la ville de Toliara», Mémoire d'Études Approfondies en Biodiversité et Environnement, Mém d'Études Approfondies en Biodiversité et Environnement, université de Toliara.
- [21] André PAULUS, 2011, pp235. «Le filtre planté de roseaux le versant vert de l'épuration des eaux usées». Ed Rouergue.
- [22] MEDJDOUB Touria, 2014, «Etude, conception et dimensionnement d'une STEP par filtres plantés de roseaux des eaux usées des zones éparses de la commune de Terny», Mém de master, université Abou Bakr Belkaid –Tlemcen.
- [23] Agence de l'Eau Rhône Méditerranée et Corse, 1999, Epuration des eaux usées par des filtres plantés de macrophytes.
- [24] Claire EME & Irstea, 2012, Traitement des eaux usées domestiques par filtres plantés de macrophytes, Adaptation de la filière au contexte tropical état de l'art, Rapport final.
- [25] Hélène Peeters, 2014, pp48. «Les filières de traitement extensif des eaux usées Des procédés en expansion dans le secteur de l'épuration ». Etude réalisée pour le compte du Polygone de l'eau – FOREM. Centre d'expertise en traitement et gestion de l'eau.
- [26] Office international de l'eau, 2004, Document de travail, Projet Depuranat Les techniques d'épuration naturelle 50 à 200 EH.

- [27] ABDELLAHI Mohamed El Hassan, 2009, Performance épuratoires d'un filtre hybride plante de roseaux avec recirculation de l'effluent, Expérience de l'IAV Hassan II et Université de Guelph, Canada.
- [28] CHEKROUN Abdelhamid, 2013, «Etude et conception d'une station d'épuration des eaux usées domestiques par lits de roseaux pour de petites agglomérations Cas de Fraouna (Commune de Terny)», Mém de Master, université de Tlemcen.
- [29] Faten SEMADI, 2010, «Faisabilité du traitement des eaux d'un oued chargé en éléments traces métalliques (ETM) par filtres plantés de macrophytes (Phragmites australis)», université d'Annaba.
- [30] A. GAID, 1984, pp261. «Epuración biologique des eaux usées urbaines», Tome 1 et 2, Ed OPU Alger.
- [31] MEKHALIF Faiza, 2009, Réutilisation des eaux résiduaires industrielle épurées comme eau d'appoint dans un circuit de refroidissement, Mém de Magister, université de Skikda.
- [32] Silman SY & Papa Sidy TALL, 2003, «Etude de réhabilitation de la station d'épuration de SalyPortudal», Mém d'Ing de conception, université CHEIKH ANTA DIOP DE DAKAR.
- [33] ONA Office National de l'Assainissement de Tlemcen, 2015.
- [34] Groupe macrophytes et traitement des eaux, 2005, pp44. «Epuración des eaux usées domestiques par filtres plantés de macrophytes, recommandation techniques pour la conception et la réalisation, Version N°1.
- [35] Berbar Abdelmadjid Lotfi, 2013, «Etude bibliographique su l'épuration des eaux usées par les filtres plantés de macrophytes», Mém de Magister, université Abou Bekr Belkaid Tlemcen.

# Webographie

- [W1] <https://fr.wikipedia.org>, (Consulté le : 20-01-2016)
- [W2] <http://www.eau.public.lu>, (Consulté le : 07-02-2016)
- [W3] <http://lagunage.eu/index.php?title=Accueil>, (Consulté le : 20-03-2016)
- [W4] [www.sint.fr](http://www.sint.fr), (Consulté le : 10-04-2016)
- [W5] <http://www.jardins-paysages-43.com/phytoepuration.html>, (Consulté le : 20-05-2016)
- [W6] [http://www.saoneetloire71.fr/uploads/media/10\\_Filtres\\_Roseaux\\_fonctionnement\\_et\\_exploitation\\_01.pdf](http://www.saoneetloire71.fr/uploads/media/10_Filtres_Roseaux_fonctionnement_et_exploitation_01.pdf), (Consulté le : 02-03-2016)
- [W7] <http://www.univers-nature.com>, (Consulté le : 29-02-2016)
- [W8] [http://www.mem-algeria.org/fr/legis/environ\\_93-160.html](http://www.mem-algeria.org/fr/legis/environ_93-160.html), (Consulté le: 13-04-2016)

## Préconisation d'exploitation des filtres plantés de roseaux

Tableau A.1 : Préconisation d'exploitation

	Fréquence	Entretiens à réaliser
<b>Dégrilleur</b>	A chaque Visite	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Nettoyer le dégrilleur et le by pass</li> </ul> Si absence de bac d'égouttage des déchets, stocker dans une poubelle perforée.
<b>Système de Bâchée</b>	A chaque Visite	Contrôle général visuel : <ul style="list-style-type: none"> <li>- Siphon et chasse auto-amorçant : vérifier que les flexibles ne fuient pas - emplacement si endommagement ;</li> <li>- Chasse à clapet : vérifier quand la bâche est vide qu'il n'y est pas de dépôts pouvant gêner la fermeture étanche du clapet ;</li> <li>- Poste de pompage : idem exploitation des postes de relevage ;</li> <li>- Contrôler l'étanchéité.</li> </ul>
	Une fois/ Semaine	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Relever des compteurs de bâchées ;</li> <li>- Vérifier l'état du compteur de bâchée et le nettoyer ;</li> <li>- Nettoyer au jet l'ouvrage de bâchée.</li> </ul>
	Tous les Mois	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Contrôler visuellement l'absence de corrosion</li> </ul>
<b>Dispositif d'alternance</b>	A chaque Visite	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Alternner l'alimentation des lits 2 fois/semaine</li> <li>- Contrôler visuellement l'absence de dépôts ; (Nettoyer si nécessaire)</li> </ul>

<b>Système de répartition des effluents</b>	Une fois/ Semaine	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Contrôler visuellement lors d'une bâchée pour vérifier que l'alimentation est homogène sur toute la surface du filtre</li> <li>- Autre mode d'alimentation : programmer une opération de curage</li> <li>- Contrôler visuellement que les systèmes anti-affouillement soient bien horizontaux pour garantir une alimentation homogène <ul style="list-style-type: none"> <li>- repositionner manuellement si nécessaire (lors de période de repos) et nettoyer si nécessaire</li> </ul> </li> </ul>
<b>Massifs Filtrants</b>	Une fois/ Semaine	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Contrôler visuellement la bonne répartition lors de l'alimentation</li> </ul>
	Dès que Nécessaire	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Désherber manuellement (ne pas laisser les herbes arrachée à la surface des filtres)</li> </ul>
	Tous les Ans	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Tailler les roseaux (sauf la 1ère année) entre novembre et mars (le climat définit si la taille doit avoir lieu au début ou à la fin de l'hiver).</li> <li>- Nettoyer les drains de récupérations des eaux filtrées (retirer les chapeaux amovibles des cheminées d'aération et passer un coup de jet sous pression, pomper les eaux sales et les renvoyer en tête de station)</li> <li>- Mesurer la quantité de boues accumulées (15mm/an) <ul style="list-style-type: none"> <li>- en fonction de la hauteur utile restante, prévoir l'opération de curage (tous les 10ans environ)</li> </ul> </li> </ul>
	Tous les 10ans	Curer les boues

## Liste de végétaux qui peuvent être utilisés dans des systèmes de filtres plantés pour l'épuration des eaux usées

Tableau B.1 : Liste de végétaux qui peuvent être utilisés dans des systèmes de filtres plantés

	<p><b>Acore (<i>Acorus calamus</i>)</b></p> <p>Rhizomateuse, caduque Hauteur : 1 m et plus Rustique Pousse aisée Feuilles parfumées</p>		<p><b>Baldingère (<i>Phalaris arundinacea</i>)</b></p> <p>Hauteur : de 80 à 150 cm Rhizomateuse, envahissante Très rustique Longues feuilles rubanées Variété 'Picta' au feuillage panaché</p>
	<p><b>Alisma (<i>Alisma plantago-aquatica</i>)</b></p> <p>Hauteur : 40 à 100 cm Petites fleurs blanches tout l'été, beau feuillage d'été Aime les décharges d'eaux chargées de matière organique Plante envahissante, qui se resème facilement Végétation toute l'année</p>		<p><b>Phragmites roseau (<i>Phragmites australis communis</i>)</b></p> <p>De 1 à 4 m de haut Var 'Variegatus' : feuillage rayé de jaune Inflorescence plumeuse en été et à l'automne A rhizomes, très productive Résiste aux changements de régime hydrique</p>
	<p><b>Souci d'eau (<i>Caltha palustris</i>)</b></p> <p>Hauteur : de 10 à 60 cm Floraison jaune d'or au printemps</p>		<p><b>Renoncule flammette (<i>Ranunculus flammula</i>)</b></p> <p>De 10 à 70 cm de haut Floraison de juin à octobre</p>
	<p><b>Laïche (<i>Carex acutiformis</i>)</b></p> <p>Plante atteignant 1 m de haut Bonne colonisation Floraison au printemps Nombreuses autres espèces</p>		<p><b>Oseille d'eau (<i>Rumex hydrolapathum</i>)</b></p> <p>De 1 à 2 m de haut Rustique</p>
	<p><b>Iris jaune (<i>Iris pseudacorus</i>)</b></p> <p>Hauteur : jusque 1 m Jolie floraison en mai-juin Propriétés bactéricides Rhizomes à développement lent Forme une touffe dense</p>		<p><b>Sagittaire (<i>Sagittaria sagittifolia</i>)</b></p> <p>De 40 à 80 cm de haut Belles feuilles sagittées Fleurs blanches en été Déphosphatante</p>
	<p><b>Jonc (<i>Juncus sp.</i>)</b></p> <p>De 40 à 80 cm de haut A rhizomes, difficiles à arracher Fleurs brunes serrées en boule</p>		<p><b>Epiaire des marais (<i>Stachys palustris</i>)</b></p> <p>De 25 à 100 cm de haut Floraison estivale</p>
	<p><b>Menthe aquatique (<i>Mentha aquatica</i>)</b></p> <p>Hauteur : de 20 à 75 cm Odeur forte Petites fleurs lilas Plante envahissante, se propageant rapidement Végétation toute l'année</p>		<p><b>Massette (<i>Typha sp.</i>)</b></p> <p>De 2 à 3 m de haut Très envahissante : bien s'assurer de pouvoir en contrôler le développement avant de la planter Epi floral cylindrique attractant Avides d'eau : capables d'assécher une mare, de l'obstruer totalement.</p>

## *Résumé*

Dans ce travail nous tenons à proposer une technique d'épuration à base des filtres plantés et faire une étude, conception et dimensionnement d'une station d'épuration pour traiter les eaux usées de l'agglomération secondaire de Béni Ghazli (Commune d'Oued Lakhdar) qui sont rejetées à travers des fosses septiques non contrôlées ou des rejets sauvages.

Dans ce but, nous avons procédé à l'étude du milieu physique de la zone choisie, des données de base de dimensionnement, et les variantes de station d'épuration permettant le meilleur traitement des eaux usées de cette localité.

Enfin, comme choix le plus adéquat, nous avons opté pour l'épuration par filtres plantés de roseaux à deux étages (Filtres verticaux suivis de filtres horizontaux).

**Mots-clés :** Béni Ghazli, station d'épuration, milieu physique, filtres plantés de roseaux.

## *ملخص*

في هذا العمل قمنا باقتراح و دراسة و تصميم محطة تصفية المياه القذرة للتكتل الثانوي بني غزلي (بلدية وادي لخضر) باستعمال المرشحات المزروعة التي ترمى في مطامر جوفية غير مراقبة أو على شكل مصبات مشوهة للطبيعة.

من اجل ذلك قمنا بدراسة الوسط الفيزيائي للمنطقة و المعطيات الأساسية و مختلف الحلول العلمية الممكن الاعتماد عليها لمعالجة تلوث المياه في هذه المنطقة.

توصلنا في النهاية إلى أن تقنية التطهير باستخدام نباتات القصب بطابقين ( المرشحات العمودية تليها المرشحات الأفقية) هي الطريقة الأفضل و الأنسب.

**الكلمات المفتاحية :** بني غزلي ، محطة التطهير ، الوسط الفيزيائي ، التطهير باستخدام نباتات القصب.

## *Abstract*

In this dissertation we propose a technique of purification based on filters planted and a study, design and sizing of a treatment plant to treat wastewater from secondary agglomeration of Beni Ghazli (Oued Lakhdar municipality) that are rejected through uncontrolled septic tanks and illegal discharge.

For this aim, we proceeded to the study of the physical environment of the area chosen, sizing database, and the treatment plant variants for the best sewage treatment of this locality.

Finally, for the most adequate choice we have opted for the purification by filters planted with reeds in two stages (vertical filters followed by horizontal filters).

**Keywords:** Beni Ghazli, water treatment plant, physical environment, Filter planted with reeds.