

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE

MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE

ECOLE NATIONALE SUPERIEURE D'HYDRAULIQUE -ARBAOUI Abdellah-

DEPARTEMENT D'HYDRAULIQUE URBAINE

MEMOIRE DE FIN D'ETUDES

Pour l'obtention du diplôme d'Ingénieur d'Etat en Hydraulique

Option: ASSAINISSEMENT

THEME DU PROJET :

**DIMENSIONNEMENT DE LA STATION D'EPURATION
DE LA COMMUNE DE SIDI AOUN (W D'EL-OUED)**

PRESENTE PAR :

M^r : LARGOT Boubaker sedek

Devant les membres du jury

Nom et Prénoms	Grade	Qualité
M ^{me} MEDDI Hind	M.C.B	Présidente
M ^r DERNOUNI Youcef	M.A.A	Membre
M ^{me} HOULI Samia	M.A.A	Membre
M ^r BOUNNAH Younes	M.A.A	Membre
M ^r TAARABET Mohamed	Ingénieur(APC de Bouinnan)	Invité
M ^{me} TAFAT Leïla	M.A.A	Promotrice

Session - 2014

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE

MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE

ECOLE NATIONALE SUPERIEURE D'HYDRAULIQUE -ARBAOUI Abdellah-

DEPARTEMENT D'HYDRAULIQUE URBAINE

MEMOIRE DE FIN D'ETUDES

Pour l'obtention du diplôme d'Ingénieur d'Etat en Hydraulique

Option: ASSAINISSEMENT

THEME DU PROJET :

**DIMENSIONNEMENT DE LA STATION D'EPURATION
DE LA COMMUNE DE SIDI AOUN (W D'EL-OUED)**

PRESENTE PAR :

M^r : LARGOT Boubaker sedek

Devant les membres du jury

Nom et Prénoms	Grade	Qualité
M ^{me} MEDDI Hind	M.C.B	Présidente
M ^r DERNOUNI Youcef	M.A.A	Membre
M ^{me} HOULI Samia	M.A.A	Membre
M ^r BOUNNAH Younes	M.A.A	Membre
M ^r TAARABET Mohamed	Ingénieur(APC de Bouinnan)	Invité
M ^{me} TAFAT Leïla	M.A.A	Promotrice

Session - 2014

Remerciement

Au terme de cette modeste étude, je tiens à exprimer ma profonde gratitude et mes vifs remerciements à M^{eme} TAFAT.L (ma promotrice) pour avoir contribué à l'élaboration de cette présente thèse et à ma formation durant l'année de spécialité.

Je remercie également tous mes professeurs qui ont contribué à ma formation, le personnel de la bibliothèque et toute la famille de l'E.N.S.H.

Aussi, je me permets d'exprimer tout mon respect aux membres de jury qui me feront l'honneur d'apprécier notre travail.

LARGOT BOUBAKER

الملخص

في منطقة وادي سوف، تسيير سيئ للمياه أثار مشكلتين هما: صعود وتلوث المياه الجوفية. هاتين المشكلتين تتسبب في عدم الاتزان البيئي وآثارها السلبية. من أجل حل هذه المشاكل البيئية، اعتمدنا احدى أفضل الحلول التقنية الا و هي تنقية معالجة المياه عن طريق الاحواض المهواة للحفاظ على الصحة العامة وسلامة البيئة مستقبلا، وحذف المضايقات والمخاطر الحالية للتلوث في المناطق الحضرية، وإجلاء مياه الصرف الصحي المعالجة دون تأثير سلبي على البيئة، الحفاظ على الموارد المائية عن طريق إعادة استخدامها و تقييم المياه المعالجة.

RÉSUMÉ

Dans le Souf, la mauvaise gestion des eaux souterraines a provoqué deux importants problèmes: la remontée et la pollution des eaux. Ces deux problèmes ont causé un déséquilibre écologique et des impacts environnementaux négatifs. Afin de remédier ces problèmes environnementaux, des meilleures solutions techniques ont été adoptées: épuration des eaux par un lagunage aéré afin de préserver la santé publique et l'intégrité du milieu récepteur, suppression des nuisances et des risques actuels de contamination au niveau des zones urbanisées, drainage et évacuation des eaux traitées sans impact négatif sur la nappe et sur l'environnement, préservation de la ressource en eau en réutilisant et valorisant les eaux traitées.

ABSTRACT

In Souf, the bad management of waters provoked two important problems: the rise and the pollution of waters. These two problems caused an ecological unbalance and negative environmental impacts. In order to resolve these environmental problems, some best technical solutions have been adopted: purification of waters by an aired lagoon to preserve the public health and the integrity of the receiving environment, deletion of the nuisances and the current risks of contamination in urbanized areas, drainage and evacuation of treated waters without negative impact on the environment, preservation of water resources by reusing and valorising the treated waters.

SOMMAIRE

Page

Introduction générale

Chapitre I : Présentation de la Région d'Etude

I -1-Introduction.....	02
I.2 Situation géographique	02
I.3 Situation géologique et relief.....	03
I.4 Situation hydrogéologique	03
I.5 Situation climatique	04
I.5.1 Températures	04
I.5.2 Les vents	05
I.5.3 La pluviométrie	06
I.5.4 Humidité relative de l'air	07
I.6 Situation Démographique	08
I.7 Situation hydraulique	09
I.7.1 Alimentation en eau potable	09
a. Consommation moyenne journalière	09
b. Ressources en eau potable	10
I.7.2 Assainissement	11
I.8 panorama sur le phénomène de la remontée de la nappe phréatique	11
I.9 Conclusion	12

Chapitre II : Caractéristiques des eaux usées

II.1 Introduction	14
II.2. Définition	14
II.3. Origine des eaux usées	14
II.3.1. Les eaux usées domestiques	14
II.3.2. Les eaux industrielles	15
II.3.3. Les eaux pluviales.....	15
II.4. Importance de rejets.....	15
II.4.1. Type de réseau	16
II.4.2. Raccordement des industries	16
II.4.3. Taille de l'agglomération	16
II.5. Composition des eaux usées	16
II.5.1. Les matières en suspension	17
II.5.2. Analyse en oxygène	17
a. La demande biochimique en oxygène(DBO)	17
b. La demande chimique en oxygène(DCO)	17
II.6. Généralité sur la pollution hydrique	17
II.6.1. Pollution physique	18
a- pollution mécanique	18
b- Pollution thermique	18
c- Pollution radioactive	18
II.6.2. Les polluants biologiques	19
a- Les virus	19
b- Les bactéries	20
c- Les protozoaires	22
II.6.3. Polluants chimiques.....	22
a- Pollution organique.....	22
b - Pollution minérale	23
II.7. Caractéristiques des eaux usées	23
II.7.1. Les paramètres physico-chimiques	23

II.7.1.1. La température	24
II.7.1.2. Le potentiel d'Hydrogène (pH)	24
II.7.1.3. La turbidité et les matières en suspension	24
II.7.1.4. La demande biologique en oxygène (DBO5)	25
II.7.1.5. La demande chimique en oxygène (DCO)	25
II.7.1.6. Les matières oxydables (MO)	25
II.7.1.7. L'azote et le phosphore	26
II.7.1.7.1. L'azote	26
II.7.1.8.2. Phosphore	27
II.7.1.9. Oligo-éléments et les toxiques minéraux	27
II.8. Effets des eaux usées sur le milieu récepteur	27
II.9 Conclusion	28
Chapitre III : Généralité sur épuration des eaux usée	
III.1 Introduction	29
III.2 Histoire	29
III.3. Les étapes et procédés de traitement des eaux usées	29
III.3.1. Les prétraitements	30
III.3.1.1. Dégrillage	30
a. Les grilles manuelles	30
b. Les grilles mécaniques	30
III.3.1.2. Dessablage	32
III.3.1.3. Dégraissage – Déshuilage	33
III.3.2. Le traitement primaire	33
III.3.2.1. Coagulation – floculation	33
III.3.2.2. Décantation	33
III.3.3. Le traitement secondaire (Biologique)	34
III.3.3.1. Traitements anaérobies	34
III.3.3.2. Les traitements aérobies	34
III.3.3.2.1. Les lits bactériens	35
III.3.3.2.2. Les boues activées	37
III.3.3.2.3. Le lagunage	38
III.3.3.2.4. Disque biologique	39
III.3.4. Les traitements tertiaires	40
III.3.4.1. L'élimination de l'azote	41
III.3.4.2. L'élimination du phosphore	41
III.3.4.3. La désinfection	42
III.3.4.4. Le traitement des odeurs	42
III.3.4.5 Traitement des boues	43
III.4 Conclusion	46
Chapitre IV : Généralités sur le lagunage	
IV.1 Introduction	48
IV.2 Historique du lagunage	48
IV.2 Définition	48
IV.3 Principe de fonctionnement	49
IV.4 Les différents types de lagune	50
IV.4.1. Le lagunage naturel	50
IV.4.1.1. Étangs anaérobies	50

IV.4.1.2. Étangs aérobies	51
IV.4.1.3. Étangs facultatifs.	51
IV.4.2. Le lagunage aéré	51
a. Lagune d'aération	51
b. Lagune de décantation	52
c. Lagune de finition	52
IV.5 Influence des conditions climatiques sur les performances du lagunage...	53
IV.5.1. La durée du jour et l'intensité de l'ensoleillement	53
IV.5.2. La température	53
IV.5.3. Le régime des vents dominants dans la région et leur orientation	53
IV.5.4. L'évaporation	53
IV.5.5. La pluviométrie	53
IV.6 Mécanisme épuratoire dans le lagunage	54
IV.6.1. Mécanisme d'élimination de la pollution carbonée	54
IV.6.2. Mécanisme d'élimination de la pollution azotée	54
IV.6.3. Mécanisme d'élimination de la pollution phosphorée	55
IV.7 Exploitation du lagunage	55
IV.8 Contraintes d'exploitation	55
IV.9 Comparaison des avantages et inconvénients des lagunes aérées et des lagunes naturelles	56
A- Les lagunes aérées	56
B- Les lagunes naturelles	57
IV.10 conception des lagunes	57
IV.10.1 Le dimensionnement	57
IV.10.2 Forme des bassins	57
IV.10.3 Conception des bassins	58
IV.10.4 Conception des digues	59
IV.11 Conclusion	61

Chapitre IV : Dimensionnement de la station

V.1 Introduction	62
V.2.1 Donner de base	62
V.2 calculs de base	62
V.2.2 Calcule de débit	62
A. Le debit Moyne journalier ($Q_{moy,j}$)	62
B. Débit moyen horaire (Q_h)	62
C. Débit diurne	63
D. Le débit de pointe à temps sec (Q_{pte})	63
V.2.3 Calcul des charges polluantes	63
V.3 Les ouvrages de prétraitement	65
V.3.1 Le dégrilleur	65
V.3.2 Le dessableur-déshuileur	67
V.4 Dimensionnement Les bassins de lagunage	69
V.4.1 Les lagunes aérés	69
V.4.1. 1Calcul du volume total des eaux usées à l'entrée de la station	69
V.4.1.2 Calcul du temps de séjour total de la station	70
V-6-1-3- Calcul de la surface de chaque lagune	70

V.4.1.4 Calcul de la longueur de chaque lagune	71
V.4.1.5 Quantité DBO5 éliminée par jour dans chaque lagune	72
V.4.1.6 Calcul de la concentration en boue dans chaque lagune	73
V.4.1.7 Les besoins en oxygène dans chaque lagune	74
V.4.2 Le lagunage de finition (F1, F2, F3)	76
V.4.2.1 Calcul du volume total des eaux usées l'étage de finition	76
V.4.2.2- Calcul du volume des eaux usées de chaque lagune	76
V.4.2.3 Calcul du temps de séjour	76
V.4.2.4 Calcul de la surface de chaque lagune	76
V.4.2.5 Calcul de la longueur de chaque lagune	76
V.4.3 Dimensionnement du lit de séchage	77
V-7-1 -Calcul du volume de boue	77
a) - Calcul de la surface totale des lits de séchage	77
b)- Calcul de la surface de chaque bassin	77
c) - Calcul de la longueur du bassin	78
V.8. Structure du Dispositif d'Etanchéité par Géosynthétique	78
V.9 Calcul hydraulique	79
V.9.1 Répartiteurs de débit	79
V.9.2 Dimensionnement des conduites	80
V.10 Profil hydraulique	82
V.11. Ouvrages hydrauliques	84
V.11.1. Dispositifs de comptage des débits	84
V.11.2. Ouvrages d'entrée dans les lagunes	85
V.11.3. Ouvrages de sortie des lagunes	85
V.12. Matériel de curage des lagunes	85
V.13. Conclusion	86
Chapitre VI : protection et sécurité de travail	
VI.1. Introduction	87
VI.2. Les Causes Des Accidents	88
VI.3. Les Actions Et Conditions Dangereuses	89
VI.4. Organisation De La Prévention Des Accidents Du Travail	89
VI.5. Conclusion	92

Conclusion Général

Références Bibliographique.

LISTE DES TABLEAUX

Tableau I- 01 :	Températures maxima, minima et moyennes mensuelles de la région de Souf durant l'année 2012.	05
Tableau I-02 :	la vitesse de vent de la région de Souf durant l'année 2012.....	06
TableauI-03 :	Précipitations de la région de Souf durant l'année 2003-2012.....	07
Tableau I-04 :	Humidité relative moyenne mensuelle du Souf durant l'année 2012.....	07
Tableau I.05 :	Evaluation démographique des trois communes	09
Tableau I.06 :	besoins moyens journaliers des trois (03) communes	10
Tableau I.07 :	Les forages alimentent les trois (03) communes	11
Tableau II.01 :	Les virus dans les eaux usées	19
Tableau II.02 :	Les bactéries pathogènes dans les eaux usées.	21
Tableau V.1 :	Récapitulatif des calculs de base pour le dimensionnement	65
Tableau V.2 :	Valeurs de « e » et « d » pour les grilles grossière et fine	66
Tableau V.3 :	Caractéristiques du dégrillage.	67
Tableau V. 4 :	Caractéristiques du dessableur.	69
Tableau V.5 :	Caractéristiques des lagunes aérés.	71
Tableau V.6 :	Caractéristiques de quantité de DBO ₅ éliminé et les aérateurs des lagunes.	75
Tableau V.7 :	Caractéristiques du lagunage de finition	77
Tableau V.8 :	Caractéristiques des lits de séchage	78
Tableau V.9 :	Côtes du terrain naturel des différents ouvrages de la station	83
TableauV.10 :	Côtes piézométriques des différents ouvrages de la station	85

LISTE DES FIGURES

Figure I.1 :	Situation géographique de Sidi Aoun	02
Figure I.02:	le système aquifère de Sahara septentrionale	04
Figure I.1:	Histogramme des températures moyennes mensuelles entre 2003 et 2012.....	05
Figure I.2:	Histogramme des vitesses moyennes mensuelles du vent entre 2003 et 2012	06
Figure I.3 :	Histogramme des précipitations moyennes mensuelles entre 2003 et 2012	07
Figure I.4 :	Histogramme des taux d'humidité moyens mensuels entre 2003 et 2012	08
Figure III.01:	grille mécanique droite	31
Figure III.02 :	Grille mécanique courbe	32
Figure III.3 :	Dessablage	32
Figure II.4 :	Le lit bactérien.....	35
Figure III.5:	Épuration biologique : schéma de principe de l'épuration par boues activées	38
Figure III.6:	schéma de principe de l'épuration par lagunage.....	39
Figure III.7:	schéma de principe de l'épuration par biodisque	40
Figure III.08	Enchaînement des opérations unitaires du traitement des boues	45
Figure IV 1 :	Schéma d'un lagunage à trois bassins.	50
Figure IV 2 :	Lagune d'aération en service	52
Figure IV.03 :	Les trois types de conception des bassins de lagunage	59
Figure IV.04 :	distance minimale entre une digue et une rivière	59
Figure V.01.	<i>Structure des Dispositif d'Étanchéité et de Drainage par Géosynthétique</i>	79
Figure V.02:	Vue en plan du répartiteur	80
Figure V.03 :	Vue de face du répartiteur	80

LISTE DES PLANCHES

Planche N°1 : PLAN SITUATION DE LA STEP DU COMMUNE SIDI AOUN
W. EL-OUED

Planche N°2 : VUE EN PLAN DE LA STEP DE SIDI AOUN W. EL-OUED

Planche N° 3 : OUVRAGES DE LA STEP DE SIDI AOUN W. EL-OUED

Planche N° 4 : SHEMA DE PRINCIPE D'UNE LAGUNAGE AERE
DE LA STEP SIDI AONE W. EL-OUED

Planche N° 5 : SHEMA DE DETAILLE DE DIFFERENTS PARTIES
DE LA STEP DE LA COMMUNE SIDI AOUN W. EL-OUED

INTRODUCTION GENERALE

L'existence de toute sorte de vie est liée à la présence de l'eau. L'insuffisance de cette dernière est l'un des problèmes les plus cruciaux auquel l'homme est confronté.

La vallée du Souf souffre actuellement des conséquences négatives de la remontée des eaux de la nappe phréatique, l'eau, qui était à 2 ou 3m sous le niveau du plancher des GHOUTS, n'est plus qu'à 1m, et cela, s'est traduit par des traces d'humidité au sol. Puis l'eau a affleuré en hiver au centre du GHOUT, avant de finir par envoyer en permanence le fond de celui-ci.

Les causes de la remontée des eaux de la nappe du Souf sont multiples, dont les principales sont : l'accroissement des consommations en eau potable et le rejet d'eaux usées, le transfert des eaux des nappes profondes vers les nappes superficielles par les forages et le manque d'exutoire naturel proche de la région.

L'objectif de notre étude est de contribuer à la conception et la réalisation d'une station d'épuration par lagunage aéré, qui aura l'avantage de correspondre au mieux aux conditions climatologiques et topographiques de la région, ainsi qu'au type urbain des rejets. Ce qui permet, par conséquent, de résoudre les désagréments engendrés par ces derniers, afin de préserver le milieu naturel et protéger la santé publique contre toute nuisance et une éventuelle réutilisation de ces eaux usées épurées en agriculture.

CHAPITRE I :
PRESENTATION DU SITE
D'ETUDE

I.1 Introduction

Dans ce chapitre, nous abordons la zone d'étude à mettre en place la station d'épuration, en termes de situation géographique, climat et géologique.

Cette station est le traitement des eaux usées pour chacun des trois communes :

HASSI KHALIFA, MAGRAN et SIDI AOUN

I.2 Situation géographique :

Sidi Aoun est l'une des 30 communes de la wilaya de EL OUED, elle se trouve au centre et au nord à 18 Km de la wilaya, et à 47 m d'altitude, une superficie de 480 km², soit l'équivalent de 1% de la surface totale. Elle est limitée par :

- Au nord par la commune de Hamraia
- A l'est par la commune de Magrane et Debila
- A l'ouest par la commune de Guemar
- Au sud par la commune de Hassani Abdelkrim (source D.U.C).

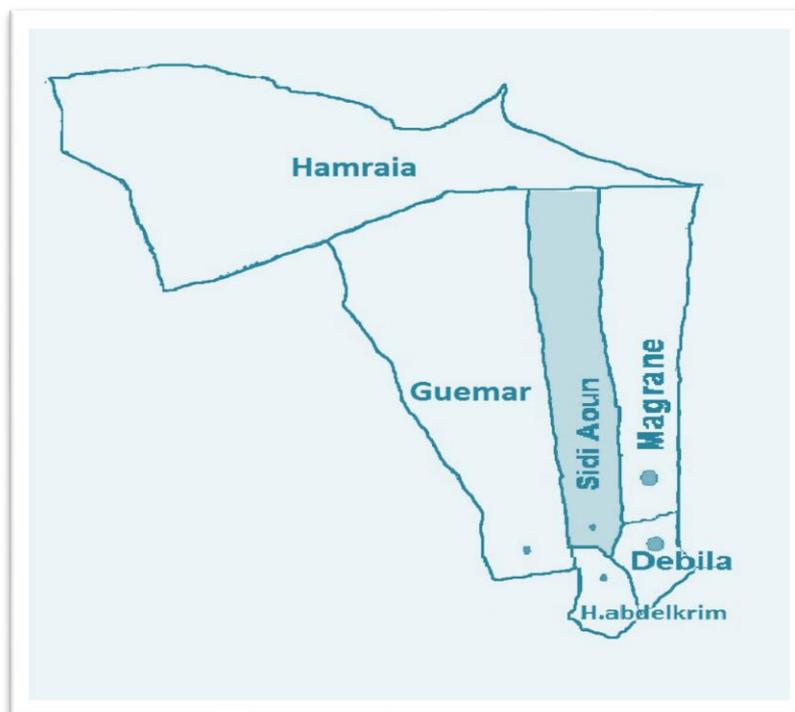


Figure I.1 : Situation géographique de Sidi Aoun (source D.U.C).

I.3 Situation géologique et relief

Le relief du Souf, très simple dans sa disposition générale, est caractérisé par les massifs dunaires où prédominent les formes douces. Celles-ci, dont certaines atteignent par endroit 100 m de hauteur, forment des collines de sable en forme de cratères où subsistent, selon la direction des vents dominants, des couloirs propices à la circulation. La couverture végétale du Souf est l'œuvre artificielle de ses habitants. Les palmeraies sont enfouies dans d'énormes entonnoirs, faits de mains d'homme, au fond desquels s'épanouissent les palmiers-dattiers dont les racines s'alimentent directement à la nappe phréatique; l'irrigation est inutile.

I.4 Situation hydrogéologique

La wilaya d'El-Oued qui fait partie du Sahara septentrional recèle dans son sous sol d'importantes réserves en eau contenues dans des aquifères superposées de la nappe phréatique dite libre à la nappe la plus profonde dit Albien. la vallée du Souf et sa périphérie puisent son eau dans les nappes profondes suivantes:

➤ **La nappe du Complexe Terminal**

La zone de production de cette nappe se situe entre 200 et 500 m, le débit moyen par forage varie entre 25 et 35 l/s avec une qualité chimique de 2 à 3 g/l de résidu sec. Le niveau hydrostatique de la nappe oscille entre 10 et 60 mètres selon les zones.

➤ **La nappe du Continental Intercalaire**

La nappe du Continental Intercalaire est captée à une profondeur moyenne de 1900 m, l'eau de cette nappe se distingue par sa température très élevée atteignant plus de 60 °C, et un résidu sec de 2 à 3 g/l.

➤ **Constat de l'exploitation des nappes :**

La nappe phréatique s'étale sur presque la quasi-totalité du territoire de la vallée, elle est exploitée par environ 10.000 puits traditionnels à une profondeur moyenne de 40 m. Le recours aux forages profonds pour l'irrigation a engendré un problème néfaste pour l'environnement dans certaines zones de la vallée, notamment la remontée des eaux dans le Souf. Cette situation a perturbé l'écosystème des oasis de la vallée considéré déjà assez fragile.

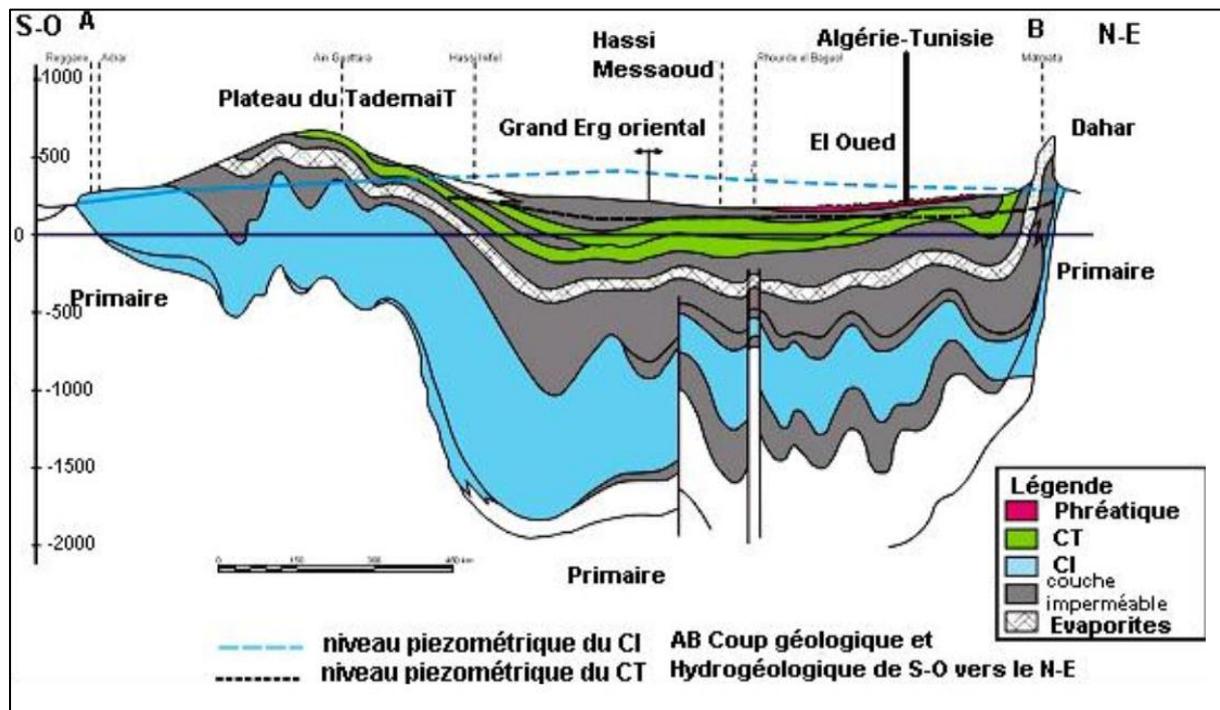


Figure I.02: le système aquifère de Sahara septentrionale (UNESCO, 1972).

I.5 Situation climatique

La région d'El Oued se caractérise par un climat aride de type saharien désertique, en hiver la température baisse au-dessous de 0°C alors qu'en été elle atteint 50°C; la pluviométrie moyenne varie entre 80 et 100 mm/an (période d'Octobre à février).

Le Sirocco (vent chaud et sec) peut être observé durant toute l'année. Le Sirocco peut provoquer des dégâts très importants (dessèchement, déshydratation). Les vents de sables envahissent régulièrement les cultures.

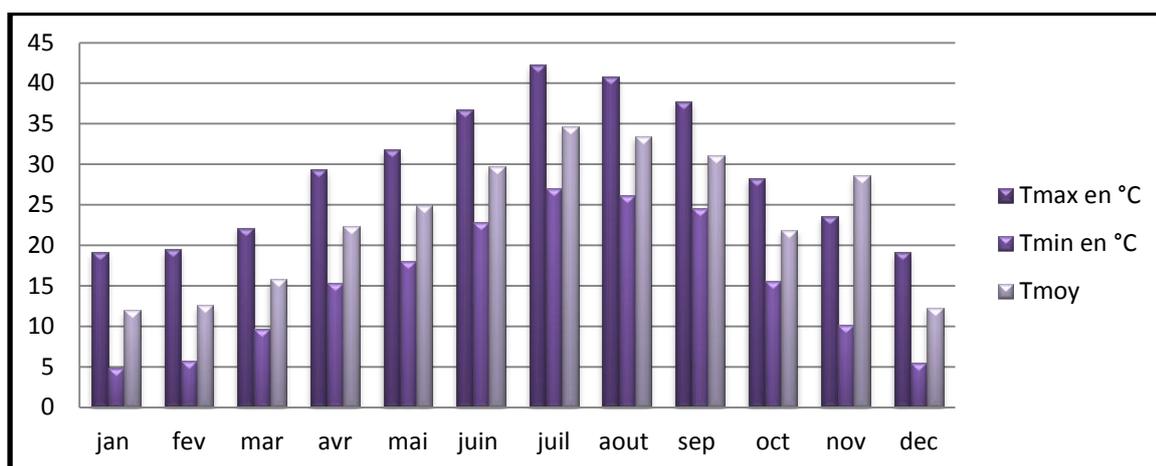
I.5.1 Températures

La température est un élément très important pour le bon fonctionnement d'un système d'épuration biologique. Les températures moyennes mensuelles de l'air mesurées par Station Météorologique El oued (Guemar), Assistance Aéronautique (DAUO), depuis l'année 2003 jusqu'à 2012 sont représentées par l'histogramme suivant

Tableau I- 01 : Températures maxima, minima et moyennes mensuelles de la région de Souf durant l'année 2012.

Paramètres	Mois											
	Jan	Fev	Mar	Avr	Mai	Juin	Juil	Aout	Sep	Oct	Nov	Dec
T_{max} en °C	19.1	19.5	22.1	29.3	31.8	36.7	42.3	40.8	37.7	28.3	23.5	19.1
T_{min} en °C	4.8	5.7	9.6	15.3	18	22.8	27	26.1	24.5	15.5	10.1	5.5
T_{moy}	11.95	12.6	15.85	22.3	24.9	29.75	34.65	33.45	31.1	21.9	28.55	12.3

Figure I.1: Histogramme des températures moyennes mensuelles entre 2003 et 2012



I.5.2 Les vents

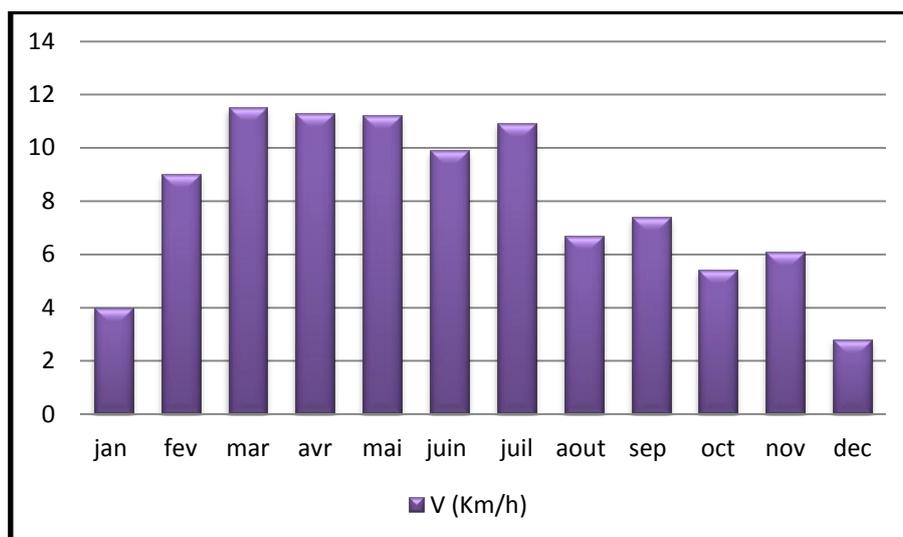
Le vent est un élément caractéristique du climat, il est caractérisé par sa direction, sa vitesse et sa fréquence (DUBIEF, 1964). Les vents sont fréquents et cycliques, leur direction dominante est variable suivant les saisons. Le vent du Nord-Ouest-Sud-Est (Dahraoui), sévit surtout au printemps. Le vent d'orientation Est-Nord (Bahri), se manifeste de fin août à mi-octobre, le plus fréquemment (NADJAH, 1971). La vitesse mensuelle du vent durant l'année 2012 dans la région d'étude est enregistrée dans le tableau I-02:

Tableau I-02 : la vitesse de vent de la région de Souf durant l'année 2012

Mois	Jan	Fev	Mar	Avr	Mai	Juin	Juil	Aout	Sep	Oct	Nov	Dec
V (Km/h)	4	9	11.5	11.3	11.2	9.9	10.9	6.7	7.4	5.4	6.1	2.8

V (Km/h) : Vitesses moyennes mensuelles du vent

Station Météorologique : El oued(Guemar), Assistance Aéronautique (DAUO)

Figure I.2: Histogramme des vitesses moyennes mensuelles du vent entre 2003 et 2012

En mai, les vents de la région d'étude atteignant une vitesse maximale de 11.5 km /h, et une vitesse minimale en février avec une valeur de 2.8 km/h (TabI-02).

I.5.3 La pluviométrie

La pluviométrie constitue une donnée fondamentale pour caractériser le climat d'une région. Notre région d'étude est caractérisée par des précipitations irrégulières dans le temps et dans l'espace. En effet, des précipitations annuelles moyennes (tableaux3) sont de 30.73 mm. La période pluviale de l'année est très courte (4mois) par contre la période sèche s'étale sur le reste de l'année (8mois).

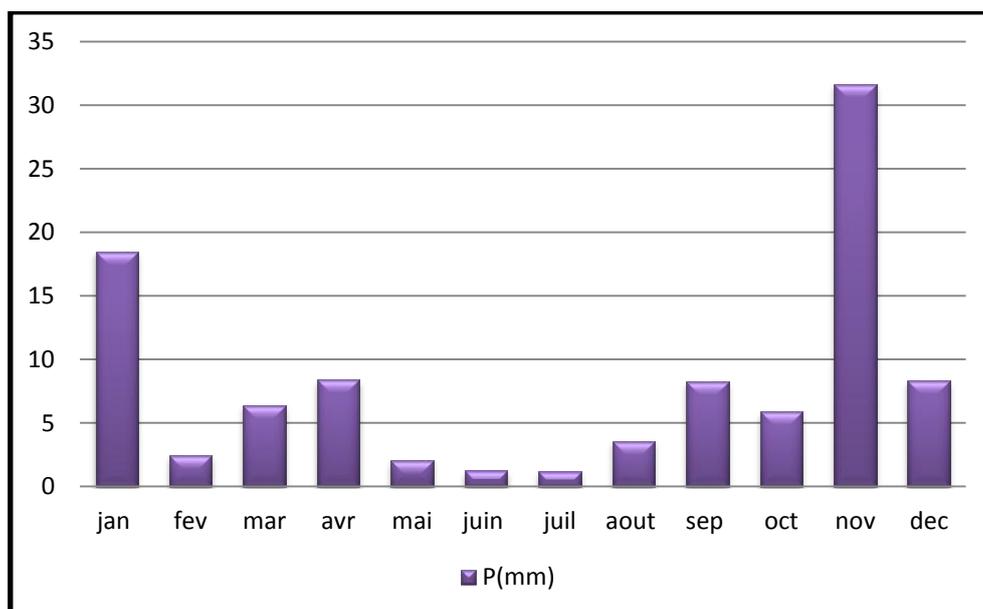
Station Météorologique : El oued(Guemar), Assistance Aéronautique (DAUO)

Tableau I-03 : Précipitations de la région de Souf durant l'année 2003-2012

Mois	Jan	Fev	Mar	Avr	Mai	Juin	Juil	Aout	Sep	Oct	Nov	Dec	Total
P(mm)	18.48	2.43	6.39	8.4	2.06	1.245	1.17	3.59	8.26	5.9	31.67	8.3	97.895

P: Précipitations

Station Météorologique : El oued(Guemar), Assistance Aéronautique (DAUO)

Figure I.3 : Histogramme des précipitations moyennes mensuelles entre 2003 et 2012

Le total des précipitations enregistrées en 2012 dans la région du Souf est de 30.73 mm, les mois les plus pluvieux sont avril et mars avec 9.39 mm et 9.14mm .L'année 2012 doit être considérée comme année sèche comme toutes les autres années (Tab.I-03).

I.5.4 Humidité relative de l'air :

L'humidité maximale est enregistrée pendant le mois de janvier (57.7 %), par contre l'humidité minimale est notée pendant le mois de juillet (27.9 %) (Tab.I-04).

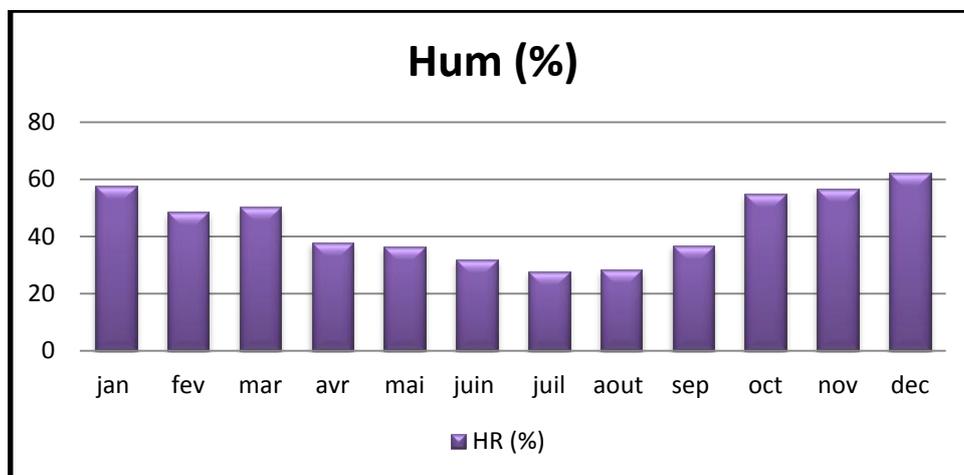
Tableau I-04 : Humidité relative moyenne mensuelle du Souf durant l'année 2012

Mois	Jan	Fev	Mar	Avr	Mai	Juin	Juil	Aout	Sep	Oct	Nov	Dec	Tot
Hum (%)	57.7	48.6	50.4	37.9	36.5	31.9	27.9	28.4	36.9	54.9	56.7	62.2	530

Hum % : Humidité relative en pourcentage

Station Météorologique : El oued(Guemar), Assistance Aéronautique (DAUO)

Figure I.4 : Histogramme des taux d'humidité moyens mensuels entre 2003 et 2012



I.6 SITUATION DEMOGRAPHIQUE

L'évolution démographique en Algérie obéit à la loi de l'accroissement géométrique donnée par la formule suivante :

$$P = P_0 (1 + t)^n \dots\dots\dots (I.1)$$

Où :

P : Population future.

P₀ : Population de l'année de référence

t : Taux d'accroissement démographique

n : Nombre d'années séparant l'année de référence et l'horizon considéré.

L'accroissement de la population sera calculé avec un taux d'accroissement de 2.3% à partir de l'année de référence 2014 jusqu'à l'année 2044.

Avec : t=2,3% [ONA]

n = 30 ans

Les résultats de la situation démographique des trois communes Hashi Khalifa, Magran et Sidi Aoun sont représentés dans le **tableau I.05**

Tableau I.05 : Evaluation démographique des trois communes

Population (hab)	Année	2014	Taux d'accroissement(%)	2029	2044
	Magrene	25980	2.3	36527	51388
	Sidi aoun	12930	2.3	18179	25576
	Hassi khelifa	33920	2.3	47707	67094
TOT				102413	144058

I.7 Situation hydraulique :

I.7.1 Alimentation en eau potable

a. Consommation moyenne journalière

En tenant compte des besoins en eau domestiques, scolaires, administratifs et industriels la consommation moyenne journalière se détermine par la formule suivante :

$$Q_{\text{moy.j}} = \Sigma (D_i * N_i) / 1000 \quad (\text{m}^3/\text{j}) \dots\dots\dots (\text{I.2})$$

Où :

$Q_{\text{moy.j}}$: la consommation moyenne journalière (m^3/j)

N : Nombre de consommateurs ; besoins domestiques ; scolaires ; industriels

D : Dotation moyenne journalière.

Les besoins des différents secteurs sont résumés dans le tableau **I.06**

Tableau I.06 : besoins moyens journaliers des trois (03) communes

Type de besoins		Dotation (l/j/hab) (l/j/etabliss)	Nombre d'individu ou d'établissement		Consommation moyenne journalière (horizon 2044)	
			Actuel (2014)	Futur (2044)	(l/j)	(m ³ /j)
Domestiques		200	72 830	144 058	28811600	28811.6
Scolaires	Ecoles	20	4 620	5 300	106 000	106
	C E M	20	3 255	4 200	84 000	84
	Lycées	20	2 630	4 000	80 000	80
Sanitaires	Centre de santé	10 000	6	8	80 000	80
	Salle de soin	10 000	2	3	30 000	30
	Hôpital	20 000	0	1	20 000	20
Socio-culturels	Mosquées	10	10 000	15 000	150 000	150
	Centre culturel	1 000	3	5	5 000	5
	Stade	10 000	2	3	30 000	30
	piscine	10 000	1	2	20 000	20
			Autre	Industrie	70 320	70,32
				Total	29416600	29416,6

Source : Direction des ressources en eau (D R E)

b. Ressources en eau potable

Les eaux souterraines constituent les principales ressources hydriques de la wilaya. On distingue trois (03) types d'aquifères.

- Nappe phréatique ;
- Nappe du complexe terminal ;
- Nappe du continental Intercalaire

Dans Le tableau ci-dessous sont regroupés les différents forages alimentant la région d'étude en eau potable actuellement :

Tableau I.07 : Les forages alimentent les trois (03) communes

	Nom de forage	Profondeur (m)	Nappe Captée	Débit (l/s)	Etat actuel
MAGRANE	Magran centre	394,6	Moi-plio	27,8	Bon
	Oued el maleh	420	pontien	25	Bon
	Bellila ayacha	391	Moi-plio	34,7	Bon
	Oum el zbed	380	Moi-plio	25	Bon
HASSI KHALIFA	Merzaka	460	Pontien	29	Bon
	chouaeiha	427	Pontien	29	Bon
	Barremie sahn berry	2010	Barremien	120	Bon
	El Adhal	436	Pontien	10	Bon
	Hassi kmalifa 1	385	Pontien	33	Bon
SIDI AOUN	AEP sidi aoun	350	Mio pliocène	40	Bon
	AEP laodouaou	354	Moi - plio	27,8	Bon
	El djdaida daoui	409	Moi - plio	25	Bon
	Djdaida cherguia	383	Moi - plio	30	Bon

Source : Direction des ressources en eau (D R E)

I.7.2 Assainissement :

Il existe un réseau en cours de réalisation par l'O.N.A, caractérisé par un système séparatif, est un schéma radial qui utilisé dans les terrains plats pour collecter les eaux en station de relevage, Le raccordement du réseau d'assainissement dans la région d'étude est atteignent 95 %.

Le transfert des eaux usées provient HASSI KHALIF passant MAGRAN vers SIDI AOUN de sont traités avant d'être rejetés a chate el halouffa.

I.8 panorama sur le phénomène de la remontée de la nappe phréatique :

La remontée de la nappe phréatique dans le Souf à été amorcée durant l'année 1969 et a provoqué dans les années 1990 l'inondation de plusieurs Ghouts et cela après plusieurs années de suralimentation ; d'autant plus que avant l'année 1994 existait un apport

supplémentaire, intimité à 31.67 hm³/an, à travers les tubages détérioré de plus de 30 forages jaillissants toujours exploités.

Nappe Phréatique :

La nappe phréatique présente dans toute l'Oasis du Souf correspond essentiellement à la partie supérieure des formations Continentales déposées à la fin du Quaternaire, avec une profondeur variable entre 10 et 40 mètres.

Cette nappe est la source principale d'irrigation d'importantes palmeraies, elle est surtout exploitée par des puits traditionnels qui sont au nombre de 10000.

La profondeur du toit de cette nappe, d'après les coupes géologiques, dépasse parfois 20 mètres. La circulation des eaux dans cette nappe est relativement lente sur toute la région du Souf particulièrement dans les zones caractérisées par l'existence de lentilles argileuses qui influent sur la perméabilité des sables. Excepté dans la région des Chotts la nappe phréatique est présente sur toute la zone d'étude.

La recharge de cette nappe est assurée par :

- les pluies torrentielles, viennent s'ajouter depuis quelques années.
- les eaux d'irrigation, provenant des nappes profondes (Pontien Barrémien).
- les eaux de rejets dues à l'inexistence d'un réseau d'assainissement et d'exutoire naturel.

I.9 Conclusion :

L'étude hydro-climatique représente les bases de données indispensables pour un bilan hydrique, lequel est indispensable pour la gestion des ressources hydriques souterraines.

Notre région d'étude est caractérisée principalement par une irrégularité des précipitations, ainsi qu'une humidité remarquable qui caractérise l'Automne et l'hiver.

Les vents sont généralement doux, mais au printemps ils deviennent violent et donnent naissance aux vents de sables.

Le vent est le paramètre le plus régulier dans la zone d'étude. Généralement le taux d'évaporation est important, elle reprend pratiquement toute l'eau précipitée.

Après l'étude géologique, on peut remarquer que le sol de cette région de texture sableux ayant un pourcentage de gypse.

Les infiltrations sont estimées à 40 % des valeurs des précipitations et le Ruissellement est quasiment nul.

CHAPITRE II:

***CARACTERISTIQUES DES
EAUX USEES***

II.1 Introduction

Les eaux usées constituent un milieu de culture pour de très nombreuses espèces de micro-organismes pathogènes.

Le traitement des eaux usées pose des problèmes importants, notre étude est de l'exploitation d'une bactérie pathogène dans le traitement des eaux usées au niveau de stabilisation anaérobie des boues pour limiter les risques de pollution, et de réutiliser les eaux usées après un traitement partiel ou total, accompagné obligatoirement d'une étude d'impact sur l'environnement.

Le travail est d'assurer un milieu de culture favorable (la boue) pour l'ensemencement de *Clostridium butyricum* dans un milieu anaérobie, riche en matières organiques, et température ambiante.

II.2. Définition :

Les eaux usées sont toutes les eaux qui parviennent dans les canalisations d'eaux usées dont les propriétés naturelles sont transformées par les utilisations domestiques, les entreprises industrielles, agricoles et autres. On englobe, aussi, les eaux de pluie qui s'écoulent dans ces canalisations (12)

II.3. Origine des eaux usées :

Suivant l'origine des substances polluantes, on distingue trois sources principales :

- Eaux usées domestiques ;
- Eaux industrielles ;
- Eaux de pluviales ;

II.3.1. Les eaux usées domestiques :

Elles proviennent des différents usages domestiques de l'eau. Elles sont essentiellement porteuses de pollution organique. Elles se répartissent en eaux ménagères, qui ont pour origine les salles de bains et les cuisines, et sont généralement chargées de détergents, de graisses, de solvants, de débris organiques, etc. et en eaux vannes ; il s'agit des rejets des toilettes chargés de diverses matières organiques azotées et de germes fécaux [13]

II.3.2. Les eaux industrielles :

Elles sont très différentes des eaux usées domestiques. Leurs caractéristiques varient d'une industrie à l'autre. En plus de matières organiques, azotées ou phosphorées, d'après [14], elles peuvent également contenir :

- des graisses (industries agroalimentaires, équarrissage) ;
- des hydrocarbures (raffineries) ;
- des métaux (traitements de surface, métallurgie) ;
- des acides, des bases et divers produits chimiques (industries chimiques divers, tanneries) ;
- de l'eau chaude (circuit de refroidissement des centrales thermiques) ;
- des matières radioactives (centrales nucléaires, traitement des déchets radioactifs).

Dans certains cas, avant d'être rejetées dans les réseaux de collecte, les eaux industrielles doivent faire l'objet d'un prétraitement de la part des industriels. Elles ne sont mêlées aux eaux domestiques que lorsqu'elles ne présentent plus de danger pour les réseaux de collecte et ne perturbent pas le fonctionnement des usines de dépollution.

II.3.3. Les eaux pluviales :

Elles peuvent, elles aussi, constituer une source de pollution importante des cours d'eau, notamment pendant les périodes orageuses. L'eau de pluie se charge d'impuretés au contact de l'air (fumées industrielles), puis, en ruisselant, des résidus déposés sur les toits et les chaussées des villes (huiles de vidange, carburants, résidus de pneus et métaux lourds...) [15].

Dans les zones urbaines, les surfaces construites rendent les sols imperméables et ajoutent le risque d'inondation à celui de la pollution.

II.4. Importance de rejets :

L'importance des rejets urbains dépend de certains facteurs notamment :

- Du type de réseau ;
- Des industries raccordées ou non au réseau ;
- De la taille de l'agglomération ;

II.4.1. Type de réseau :

Les principaux systèmes de collecte utilisés en assainissement sont :

- Le système unitaire qui reçoit dans les mêmes canalisations les eaux usées et les eaux pluviales,
- Le système séparatif comportant deux réseaux de canalisation différents, l'un pour les eaux pluviales et l'autre pour les eaux usées ;
- Le système pseudo-séparatif, actuellement peu préconisé dans la conception d'un nouvel équipement, est un système dans lequel, on divise les apports des eaux pluviales en deux parties.

II.4.2. Raccordement des industries :

Le raccordement des industries aux égouts urbains permet d'obtenir le mélange nécessaire d'eau usée urbaine et industrielle, ce qui présente des avantages, aussi bien pour l'usine que pour la municipalité.

Néanmoins, la capacité de réception du réseau d'assainissement, la qualité des eaux résiduaires, imposent certaines limites au raccordement à l'égout.

II.4.3. Taille de l'agglomération :

Le volume des eaux usées rejeté par habitant et par jour augmente généralement avec la taille de l'agglomération par suite de certaines différences d'habitude de vie, de niveau de développement et suivant le mode de tarification de la consommation d'eau potable.

II.5. Composition des eaux usées:

La composition des eaux usées est extrêmement variable, en fonction de leur origine industrielle ou domestique. Elles peuvent contenir de nombreuses substances, sous forme solide ou dissoute, ainsi que de nombreux microorganismes.

La composition des eaux usées s'analyse par le biais de diverses mesures physiques, chimiques et biologiques. Les analyses les plus fréquentes comportent des mesures de déchets solides, de la demande biochimique en oxygène mesurée après cinq jours (DBO₅), de la demande chimique en oxygène (DCO) et du pH [16].

II.5.1. Les matières en suspension

C'est la masse de matières insolubles ou colloïdales retenues par filtration quantitative ou séparées par centrifugation, elles s'expriment en milligramme par litre. Elles donnent également à l'eau une apparence trouble et, souvent, un mauvais goût et une mauvaise odeur. Cependant, elles peuvent avoir un intérêt pour l'irrigation des cultures [17].

II.5.2. Analyse en oxygène

a. La demande biochimique en oxygène (DBO)

La demande biochimique en oxygène est, par définition, la quantité d'oxygène nécessaire aux microorganismes vivants présents dans le milieu pour assurer l'oxydation et la stabilisation des matières organiques présentes dans l'eau usée. Par convention la DBO est la valeur obtenue après cinq jours d'incubation, DBO₅. L'essai normalisé prévoit un ensemencement microbien à l'aide d'eau usée domestique, d'une eau de rivière ou d'un effluent de station, et une incubation à 20°C, à l'abri de la lumière [18].

b. La demande chimique en oxygène (DCO)

Elle regroupe la quantité d'oxygène nécessaire à l'oxydation de l'ensemble des matières minérales et organiques biodégradables ou non, présentes dans un milieu. Soit donc à la fois les matières oxydables par les processus purement chimique et celles oxydables par les processus biochimiques [19].

II.6. Généralité sur la pollution hydrique

Tout pollution est une altération d'une ou plusieurs caractéristiques physico-chimique ou biologique d'une eau. [20].

La pollution des eaux se rapport à : -jeter, déverser ou laisser écouler dans les cours des eaux directement ou indirectement, des substances quelconques, dont l'action ou les réactions ont détruit l'environnement.

La pollution de l'eau qui celle-ci soit courante, stagnante, souterraine marine, est un danger car elle évoque la destruction de la faune et la flore. [21].

Les rejets polluants qui se mélangent aux eaux naturelles out diverses origines qui permettent leur classification en :

- eaux usées domestiques.
- eaux usées industrielles.
- eaux usées urbaines.
- eaux rejets polluants agricoles.
- apports à partir de dépôt de déchets solides.
- apports dans les eaux liées a la pollution atmosphérique. [22]

La pollution hydrique regroupe en trois catégories :

II.6.1. Pollution physique :

Les eaux usées contiennent tous les microorganismes excrétés avec les matières fécales. Cette flore entérique normale est accompagnée d'organismes pathogènes. L'ensemble de ces organismes peut être classé en quatre grands groupes, par ordre croissant de taille : les virus, les bactéries, les protozoaires et les helminthes [23]

a- pollution mécanique :

Elle résulte des décharges de déchets et de particules solides apportés par les eaux résiduaires industrielles, ainsi que les eaux de ruissellement. Ces polluants sont soit les éléments grossiers soit du sable ou bien les matières en suspension MES [24].

b-Pollution thermique :

Les eaux rejetées par les usines utilisant un circuit de refroidissement de certaines installations (centrales thermiques, nucléaires, raffineries, aciéries..); l'élévation de température qu'elle induit diminue la teneur en oxygène dissous. Elle accélère la biodégradation et la prolifération des germes. Il se trouve qu'à charge égale, un accroissement de température favorise les effets néfastes de la pollution [24].

c- Pollution radioactive :

La pollution des eaux par des substances radioactive pose un problème de plus en plus grave, a un effet direct sur les peuplements aquatiques en raison de la toxicité propre de ses éléments et des propriétés cancérigènes et mutagènes de ses rayonnements.

II.6.2. Les polluants biologiques :

Les eaux usées contiennent tous les microorganismes excrétés avec les matières fécales. Cette flore entérique normale est accompagnée d'organismes pathogènes. L'ensemble de ces organismes peut être classé en quatre grands groupes, par ordre croissant de taille : les virus, les bactéries, les protozoaires et les helminthes [23].

a-Les virus :

Ce sont des organismes infectieux de très petite taille (10 à 350 nm) qui se reproduisent en infectant un organisme hôte. Les virus ne sont pas naturellement présents dans l'intestin, contrairement aux bactéries (Tableau 2). Ils sont présents soit intentionnellement (après une vaccination contre la poliomyélite, par exemple), soit chez un individu infecté accidentellement. L'infection se produit par l'ingestion dans la majorité des cas, sauf pour le Coronavirus où elle peut aussi avoir lieu par inhalation (CSHPF, 1995).

On estime leur concentration dans les eaux usées urbaines comprise entre 10^3 et 10^4 particules par litre. Leur isolement et leur dénombrement dans les eaux usées sont difficiles, ce qui conduit vraisemblablement à une sous estimation de leur nombre réel.

Les virus entériques sont ceux qui se multiplient dans le trajet intestinal ; parmi les virus entériques humains les plus importants, il faut citer les entérovirus (exemple : polio), les rotavirus, les rétrovirus, les adénovirus et le virus de l'Hépatite A [25]

Tableau II.01 : Les virus dans les eaux usées.

Agent pathogène	Symptômes, maladie	Nombre pour un litre d'eau usée	Voies de contamination Principales
Virus de l'hépatiteA	Hépatite A.		Ingestion
Virus de l'hépatiteB	Hépatite B.		Ingestion
Rotavirus	Vomissement, diarrhée.	400 à 85000	Ingestion

Tableau II.01 (suit) :

Virus de Norwalk	Vomissement, diarrhée.		Ingestion
Adénovirus	Maladie respiratoire, Conjonctivite, vomissement.		Ingestion
Astrovirus	Vomissement, diarrhée.		Ingestion
Calicivirus	Vomissement, diarrhée.		Ingestion
Coronavirus	Vomissement, diarrhée.		Ingestion/ Inhalation
Réovirus	Affection respiratoire bénigne, diarrhée.		Ingestion
Entérovirus			Ingestion
Poliovirus	Paralysie, méningite, fièvre.	182 à 492000	Ingestion

Source : thème de magistère, université de mentouri Constantine, utilisation des eaux d'une station d'épuration pour l'irrigation des essences forestières urbaines, Djeddi Hamza, 2007.

b-Les bactéries :

Les bactéries sont des organismes unicellulaires simples et sans noyau (tableau II.02). La quantité moyenne de bactéries dans les fèces est d'environ 10¹² bactéries/g (25).

Les eaux usées urbaines contiennent environ 10⁶ à 10⁷ bactéries/100 ml. Parmi les plus communément rencontrées, on trouve les salmonellas dont on connaît plusieurs centaines de stéréotypes différents, dont ceux responsables de la typhoïde, des paratyphoïdes et des troubles intestinaux. Des germes témoins de contamination fécale sont communément utilisés pour contrôler la qualité relative d'une eau ce sont les coliformes thermotolérants (26)

Tableau II.02 : Les bactéries pathogènes dans les eaux usées.

Agent pathogène	Symptomes, maladie	Nombre pour un litre d'eau usée	Voies de contamination Principales
Salmonella	Typhoïde, paratyphoïde, Salmonellose.	23 à 80 000	Ingestion
Shigella	Dysenterie bacillaire.	10 à 10 000	Ingestion
E. coli	Gastro-entérite.		Ingestion
Yersinia	Gastro-entérite.		Ingestion
Compylobacter	Gastro-entérite.	37 000	Ingestion
Vibrio	Choléra.	100 à 1 000 000	Ingestion
Leptospira	Leptospirose.		Cutanée/Inhalation/ Ingestion
Legionella	Légionellose.		Ingestion
Mycobacterium	Tuberculose.		Ingestion

Source : thèse de magistère, université de mentouri Constantine, utilisation des eaux d'une station d'épuration pour l'irrigation des essences forestières urbaines, Djeddi Hamza, 2007.

c-Les protozoaires :

Les protozoaires sont des organismes unicellulaires munis d'un noyau, plus complexes et plus gros que les bactéries. La plupart des protozoaires pathogènes sont des organismes parasites, c'est-à-dire qu'ils se développent aux dépens de leur hôte.

Certains protozoaires adoptent au cours de leur cycle de vie une forme de résistance, appelée kyste. Cette forme peut résister généralement aux procédés de traitements des eaux usées [23]

II.6.3. Polluants chimiques :

Elle résulte des rejets chimiques, essentiellement d'origine industrielle, domestique

et agricole. La pollution chimique des eaux est regroupée dans deux catégories:

- Organique (hydrocarbures, pesticides, détergents..).
- Minérale (métaux lourds, cyanure, azote, phosphore...).

a- Pollution organique :

C'est les effluents chargés de matières organiques fermentescibles (biodégradables), fournis par les industries alimentaires et agroalimentaires (laiteries, abattoirs, sucreries...), et par les effluents domestiques (déjections humaines, graisses,...etc.), La première conséquence de cette pollution consommation d'oxygène dissous de ces eaux.

Les polluants organiques ce sont principalement les détergents, les pesticides et les hydrocarbures.

*Les détergents :

Sont des composés tensioactifs synthétiques dont la présence dans les eaux est due aux rejets d'effluent urbains et industriels. Les nuisances engendrées par l'utilisation des détergents sont :

- L'apparition de goût de savon.
- La formation de mousse qui freine le processus d'épuration naturelle ou artificielle.
- Le ralentissement du transfert et de la dissolution de l'oxygène dans l'eau.

*Les pesticides :

On désigne généralement comme des produits utilisés en agriculture les conséquences néfastes dues aux pesticides sont liées aux caractères suivants :

- Rémanence et stabilité chimique conduisant à une accumulation dans les chaînes alimentaire. -Rupture de l'équilibre naturel.

*Les hydrocarbures :

Provenant des industries pétrolières et des transports, qui sont des substances peu solubles dans l'eau et difficilement biodégradables, leur densité inférieure à l'eau les fait surnager. En surface, ils forment un film qui perturbe les échanges gazeux avec l'atmosphère [27]

b - Pollution minérale :

La pollution minérale des eaux peut provoquer le dérèglement de la croissance végétale ou trouble physiologique chez les animaux. Le polluant minéral ce sont principalement les métaux lourds et les éléments minéraux nutritifs [28].

*Les métaux lourds :

sont essentiellement le mercure (Hg), le cadmium (Cd), le plomb l'argent (Ag), le

cuivre (Cu), le chrome (Cr), le nickel (Ni) et le zinc (Zn). Ces éléments, bien qu'ils puissent avoir une origine naturelle (roches du sous-sol, minerais), proviennent essentiellement de la contamination des eaux par des rejets d'activités industrielles diverses (traitements de surface, galvanoplastie, hydrométallurgie, industries minières, chimique, pétrochimique, pharmaceutique,...etc.). Ils ont la particularité de s'accumuler dans les organismes vivants ainsi que dans la chaîne trophique

*Les éléments minéraux nutritifs :

(Nitrates et phosphates) : provenant pour l'essentiel de l'agriculture et des effluents domestiques [28], il est à l'origine du phénomène d'eutrophisation c'est-à-dire la prolifération excessive d'algues et de plancton dans les milieux aquatiques.

II.7. Caractéristiques des eaux usées :

L'évaluation de la qualité de l'eau nécessite de nombreuses analyses, incluant le dosage de multiples paramètres physico-chimiques et bactériologiques. Ces analyses sont réalisées par des méthodes dont les protocoles sont bien définis.

II.7.1. Les paramètres physico-chimiques :

Selon GAUJOUS (1995), la pollution résulte de l'introduction dans un milieu de substances conduisant à son altération. Elle se traduit généralement par des modifications des caractéristiques physico-chimiques du milieu récepteur. La mesure par analyse de ces derniers (au niveau du rejet, du milieu naturel ou du milieu pollué) permet de l'étudier.

II.7.1.1. La température :

La température est un facteur écologique important du milieu. Son élévation peut perturber fortement la vie aquatique (pollution thermique). Certains rejets présentent des écarts de température importants avec le milieu récepteur : ce sont par exemple, les eaux de refroidissement des centrales nucléaires thermiques induisant ainsi une forte perturbation du milieu. La température est mesurée par thermosonde (ou par thermomètre) [30],

Il est important de connaître la température de l'eau avec précision. En effet, celle-ci joue un rôle dans la solubilité des sels et surtout des gaz, dans la détermination du pH, pour la connaissance de l'origine de l'eau et des mélanges éventuels, etc. [31]

II.7.1.2. Le potentiel d'Hydrogène (pH) :

Le pH est un paramètre qui permet de mesurer l'acidité, l'alcalinité ou la basicité d'une eau [13]. Sa mesure doit s'effectuer sur place de préférence par la méthode potentiométrique. La mesure électrique, quoique délicate, peut seule donner une valeur exacte, car elle est indépendante du potentiel d'oxydoréduction, de la couleur du milieu, ou de la turbidité et des matières colloïdales [31]

En milieu côtier et estuarien, certains rejets industriels ou les apports d'eaux de ruissellement sont la cause de variation du pH qui s'avère être, dans ce cas, un indice de pollution [32]

Les organismes sont très sensibles aux variations du pH, et un développement correct de la faune et de la flore aquatique n'est possible que si sa valeur est comprise entre 6 et 9.

L'influence du pH se fait également ressentir par le rôle qu'il exerce sur les autres éléments comme les métaux dont il peut diminuer ou augmenter la disponibilité et donc la toxicité.

II.7.1.3. La turbidité et les matières en suspension :

La turbidité est inversement proportionnelle à la transparence de l'eau. Elle est mesurée :

- soit visuellement par la hauteur d'eau à travers laquelle on ne distingue plus un objet (disque de Secchi, fil de platine) ; elle est alors exprimée en mètre.
- soit électroniquement (néphélométrie) par comparaison avec une gamme de solution de référence (silice, mastic, formazine) ; elle est alors exprimée en mg/l de silice, de mastic [30].

Dans une eau usée urbaine, près de 50 % de la pollution organique se trouve sous forme de MES. Les résultats pour les eaux usées industrielles sont très variables, il est de même pour les eaux naturelles où la nature des MES est souvent minérale et leur taux est relativement bas, sauf en période de crue des cours d'eau.

La composition des MES peut être appréciée par analyse directe : plus souvent, elle est obtenue par différence des caractéristiques des eaux brutes et des eaux filtrées. Les erreurs sur les valeurs résultantes sont alors élevées [15].

II.7.1.4. La demande biologique en oxygène (DBO5) :

La demande biochimique en oxygène DBO, exprimée en mg d'oxygène par litre,

permet l'évaluation des matières organiques biodégradables dans les eaux [15]. Plus précisément, ce paramètre mesure la quantité d'oxygène nécessaire à la destruction des matières organiques grâce aux phénomènes d'oxydation par voie aérobie.

Pour la mesurer, on prend comme référence la quantité d'oxygène consommée au bout de 5 jours ; c'est la DBO₅.

la DBO₅ est défini comme étant la quantité d'oxygène consommée par les bactéries, à 20°C à l'obscurité et pendant 5 jours d'incubation d'un échantillon préalablementensemencé, temps qui assure l'oxydation biologique d'une fraction de matière organique carbonée [13].

La DBO₅ est un paramètre intéressant pour l'appréciation de la qualité des eaux : dans les eaux pures elle est inférieure à 1 mg d'(O₂)/l, et quand elle dépasse les 9 mg/l l'eau est considérée comme étant impropre [13]

II.7.1.5. La demande chimique en oxygène (DCO) :

La demande chimique en oxygène (DCO), exprimée en mg d'(O₂)/l, correspond à la quantité d'oxygène nécessaire pour la dégradation par voie chimique est dans des conditions définies de la matière organique ou inorganique contenue dans l'eau[34] Elle représente donc, la teneur totale de l'eau en matières oxydables.

II.7.1.6. Les matières oxydables (MO) :

C'est un paramètre utilisé par les agences de l'eau pour caractériser la pollution organique de l'eau, il se définit à partir de la DBO₅ et de la DCO selon la formule suivante [35] :

$$MO = (2 \times DBO_5 + DCO) / 3 \quad (II.01)$$

II.7.1.7. L'azote et le phosphore :

Les teneurs en azote et en phosphore sont également des paramètres très importants. Les rejets excessifs de phosphore et d'azote contribuent à l'eutrophisation des lacs et des cours d'eau.

II.7.1.7.1. L'azote :

Dans les eaux usées domestiques, l'azote est sous forme organique et ammoniacale, on le dose par mesure du N-NTK (Azote Totale Kjeldahl) et la mesure du N-NH₄. La concentration du N-NTK est de l'ordre de 15 à 20% de celle de la DBO. L'apport journalier est compris entre 10 et 15g par habitant [34],

Azote Kjeldahl = Azote ammoniacal + Azote organique [30].

L'azote organique, composant majeur des protéines, est recyclé en continu par les plantes et les animaux.

L'azote ammoniacal est présent sous deux formes en solution, l'ammoniac NH_3 et l'ammonium NH_4^+ , dont les proportions relatives dépendent du pH et de la température. L'ammonium est souvent dominant ; c'est pourquoi, ce terme est employé pour désigner l'azote ammoniacal [32]. En milieu oxydant, l'ammonium se transforme en nitrites puis en nitrates ; ce qui induit une consommation d'oxygène [30].

• Nitrites (NO^{2-}) :

Les ions nitrites (NO^{2-}) sont un stade intermédiaire entre l'ammonium (NH_4^+) et les ions nitrates (NO^{3-}). Les bactéries nitrifiantes (nitrosomonas) transforment l'ammonium en nitrites. Cette opération, qui nécessite une forte consommation d'oxygène, est la nitrification. Les nitrites proviennent de la réduction bactérienne des nitrates, appelée dénitrification.



Les nitrites constituent un poison dangereux pour les organismes aquatiques, même à de très faibles concentrations. Sa toxicité augmente avec la température. Ils provoquent une dégradation de l'hémoglobine du sang des poissons qui ne peut plus véhiculer l'oxygène. Il en résulte la mort par asphyxie [7]. Chez les nourrissons, l'incapacité du sang à transporter l'oxygène est la méthémoglobinémie [30].

• Nitrates (NO^{3-}) :

Les nitrates constituent le stade final de l'oxydation de l'azote organique dans l'eau. Les bactéries nitrifiantes (nitrobacters) transforment les nitrites en nitrates.

Cette réaction appelée nitrification s'accompagne aussi d'une consommation d'oxygène [7].



Les nitrates ne sont pas toxiques ; mais des teneurs élevées en nitrates provoquent une prolifération algale qui contribue à l'eutrophisation du milieu. Leur potentiel danger reste néanmoins relatif à leur réduction en nitrites.

Azote global = Azote Kjeldahl + Nitrites + Nitrates [7].

II.7.1.8.2. Phosphore :

Le phosphore est présent dans l'eau sous plusieurs formes : phosphates, polyphosphates, phosphore organique ... ; les apports les plus importants proviennent des déjections humaines et animales, et surtout des produits de lavage. Les composés

phosphorés sont indésirables dans les réservoirs de distribution d'eau potable, parce qu'ils contribuent au développement d'algues et plus généralement du plancton aquatique.

Agents d'eutrophisation gênant dans le milieu naturel, les phosphates n'ont pas d'incidence sanitaire et les polyphosphates sont autorisés comme adjuvants pour la prévention de l'entartrage dans les réseaux [15].

II.7.1.9. Oligo-éléments et les toxiques minéraux :

Les oligo-éléments sont toujours présents dans l'eau en quantités très faibles. Leur présence est généralement indispensable au développement des êtres vivants, et leur absence peut entraîner des carences. A plus fortes concentrations, ils deviennent toxiques.

La plupart sont désignés comme étant "métaux lourds", bien que tous ne soient pas des métaux ; ces éléments sont soumis à des normes, particulièrement en eau potable, mais aussi en rejets industriels, pour les boues d'épuration valorisable en agriculture, pour les épandages de boues de curage de rivières ... [30].

II.8. Effets des eaux usées sur le milieu récepteur :

On les observe dans plusieurs domaines, notamment dans les mers et les rivières où s'observent parfois des marées noires ou encore la mort de poissons, suite à l'intoxication dues aux lessives ou à des rejets industriels. Ainsi, en 1975, le déversement de Cyanure dans la Moselle détruit 40 tonnes de poissons, alors que le rejet dans le Rhin d'un insecticide entraîna la mort de 50% des poissons. En effet, quand les eaux résiduaires contiennent des huiles ou des graisses, la formation de films peut s'opposer à l'accès de l'oxygène dans les cours d'eau et provoquer des effets d'intoxication sur les microorganismes et les poissons. Les huiles et les graisses végétales et animales peuvent être assez facilement dégradées par voie biochimique mais c'est le contraire pour les huiles et les graisses minérales. Des effets toxiques sur les microorganismes et les poissons peuvent également être provoqués par des déversements d'eaux résiduaires industrielles contenant des tannins, des goudrons, des colorants. D'une manière générale, diverses substances toxiques, minérales ou organiques, peuvent être contenues dans les eaux résiduaires industrielles, peuvent détruire la faune des rivières ou mettre en question l'utilisation de l'eau des rivières pour l'alimentation humaine .

II.9 Conclusion:

Les conséquences immédiates ou différées d'un rejet d'eaux usées sur le milieu récepteur sont nombreuses. Elles sont dues à la présence d'éléments polluants contenus dans l'eau sous forme dissoute ou particulaire, parmi ces polluants les métaux lourds qui sont très toxiques rendant les rendements agricoles non satisfaisants et perturbent l'équilibre de l'écosystème

CHAPITRE III :

***GENERALITE SUR
L'EPURATION DES
EAUX USEES***

III.1 Introduction :

Il ne faut pas confondre le traitement des eaux, qui a pour fonction de les transformer en eau potable, et l'assainissement des eaux usées rejetées par le consommateur après utilisation. L'assainissement des eaux usées a pour objectif de collecter puis d'épurer les eaux usées avant de les rejeter dans le milieu naturel, afin de les débarrasser de la pollution dont elles sont chargées.

III.2 Histoire

Des hommes préhistoriques ont disposé leurs campements près de cours d'eau, l'eau leur servant comme boisson, moyen de transport, source d'énergie mais aussi comme moyen d'assainissement. Durant l'Antiquité, les eaux usées des agglomérations sont collectées et évacuées par des égouts et parfois traitées par phytoremédiation, les Romains utilisaient les plantes des marais pour leur Cloaca Maxima et se servaient des eaux usées comme engrais.

Au Moyen Âge, le développement anarchique des villes rend difficile la mise en place de réseaux d'égouts.

Le traitement des eaux usées est historiquement récent est lié à la croissance démographique importante dans les villes consécutive à la révolution industrielle. La décomposition des matières organiques est étudiée dans les années 1920, ce qui permet de développer l'épuration biologique.

III.3 . Les étapes et procédés de traitement des eaux usées :

La dépollution des eaux usées nécessite une succession d'étapes faisant appel à des traitements physiques, physico-chimiques et biologiques. En dehors des plus gros déchets présents dans les eaux usées, l'épuration doit permettre, au minimum, d'éliminer la majeure partie de la pollution carbonée.

Selon le degré d'élimination de la pollution et les procédés mis en œuvre, plusieurs niveaux de traitements sont définis : les prétraitements, le traitement primaire et le traitement secondaire. Dans certains cas, des traitements tertiaires sont nécessaires, notamment lorsque l'eau épurée doit être rejetée en milieu particulièrement sensible.

A titre d'illustration, les rejets dans les eaux de baignade, dans des lacs souffrant d'un phénomène d'eutrophisation ou dans des zones d'élevage de coquillages sont concernés par ce troisième niveau de traitement. Les traitements tertiaires peuvent également comprendre des traitements de désinfection. La réduction des odeurs peut encore être l'objet d'attentions particulières.

III.3.1. Les prétraitements :

Les eaux brutes doivent généralement subir, avant leur traitement proprement dit, un prétraitement qui comporte un certain nombre d'opérations, uniquement physiques ou mécaniques. Il est destiné à extraire de l'eau brute, la plus grande quantité possible d'éléments dont la nature ou la dimension constitueront une gêne pour les traitements ultérieurs. Il s'agit principalement des déchets volumineux (dégrillage), des sables et graviers (dessablage) et des graisses (dégraissage-déshuilage) [3] .

III.3.1.1. Dégrillage :

Au cours du dégrillage, les eaux usées passent au travers d'une grille dont les barreaux, plus ou moins espacés, retiennent les matières les plus volumineuses charriées par l'eau brute, qui pourraient nuire à l'efficacité des traitements suivants ou en compliquer leur exécution.

Le dégrillage permet aussi de protéger la station contre l'arrivée intempestive des gros objets susceptibles de provoquer des bouchages dans les différentes unités de l'installation. Les éléments retenus sont, ensuite, éliminés avec les odeurs ménagères [3] .

Il existe différents types de grilles selon la conception des fabricants et la nature de l'effluent à traiter .On distingue :

a. Les grille manuelles : elles sont cependant réservées aux petites stations (<5000habitants). Généralement inclinées par rapport l'horizontale (60° à 80°), le nettoyage s'effectue manuellement à l'aide d'un râteau.

b. Les grilles mécaniques : Au de là de 2000 équivalents habitants la station doit être équipée de grilles mécaniques .Les grilles mécaniques sont classent en deux catégories :

-les grille droites : fortement relevées (inclinaison de 80°), elles sont conçues avec des dispositifs de nettoyage différents tel que :

- Des râteaux ou des peignes ;
- Des brosses montées sur chaîne sans fin ;
- Des grappins alternatifs, à commande par câble permettant remonter, les détritrus sur de grande hauteur

La figure III.1 donne un exemple de grille droite

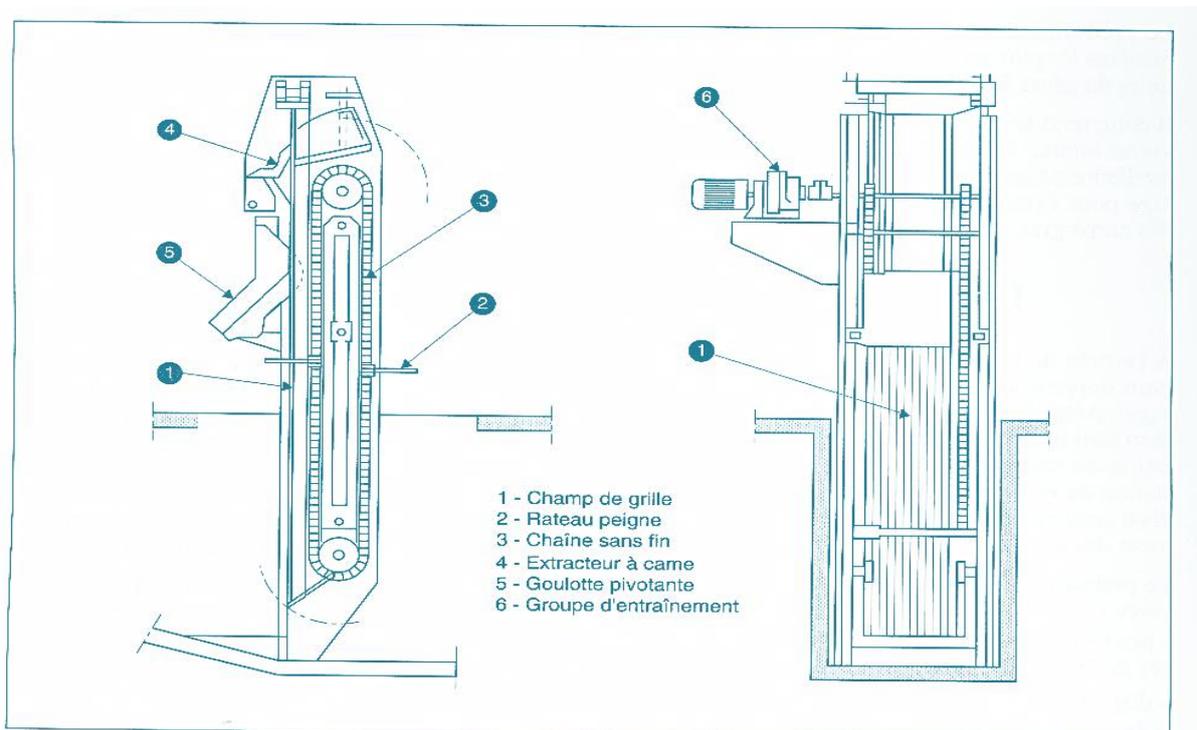


Figure III.01 : grille mécanique droite.

-Les Grilles courbes : ces grilles sont conçues pour traiter les eaux d'une station traitant 10 à 5000 m³/h. constituées de barreaux en fer plat formés en quart de cercle, elles sont nettoyées par un double râteau tournant ou encore par un système de bielles appliquées contre la grille .(voir figure III.2)

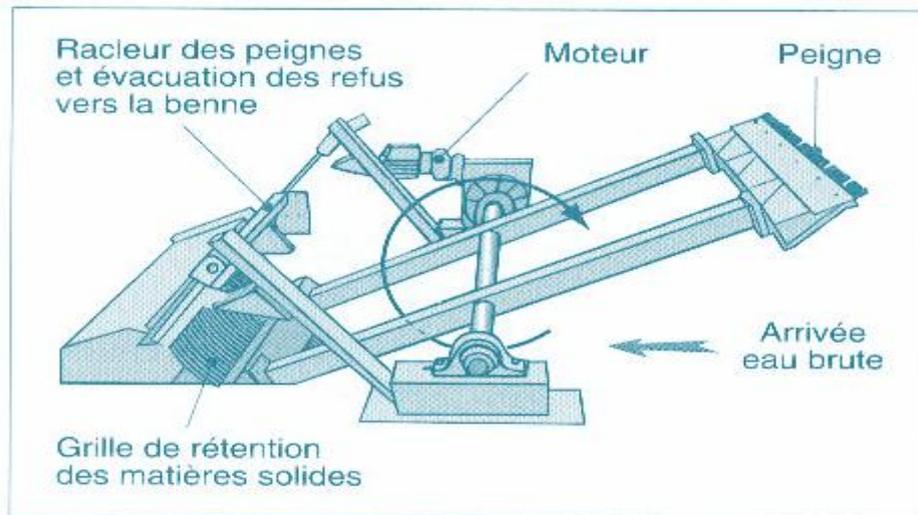


Figure III.02 : Grille mécanique courbe

III.3.1.2. Dessablage :

Le dessablage a pour but d'extraire des eaux brutes les graviers, les sables et les particules minérales plus ou moins fines, de façon à éviter les dépôts dans les canaux et conduites, à protéger les pompes et autres appareils contre l'abrasion et à éviter de surcharger les stades de traitements suivants.

L'écoulement de l'eau, à une vitesse réduite, dans un bassin appelé "dessableur" entraîne leur dépôt au fond de l'ouvrage. Les sables récupérés, par aspiration, sont ensuite essorés, puis lavés avant d'être soit envoyés en décharge, soit réutilisés selon la qualité du lavage [3].



Figure III.3 : Dessablage

III.3.1.3. Dégraissage - Déshuilage :

Le déshuilage est une opération de séparation liquide-liquide, alors que le dégraissage est une opération de séparation solide-liquide (à la condition que la température de l'eau soit suffisamment basse, pour permettre le figeage des graisses). Ces deux procédés visent à éliminer la présence des corps gras dans les eaux usées, qui peuvent gêner l'efficacité du traitement biologique qui intervient en suite [3].

III.3.2. Le traitement primaire :

Le traitement "primaire" fait appel à des procédés physiques, avec filtration et décantation plus ou moins aboutie, éventuellement assortie de procédés physicochimiques, tels que la coagulation- floculation :

III.3.2.1. Coagulation - floculation :

La turbidité et la couleur d'une eau sont principalement causées par des particules très petites, dites particules colloïdales. Ces particules, qui peuvent rester en suspension dans l'eau durant de très longues périodes, peuvent même traverser un filtre très fin. Par ailleurs, puisque leur concentration est très stable, ces dernières n'ont pas tendance à s'accrocher les unes aux autres. Pour les éliminer, on a recours aux procédés de coagulation et de floculation.

La coagulation a pour but principale de déstabiliser les particules en suspension, c'est-à-dire de faciliter leur agglomération. En pratique, ce procédé est caractérisé par l'injection et la dispersion rapide de produits chimiques : sels minéraux cationiques.

La floculation a pour objectif de favoriser, à l'aide d'un mélange lent, les contacts entre les particules déstabilisées. Ces particules s'agglutinent pour former un floc qu'on peut facilement éliminer par les procédés de décantation et de filtration [37].

III.3.2.2. Décantation :

La décantation est un procédé qu'on utilise dans, pratiquement, toutes les usines d'épuration et de traitement des eaux (DES JARDINS, 1990). Son objectif est d'éliminer les particules dont la densité est supérieure à celle de l'eau par gravité. La vitesse de décantation

est en fonction de la vitesse de chute des particules, qui elle-même est en fonction de divers autres paramètres parmi lesquels : grosseur et densité des particules [38].

Les matières solides se déposent au fond d'un ouvrage appelé "décanteur" pour former les boues "primaires". Ces dernières sont récupérées au moyen de systèmes de raclage. L'utilisation d'un décanteur lamellaire permet d'accroître le rendement de la décantation. Ce type d'ouvrage comporte des lamelles parallèles inclinées, ce qui multiplie la surface de décantation et accélère donc le processus de dépôt des particules. La décantation est encore plus performante lorsqu'elle s'accompagne d'une floculation préalable [3].

III.3.3. Le traitement secondaire (Biologique) :

Dans la grande majorité des cas, l'élimination des pollutions carbonées et azotées s'appuie sur des procédés de nature biologique, basés sur la croissance de micro-organismes aux dépens des matières organiques "biodégradables" qui constituent pour eux des aliments.

Les micro-organismes, les plus actifs, sont les bactéries qui conditionnent en fonction de leur modalité propre de développement, deux types de traitements [38] :

III.3.3.1. Traitements anaérobies :

Les traitements anaérobies font appel à des bactéries n'utilisant pas de l'oxygène, en particulier, aux bactéries méthanogènes qui conduisent, comme leur nom l'indique, à la formation du méthane à partir de la matière organique, et à un degré moindre de CO₂.

Ce type de fermentation est appelé digestion en hydrologie. C'est une opération délicate qui demande une surveillance importante. En effet, la température doit être maintenue à un niveau très stable et suffisamment élevé. Il faut aussi éviter les écarts brutaux de pH et les substances inhibitrices du développement bactérien, à titre d'exemple : les cyanures, les sels de métaux lourds et les phénols.

Ce système est davantage utilisé pour le traitement des effluents urbains, que pour le traitement des effluents industriels généralement toxiques pour les bactéries [38].

III.3.3.2. Les traitements aérobies :

Les bactéries utilisées exigent un apport permanent d'oxygène. On distingue trois méthodes essentielles :

III.3.3.2.1. Les lits bactériens :

L'épuration des eaux par **lit bactérien** est une méthode d'épuration biologique par cultures fixées. Ce système est le plus souvent utilisé pour les eaux très chargées provenant d'industries agroalimentaires, d'apport viticole ou autres...

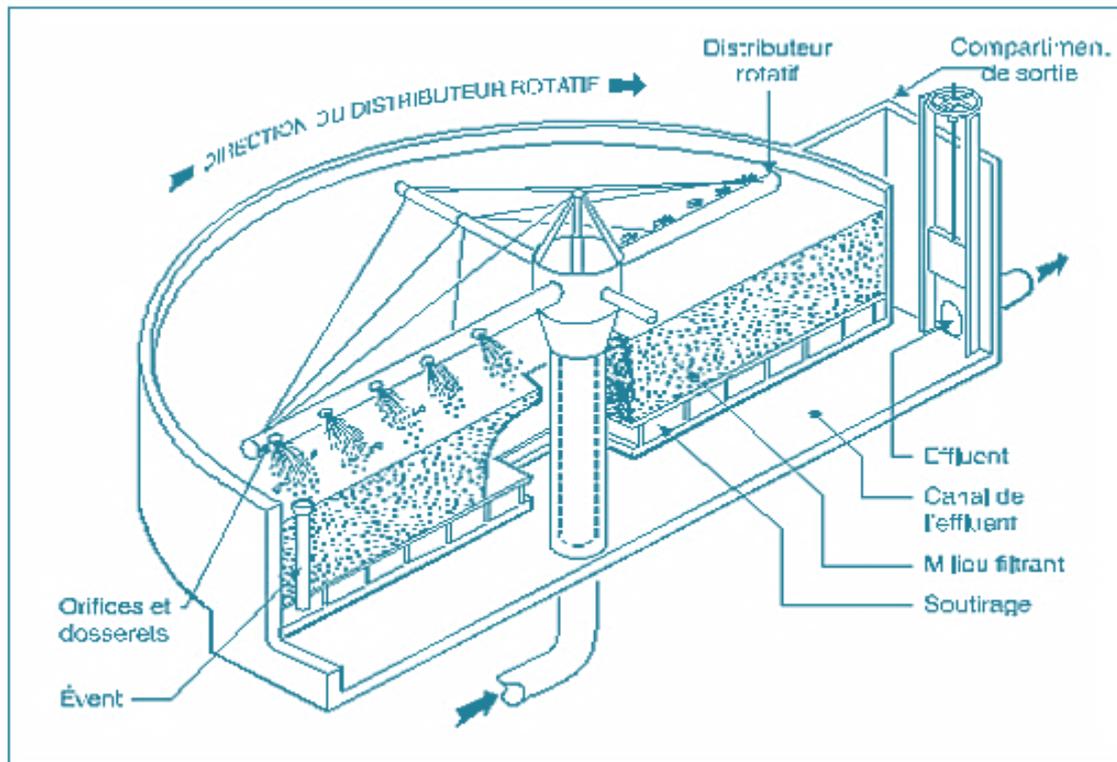


Figure II.4 : Le lit bactérien

Description

Cette technique consiste à faire supporter les micro-organismes épurateurs par des matériaux poreux ou caverneux. L'eau à traiter est dispersée en tête de réacteur, traverse le garnissage et peut être reprise pour une re-circulation. Dans les lits bactériens (ou filtres bactériens ou bio-filtre), la masse active des micro-organismes se fixe sur des supports poreux inertes ayant un taux de vide d'environ 50 % (minéraux, comme la pouzzolane et le coke métallurgique, plastiques, les roches volcaniques, les cailloux) à travers lesquels on filtre l'effluent à traiter.

Pour ne pas avoir un colmatage rapide de la culture bactérienne, il faut effectuer les opérations de pré-traitement suivantes : dégrillage, dessablage, dégraissage et décantation primaire (décanteur-digesteur).

Puis, l'effluent (eau à traiter) est réparti aussi uniformément que possible (dispersion en pluie par une grille de répartition rigoureusement plane) à la surface du filtre.

Ensuite l'effluent (eaux à traiter) va être aspergé sur le lit bactérien grâce à un gicleur. L'aération dans le lit bactérien est réalisée par tirage naturel ou par ventilation. Ainsi, une aération abondante, par le sommet et le bas du massif filtrant provoque sur ce dernier le développement d'une flore microbienne aérobie, de plus, la percolation lente de l'effluent rend le processus d'oxydation efficace.

Lorsque la pellicule bactérienne devient trop importante, elle se détache naturellement; elle doit alors être séparée de l'effluent par décantation. L'eau va donc dans un décanteur secondaire (ou clarificateur) afin d'éliminer les éventuelles boues restantes.

Avantages et inconvénients

Ce système d'épuration présente certains avantages :

- faible consommation d'énergie ;
- fonctionnement simple demandant peu d'entretien et de contrôle ;
- peut être installé en amont d'une station à boue activée afin de déconcentrer les effluents du type agroalimentaire ;
- bonne décantabilité des boues ;
- plus faible sensibilité aux variations de charges et aux toxiques que les boues activées.

Mais aussi des inconvénients :

- performances généralement plus faibles qu'une technique par boues activées, qui tient en grande partie aux pratiques anciennes de conception. Un dimensionnement plus réaliste doit par conséquent permettre d'atteindre des qualités d'eau traitée satisfaisantes ;
- coûts d'investissement assez élevés ;
- nécessité de pré-traitements efficaces ;
- sensibilité au colmatage et au froid ;

- source de développement d'insectes (en cas de conception et/ou d'exploitation défectueuse) ;
- boues fermentescibles ;
- ouvrages de taille importante si des objectifs d'élimination de l'azote sont imposés.

L'épuration par lit bactérien permet pour une station de traiter des charges de pollution de 100 à 3000 éq-hab, mais convient surtout pour des charges de 300 à 2000 éq-hab .

III.3.3.2.2. Les boues activées :

Définition :

L'épuration par les boues activées est un procédé dont l'objectif est de reproduire , à l'échelle industrielle , les mécanismes du pouvoir auto épurateur des eaux naturelles du surface (lacs , rivière , ...etc.)

Cette appellation de boues activées trouve son origine dans l'observation lors d'une aération suffisante des eaux, de dépollution

Principe :

Ce traitement à pour but d'éliminer les matières organique biodégradables (solides, colloïdales ou dissoutes) contenues dans une eau usée par l'action de micro-organismes, essentiellement des bactéries, en présence d'oxygène dissous.

De plus, il peut (dans la mesure où il est conçu pour cela) transformer l'azote organique et ammoniacal en nitrates (nitrification)

Le procédé consiste à alimenter un bassin brassée et aérée (bassin d'aération appelle généralement bassin décantation) avec l'eau à épurer (effluent préalablement prétraité et décanté) L'aération peut être assurée en surface par des turbines, ou par le fond par des procédés de rampe de distribution de bulles d'air. Une culture bactérienne, dispersée sans forme des flocons (boues activées) se développe et forme avec l'eau usée une liqueur mixte. Après un temps de contact suffisant , permettant la fixation et l'assimilation de la matière organique , cette liqueur mixte est envoyée dans un clarificateur (ou décanteur secondaire) ou s'effectue la séparation de l'eau épurée et des boues .Les boues décantées sont réintroduites en partie dans le bassin d'aération (recirculation des boues) pour maintenir

un équilibre constant entre la quantité de pollution à traiter et la masse de bactéries épuratrice. Les boues sont évacuées du système vers le traitement des boues (extraction des boues en excès)

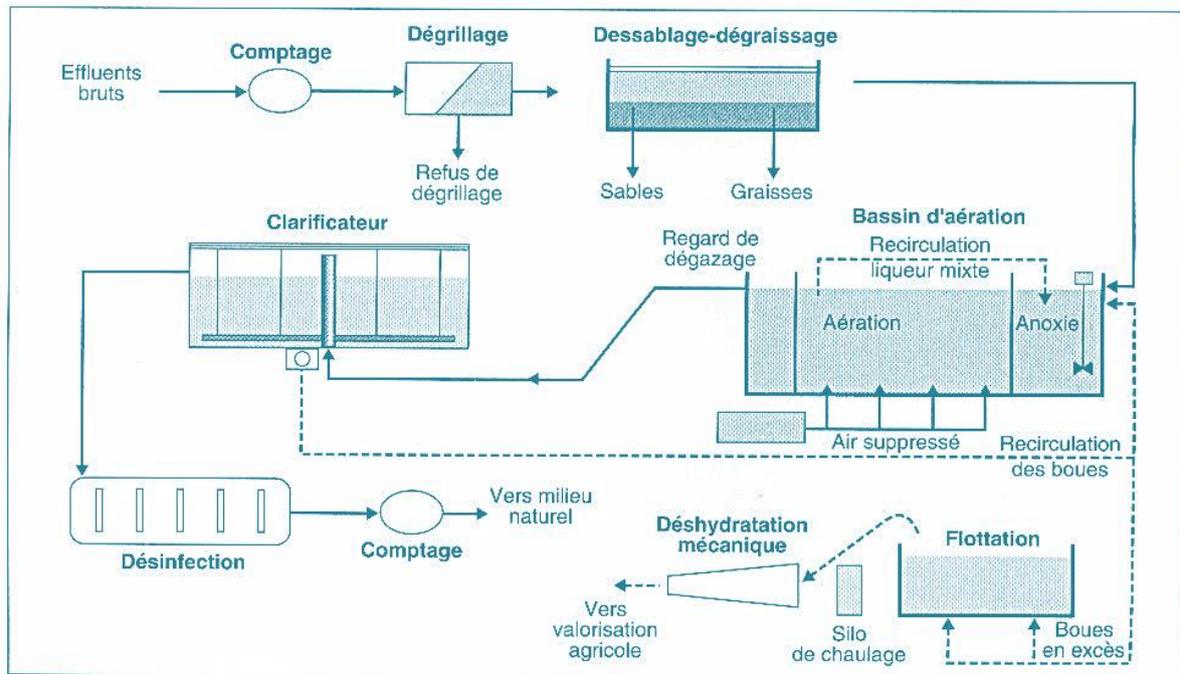


Figure 23.7 – Épuration biologique : schéma de principe de l'épuration par boues activées.

Figure III.5: Epuration biologique : schéma de principe de l'épuration par boues activée

III.3.3.2.3. Le lagunage :

Le **lagunage**, est une technique naturelle d'épuration des eaux fondée sur la dés-eutrophisation. Le principe est de recréer des bassins « tampons » durant lesquels les eaux usées vont transiter, avant d'être rejetées dans le milieu naturel. Les phénomènes d'auto-épuration des eaux se font ainsi dans ces bassins, de grande surface, plutôt que dans le milieu naturel (lac, rivière) qui est ainsi préservé des conséquences néfastes de ce phénomène d'auto-épuration (la dégradation de la matière organique par les micro-organismes aérobies, entraîne une chute du taux d'oxygène dissous, ce qui a pour conséquence d'asphyxier la macrofaune et la microflore aquatique).

Description

Le lagunage consiste à établir un écoulement lent par gravité des eaux usées dans plusieurs bassins de rétention peu profonds en éliminant le risque d'infiltration dans les eaux souterraines. Pour cela, les bassins sont rendus étanches par la mise en place d'une géomembrane synthétique, ou plus rarement par une couche d'argile compactée.

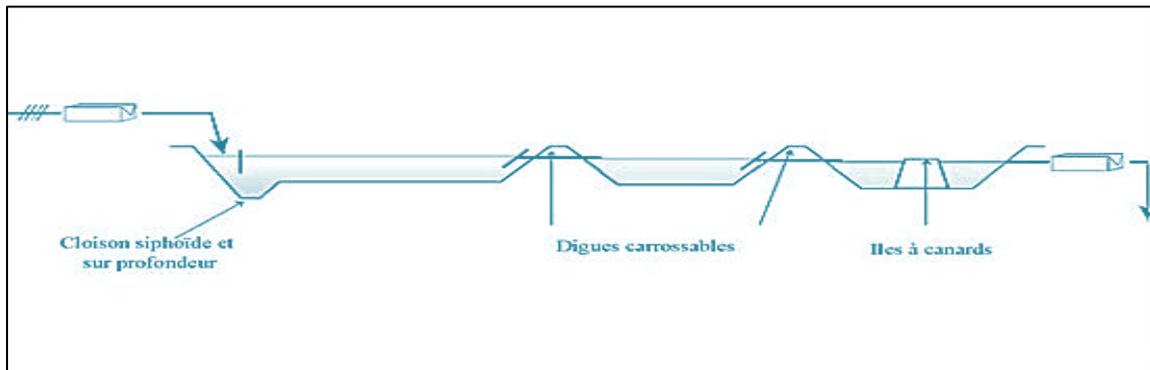


Figure III.6: schéma de principe de l'épuration par lagunage

III.3.3.2.4. Disque biologique

Technique de traitement des eaux utilisée pour les petites unités (de 100 à 2 500 équivalent habitants) basée sur la rotation lente de disques circulaires, situés sur un axe, à courtes distances les uns des autres, partiellement submergés.

Cette rotation apporte de l'oxygène aux bactéries qui se chargent de nettoyer l'eau.

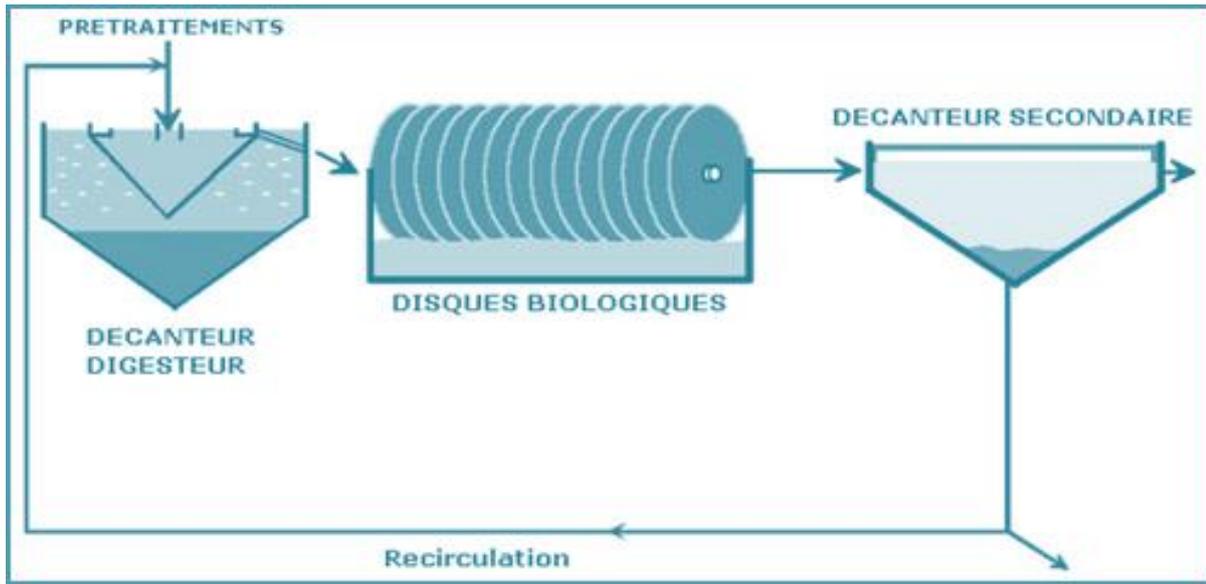


Figure III.7: schéma de principe de l'épuration par biodisque

PRINCIPE DE FONCTIONNEMENT

Le biodisque consiste en un assemblage de plusieurs disques, réalisés en matériau composite, montés et solidement fixés sur un arbre.

L'arbre est mis en rotation lente par un motoréducteur, avec une vitesse comprise entre 1 et 6 rotations par minute, selon le diamètre des disques et les caractéristiques de l'effluent à traiter.

Le Biodisque est en partie immergé dans l'effluent à épurer, lui-même contenu dans un réservoir. Son mouvement rotatif le met alternativement en contact avec l'oxygène de l'air. Une flore bactérienne, nourrie par les microorganismes contenus dans l'effluent, se forme à la surface des disques.

III.3.4. Les traitements tertiaires :

Les traitements tertiaires regroupent tous les traitements complémentaires visant à affiner la qualité de l'effluent ayant subis les traitements physiques, physico-chimiques et biologiques. Leur utilisation s'impose lorsque la nature des milieux récepteurs recevant l'eau dépolluée l'exige [3] :

- Les zones sujettes aux phénomènes d'eutrophisation ;
- Les eaux de baignade ;
- Besoins agricoles;

- Recharge de nappes aquifères ;
- Pisciculture ;
- Usage domestique allant jusqu'à la consommation humaine.

Les traitements tertiaires englobent, principalement, l'élimination de l'azote, l'élimination du phosphore et la désinfection, mais aussi le traitement des odeurs.

III.3.4.1. L'élimination de l'azote :

Les stations d'épuration classiques, prévues pour éliminer les matières carbonées, n'éliminent que des quantités réduites d'azote présent dans les eaux usées. Pour satisfaire aux normes de rejet en zones sensibles, des traitements complémentaires doivent être mis en place.

L'élimination de l'azote est, le plus souvent, obtenue grâce à des traitements biologiques, de "nitrification-dénitrification".

Les procédés physiques et physico-chimiques d'élimination de l'azote (électrodialyse, résines échangeuses d'ions, "strippage" de l'ammoniaque) ne sont pas utilisés dans le traitement des eaux résiduaires urbaines, pour des raisons de rendement et de coût [39].

III.3.4.2. L'élimination du phosphore :

L'élimination du phosphore, ou "déphosphatation", peut être réalisée par des voies physico-chimiques ou biologiques.

En ce qui concerne les traitements physico-chimiques, l'adjonction de réactifs, comme des sels de fer ou d'aluminium, permet d'obtenir une précipitation de phosphates insolubles et leur élimination par décantation. Ces techniques engendrent une importante production de boues.

La déphosphatation biologique consiste à provoquer l'accumulation du phosphore dans les cultures bactériennes des boues. Les mécanismes de la déphosphatation biologique sont relativement complexes, et leur rendement variable (en fonction notamment de la pollution carbonée et des nitrates présents dans les eaux usées). Dans les grosses installations d'épuration, ce procédé est souvent couplé à une déphosphatation physico-chimique, pour atteindre les niveaux de rejets requis [40]

III.3.4.3. La désinfection :

Les traitements primaires et secondaires ne détruisent pas complètement les germes présents dans les rejets domestiques. C'est pourquoi, la désinfection de l'eau s'impose.

La désinfection est un traitement qui permet de détruire ou d'éliminer les micro-organismes susceptibles de transmettre des maladies ; ce traitement n'inclut pas nécessairement la stérilisation qui est la destruction de tous les organismes vivants dans un milieu donné.

On peut procéder à la désinfection en ajoutant à l'eau une certaine quantité d'un produit chimique, doté de propriétés germicides. Les produits chimiques les plus utilisés sont : le chlore (Cl_2), le dioxyde de chlore (ClO_2), l'ozone (O_3), le brome (Br_2), l'iode (I_2) et le permanganate de potassium (KMnO_4).

On peut également désinfecter l'eau grâce à des moyens physiques : ébullition, ultrasons, ultraviolets (UV) ou rayon gamma [37].

Les ultraviolets sont de plus en plus utilisés, car ils présentent l'avantage de ne pas entraîner l'apparition de sous-produits de désinfection. Cependant, ils nécessitent un investissement important.

III.3.4.4. Le traitement des odeurs :

La dépollution des eaux usées produit des odeurs, qui sont parfois perçues comme une gêne par les riverains des stations d'épuration. Les principales sources de mauvaises odeurs sont les boues et leur traitement, ainsi que les installations de prétraitement.

Le seuil de tolérance de ces nuisances olfactives est subjectif et aucune norme en matière d'émissions malodorantes n'existe. Cependant, les exploitants de stations d'épuration cherchent à limiter les odeurs dégagées par les traitements.

La conception des stations est le premier élément permettant de limiter l'émission d'odeurs dans le voisinage. Il faut, par exemple, veiller à réduire les surfaces d'échange entre l'air et les eaux usées.

Ainsi, les ouvrages les plus odorants sont souvent regroupés pour concentrer l'émission d'effluves nauséabonds. Leur couverture est aussi une manière d'atténuer les émissions malodorantes.

Des installations de désodorisation chimique ou biologique sont également mises en place, au sein des stations d'épuration. La désodorisation chimique est la technique la plus utilisée. Les gaz malodorants sont captés puis envoyés dans des tours de lavage, où un liquide désodorisant est pulvérisé. Ces lavages peuvent comporter de la soude, de l'acide et/ou de l'hypochlorite de sodium (eau de javel), réactifs qui captent ou neutralisent les mauvaises odeurs [41]

III.3.4.5 Traitement des boues

Tout traitement d'épuration conduit à la production de déchets. Ceux-ci sont collectés:

- Au niveau du prétraitement : refus de dégrillage, déchets du dégraissage et du dessablage;
- Au niveau des décanteurs primaires, secondaires, voire tertiaires : il s'agit des boues.

En volume comme en nuisance, les boues constituent les principaux déchets à traiter sur une station d'épuration. C'est donc une masse de plus en plus importante qu'il convient de traiter, suite à l'amélioration de la collecte des eaux usées, à l'augmentation des rendements et à l'accroissement de la quantité de boues produites, notamment à cause de la déphosphatation.

L'objectif du producteur de boues est d'obtenir une boue de qualité « produit », même si celle-ci demeure au sens du législateur un déchet. La boue traitée devra donc présenter une ou plusieurs des propriétés suivantes : [23]

- Un état stabilisé objectivement apprécié par un critère lié à son aptitude à générer des nuisances olfactives, l'appréciation subjective ne pouvant tenir lieu de critère de mesure ;
- Un état hygiénisé mesuré par un niveau de contamination en germes types (entérovirus, salmonelles, œufs d'helminthes) ;
- Une texture solide permettant sa tenue en tas à 30 °C en vue d'un entreposage sur site ou en bout de champ.

Bien entendu, à côté de l'objectif qualité, il convient de minimiser la quantité de boues produites.

Ces deux objectifs, qualitatif et quantitatif, seront obtenus en enchaînant des opérations unitaires de réduction de volume, de dégradation de la matière sèche ou de stabilisation. [23]

La réduction de volume est classiquement obtenue à travers des opérations de séparation de phases liquide/solide (Fig III.08) par décantation, filtration ou évaporation rencontrées dans les techniques de :

- ❖ Épaississement ;
- ❖ Déshydratation ;
- ❖ Séchage thermique.

- L'épaississement : L'épaississement concerne essentiellement les boues fraîches.

Les boues sont concentrées de 3 à 10 fois de quelques g/L à quelques dizaines de g/L selon le type de boue et le procédé utilisé. Cette opération peut être effectuée par simple épaississement gravitaire dans un ouvrage cylindrique ou bien mécaniquement, par table ou tambour d'égouttage, par centrifugation ou encore par flottation moyennant l'ajout d'un polymère organique à charge cationique.

Éventuellement, la boue épaissie peut être stabilisée. Cette opération minimise la masse de matières et réduit les nuisances olfactives et microbiologiques. La digestion dans un ouvrage anaérobie moyennant un temps de séjour de l'ordre de 20 j demeure la technique la plus courante. Après déshydratation, le volume à évacuer se trouve alors réduit d'un tiers environ.

- La déshydratation : permet de poursuivre l'opération d'épaississement jusqu'à un état pâteux, les boues titrant alors de 15 à 35 % de siccité selon le type de boue et l'appareillage sélectionné. Elle se fait couramment par des moyens mécaniques tels que la décanteuse centrifuge, le filtre à bande ou le filtre-pressé à plateaux. Ces techniques exigent l'ajout de polymère, ou encore de chaux et de chlorure ferrique dans le cas des filtres à plateaux.

La déshydratation constitue souvent l'étape limite de la filière : une siccité minimale peut en effet être imposée contractuellement (généralement > 30 %) en vue de l'évacuation de la boue ou être requise en vue d'une incinération dans des conditions d'auto-combustibilité.

- Le séchage : conduit à une réduction de volume jusqu'à plus de 60 voire 90 %, de siccité si nécessaire. Il peut être aussi utilisé en couplage avec un four afin de dépasser la siccité requise (supérieure à 30 %) pour rendre la boue toujours auto-combustible. [23]

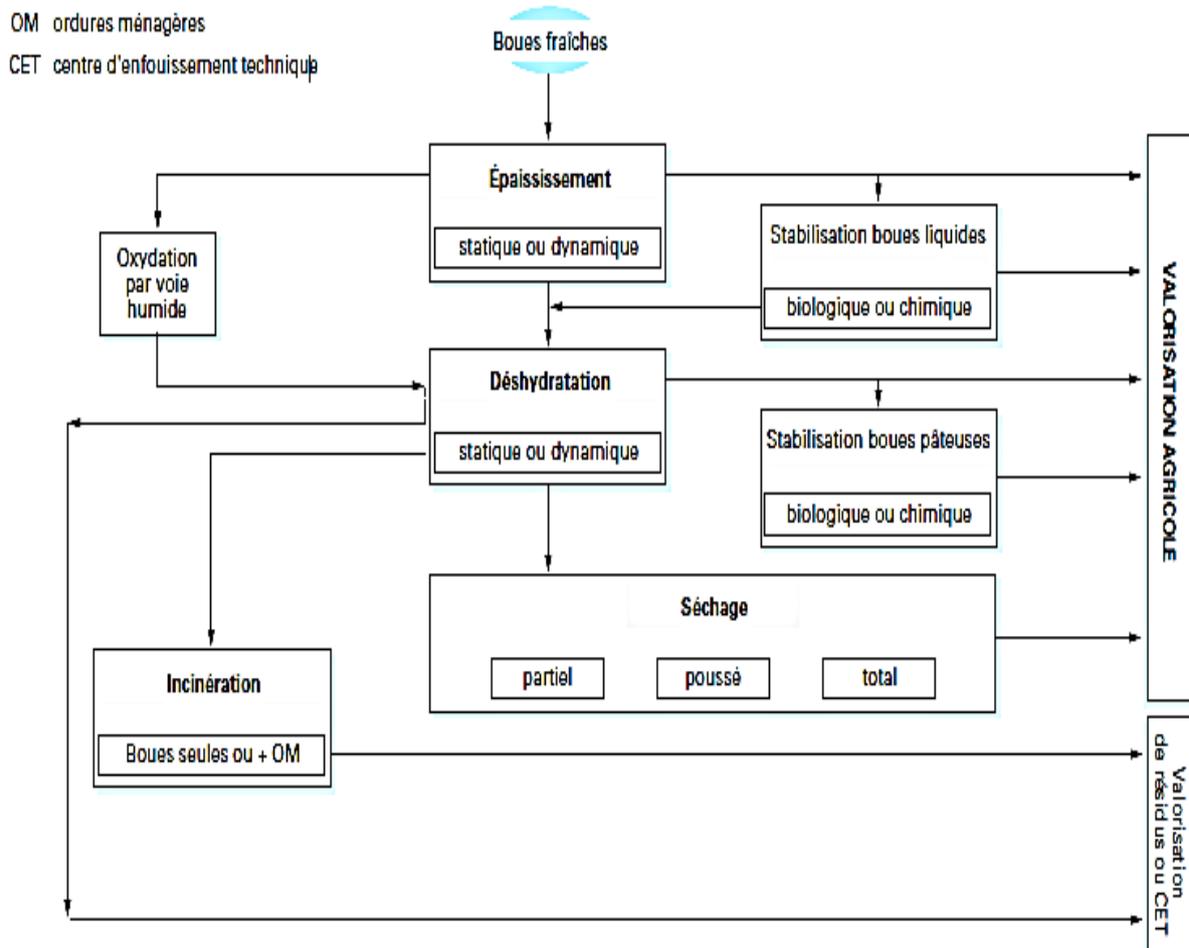


Figure III.08 : Enchaînement des opérations unitaires du traitement des boues

III.4 Conclusion

Les stations d'épuration restent des éléments fondamentaux dans la protection du milieu naturel. Afin d'avoir un bon rendement épuratoire, plusieurs étapes de prétraitement, de traitement biologique et de traitement de boues doivent s'effectuer.

Les procédés de traitement biologiques sont divers et varient selon le type des rejets, le climat, la topographie et la situation économique de la région.

Les rejets urbains, le climat saharien et la superficie adéquate, sont des données qui nous permettent d'opter pour une technique d'épuration par lagunage aéré.

CHAPITRE IV:
GENERALITES SUR LE
LAGUNAGE

IV.1 Introduction :

Parmi les divers procédés d'épuration des eaux usées, dont l'application dépend des caractéristiques des eaux à traiter et du degré de dépollution souhaité, figure le lagunage. Le Moyen rustique d'épuration des eaux usées, il se distingue des autres techniques de traitement réputées intensives par de nombreux avantages. Ce procédé écologique, simple et peu onéreux se base sur les phénomènes responsables de l'autoépuration des cours d'eau.

IV.2 Historique du lagunage :

Il y a des siècles que des bassins sont employés pour accumuler et traiter les déchets d'origine animale ou domestique. Ces bassins où on laissait faire la nature, ont été utilisés par les romains, puis par les populations d'Europe centrale avant de se répandre depuis le début du XX^{ème} siècle dans de nombreux pays. La première lagune dans le monde date de 1901, elle est conçue dans la ville de San Antonio du Texas. Il s'agit d'un lac artificiel de 275 hectares, le bassin connu aujourd'hui sous le nom de "lac Mitchell", il est toujours en service.

A partir de 1920, on assiste à un large développement du lagunage à travers le monde (Etats unis, Canada, Australie, Suède). Toute fois pour la construction des différents bassins, il n'y avait aucun calcul, aucune étude préalable. On aménagea les lagunes en fonction de la topographie du sol existant et de configuration du terrain disponible.

En 1964, une enquête d'une organisation mondiale révèle que sur les 39 pays qui utilisent les bassins de stabilisation du monde seulement sept pays d'Europe utilisent le système d'épuration par lagunage (parmi lesquelles : Finlande, Pays bas, Roumanie).

En France, la première utilisation du lagunage naturel a été réalisée au Grau du Roi en 1965. Cette technique est restée marginale jusqu'en 1976, date à laquelle le ministère de la Santé lui accorda une reconnaissance officielle. Elle a trouvé dès lors un développement rapide : six installations seulement en 1975, mais 115 en 1980, 207 en 1985, 1800 fin 1987, plus de 2600 en 1993.

Les Etats unis détiennent le plus grand nombre d'installations de lagunage, en 1962, on en comptait environ 3250 et plus de 7500 en 1984 dont la moitié traite les eaux domestiques, le reste les rejets industriels.

En Algérie, les premières installations ne datent que d'une quinzaine d'années et restent encore peu exploitées.

IV.2 Définition :

Le lagunage est une technique biologique d'épuration des eaux usées, où le traitement est assuré par une combinaison de procédés aérobies et anaérobies, impliquant un large éventail de micro-organismes (essentiellement des algues et des bactéries). Les mécanismes épuratoires et les micro-organismes qui y participent sont, fondamentalement, les mêmes que ceux responsables du phénomène d'autoépuration des lacs et des rivières [1].

IV.3 Principe de fonctionnement :

Le lagunage se présente comme une succession de bassins (minimum 2 et généralement 3) peu profonds (le plus souvent rectangulaires) dits lagunes. La surface et la profondeur de ces lagunes influencent le type de traitement (aérobie ou anaérobie) et confèrent un rôle particulier à chacune d'entre-elles. L'épuration par lagunage consiste à faire passer des effluents d'eau usée par écoulement gravitaire de lagune en lagune où la pollution est dégradée par [2] :

- L'activité bactérienne ;
- L'activité photosynthétique et l'assimilation des substances minérales ;
- Le pouvoir germicide de la lumière et de certaines algues.

Les matières en suspension de l'eau brute décantent dans le bassin de tête. Les bactéries assimilent la pollution dissoute, et l'oxygène nécessaire à cette dépollution, est assuré par l'action chlorophyllienne de végétaux qui participent aussi à la synthèse directe de la matière organique :

- Les microphytes ou algues microscopiques ; ce sont essentiellement des algues vertes ou bleues difficilement séparables ;
- Les macrophytes ou végétaux macroscopiques, qui comprennent des formes libres (ex. lentilles d'eau) ou fixées (ex. roseaux). Les jacinthes d'eau peuvent s'enraciner ou non. Les végétaux supérieurs jouent un rôle de support et doivent normalement permettre d'augmenter la quantité de bactéries et d'algues épuratrices. [3].

Les microphytes sont consommés par le zooplancton, et les macrophytes filtrent l'eau en sortie avant rejet.

L'ensemble de ces phénomènes apparaît dans plusieurs bassins en séries, ce qui autorise l'étagement des phénomènes épuratoires.

Le processus épuratoire qui s'établit dans une lagune est particulièrement intéressant, car c'est un phénomène vivant, un cycle naturel qui se déroule continuellement

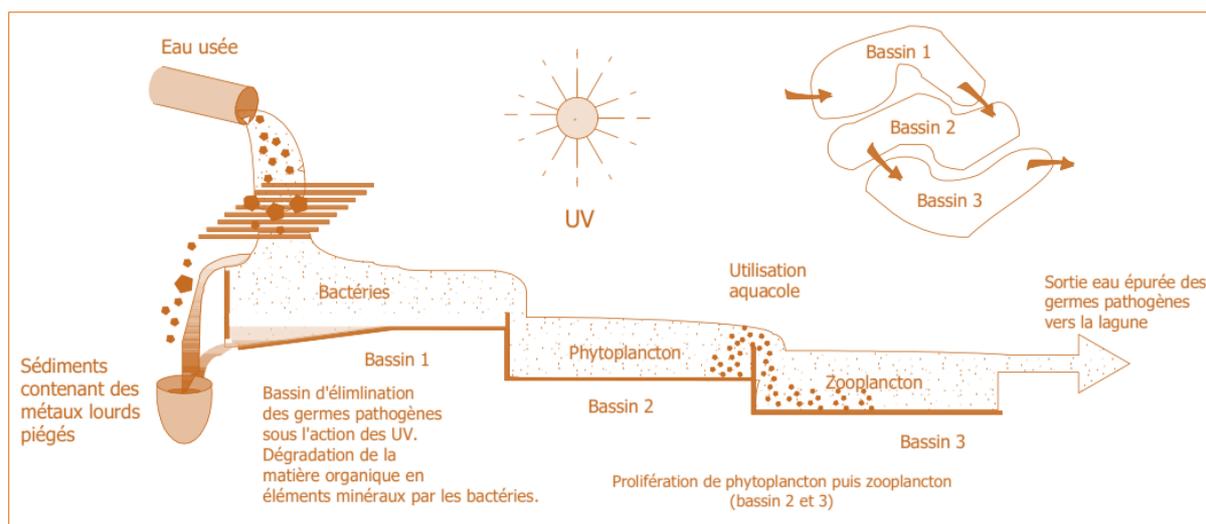


Figure IV 1 : Schéma d'un lagunage à trois bassins.

IV.4 Les différents types de lagune :

Selon que les lagunes soient artificiellement aérées ou pas, on distingue deux types de lagunages :

IV.4.1. Le lagunage naturel :

Ce sont des bassins artificiels et imperméabilisés, de faible profondeur pouvant recevoir des effluents bruts ou prétraités et où la recirculation des boues biologiques décantées n'est pas réalisée, et la concentration de la biomasse épuratrice reste faible. Alimentées d'effluents à traiter, les lagunes naturelles sont nommées étangs de stabilisation [4], que l'on classe en fonction des filières de développement des bactéries en trois catégories : anaérobies, aérobies ou facultatifs (mixtes).

Différents assemblages de ces bassins sont possibles en fonction des conditions locales, des exigences sur la qualité de l'effluent final, du débit à traiter, ...

A titre d'exemple, si l'on souhaite un degré de réduction plus élevé des organismes pathogènes, on dispose les bassins en série comme suit : étang anaérobie, facultatif puis anaérobie [5].

Le lagunage naturel peut être utilisé, en traitement complet des effluents ou en traitement tertiaire, pour affiner la qualité de l'eau traitée par une boue activée [6].

IV.4.1.1. Étangs anaérobies :

Les étangs anaérobies sont caractérisés par un manque d'oxygène dissous causé par une forte DBO5 (100-400 g/m³/jour), et les solides en suspension s'y déposent facilement ; ils forment sur le fond une couche où les bactéries anaérobies décomposent la matière

organique. Un des résultats est la production de gaz : l'hydrogène sulfuré (H₂S) et le méthane (CH₄) qui s'échappent vers la surface sous forme de bulles.

Typiquement, ces lagunes ont une profondeur de 2 à 5 m et le temps de séjour de l'effluent y est de 3 à 5 jours. Ils reçoivent des effluents bruts et mènent à des réductions de la DBO₅ de 40 à 60 % et des solides en suspension de 50 à 70 %.

En générale, on n'y trouve pas de micro-algues à cause des conditions défavorables à leur croissance [7].

IV.4.1.2. Étangs aérobies :

Les étangs aérobies ou de maturation sont peu profonds (0,8 à 1,2 m) où la lumière peut pénétrer et favorisant le développement d'algues vertes. Par leur action photosynthétique, les algues produisent de l'oxygène qui permet le développement de bactéries épuratrices aérobies [6].

Le temps de séjour dans ces étangs est beaucoup plus long, de 12 à 18 jours ou plus, et permet un traitement d'effluent déjà partiellement épuré [7]. Ces étangs sont caractérisés par (ANRH, 1996) :

- Charge (Kg DBO₅/ha/jour) : 111 à 112 ;
- Rendement (% de DBO₅) : 80 à 95 % ;
- Concentration en algues (mg/l) : 100.

IV.4.1.3. Étangs facultatifs :

D'une profondeur de 1 à 2 m et un temps de séjour de 4 à 6 jours , ces étangs fonctionnent dans des conditions telle que la partie supérieure entretient un milieu aérobie, riche en algues et en micro-organismes aérobies, alors que le fond, couvert de sédiments organiques, est le siège de fermentation anaérobie ; entre ces deux zones règne un milieu de transition favorable aux bactéries facultatives [8].

Les fermentations benthiques donnent lieu à un dégagement de méthane (CH₄), de dioxyde de carbone (CO₂), d'hydrogène sulfuré (H₂S) et d'ammoniac, ainsi que de composés organiques de faible masse moléculaire.

Ce produit alimente la flore des zones supérieures et les composés minéraux dégagés entretiennent les algues ; une certaine fraction de ces algues meurent et se sédimentent, venant s'ajouter au lit de boues [8].

IV.4.2. Le lagunage aéré :

a. Lagune d'aération :

L'aération mécanique favorise le développement des bactéries au détriment de la population algale.

Pour limiter les dépôts qui peuvent perturber le traitement et pour prévenir la formation d'algues microscopiques, il est nécessaire de surdimensionner les aérateurs.

L'étanchéité de la lagune doit être effectuée par géomembrane pour limiter les risques de dégradation des berges dus au fort batillage de l'eau en mouvement.

Des dalles bétonnées complètent la protection contre les affouillements au droit de la turbine.

C'est dans cette lagune qu'ont lieu la croissance bactérienne et l'oxydation de la pollution organique.

De légers floccs de 0,1 mm se forment. En comparaison, avec des boues activées, ils sont dix fois inférieurs.



Figure IV 2 : Lagune d'aération en service

b. Lagune de décantation :

C'est le lieu de séparation physique des boues biologiques et de l'eau épurée. Cette lagune doit être régulièrement curée afin d'éviter les odeurs et la dégradation du traitement par les départs de boues.

La forme du bassin doit être rectangulaire avec un rapport longueur sur largeur de 2 à 3.

c. Lagune de finition :

On peut y ajouter une lagune de finition de type mixte (microphytes et macrophytes) pour affiner le traitement notamment au niveau de l'azote, voire du phosphore. L'élimination de ces deux paramètres peut se faire également pour le premier au niveau d'un réacteur de nitrification avec recirculation d'une partie des effluents en tête de lagune primaire et pour le second par voie physico- chimique

IV.5 Influence des conditions climatiques sur les performances du lagunage:

Le microclimat est le climat local auquel sont soumises les lagunes, il résulte de l'action de plusieurs facteurs qui jouent un rôle important dans l'implantation du lagunage naturel ; ce sont principalement :

IV.5.1. La durée du jour et l'intensité de l'ensoleillement :

La durée du jour conditionne, dans une certaine mesure, la vitesse de multiplication du phytoplancton. L'intensité de l'ensoleillement a une influence sur l'activité photosynthétique des végétaux. Si le ciel reste couvert pendant plusieurs jours, surtout en été alors que le phytoplancton est abondant, la production de l'oxygène due à la photosynthèse pendant la journée devient moins importante, ce qui risque d'entraîner une désoxygénation passagère [7].

IV.5.2. La température :

Les écarts de température exercent une influence sur le bon fonctionnement des systèmes de lagunage . La croissance des algues est favorisée par une température élevée. Lorsqu'ils sont bien ensoleillés et bien oxygénés, les bassins aérobies ne dégagent pas d'odeur. Un ciel nuageux, plusieurs jours de suite, affaiblit le phénomène de photosynthèse créant ainsi des zones anaérobies dont les produits de fermentation conduisent à de mauvaises odeurs. La température intervient aussi dans le calcul du dimensionnement des installations ; les moyennes mensuelles des cinq dernières années doivent alors être connues (ANRH, 1996).

IV.5.3. Le régime des vents dominants dans la région et leur orientation :

Les vents dominants sont ceux dont la direction est la plus fréquente. Ce régime des vents étant connu pour une région donnée, nous permet de fixer l'implantation du système de telle sorte à éviter le rabattement sur les habitations des mauvaises odeurs susceptibles de provenir de l'installation, et de ne pas avoir des effets néfastes sur l'ouvrage (dégradation des digues par batillage) (ANRH, 1996).

IV.5.4. L'évaporation :

L'évaporation est un facteur très important. Elle est très intense en période estivale (10 à 15 mm/j). Conjugée à une infiltration importante, elle peut être néfaste et doit donc être prise en considération lors des calculs de dimensionnement des bassins (ANRH, 1996).

IV.5.5. La pluviométrie :

Elle devrait également être connue pour le calcul de la hauteur des digues, afin d'éviter tout risque éventuel d'inondation (ANRH, 1996).

IV.6 Mécanisme épuratoire dans le lagunage :

Le lagunage utilise la capacité épuratrice de plans d'eau peu profonds. Les eaux usées sont envoyées dans une série de bassins, au minimum trois. L'oxygène est apporté par les échanges avec l'atmosphère au niveau du plan d'eau et par l'activité photosynthétique des micros algues de surface. La pollution organique se dégrade sous l'action des bactéries présentes dans le plan d'eau. Le rayonnement solaire détruit en outre certains germes (lagunage de finition, dans les derniers bassins). La durée de séjour des eaux usées dans les bassins peut atteindre jusqu'à 60 jours. [9]

IV.6.1. Mécanisme d'élimination de la pollution carbonée :

Le carbone organique est généralement la pollution principale à éliminer. Il constitue en outre l'essentiel de la biomasse (formule très simplifiée: $C_5H_7NO_2$). Compte tenu de la diversité des formes de pollution carbonée, on a la plupart du temps recours à des méthodes de caractérisation globale, la DBO, la DCO....

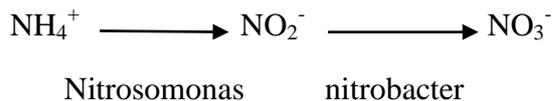
La biodégradation des chaînes carboniques dans les eaux est influencée par les facteurs suivants:

- **Le milieu:** les milieux doivent être tamponnés dans une zone de PH permettant une activité biologique optimale qui se situe entre 6 et 8 (unité de PH), bien que certains microorganismes possèdent une activité biologique non négligeable dans des zones variant de PH 3 et PH 11;
- **La température:** Elle a un effet important sur l'activité biologique des micro-organismes. Pour l'ensemble des micro-organismes responsables des biodégradations, la zone de température favorable se situe entre 4 et 25 °c en aérobiose, et entre 10 et 65 °c en anaérobiose;
- **L'éclairement:** dans l'environnement, la lumière joue indirectement un rôle important pour les micro-organismes, en conditionnant l'activité des organismes phototrophes, notamment les algues, qui du fait de leur métabolisme particulier libèrent dans le milieu l'oxygène indispensable à l'activité des micro-organismes responsables des dégradations. [10]

IV.6.2. Mécanisme d'élimination de la pollution azotée :

Elle se réalise en deux étapes qui sont chronologiquement, la nitrification et la dénitrification :

-la nitrification : elle consiste en l'oxydation de NH_4^+ en NO_3^- par l'intermédiaire de deux espèces de bactéries autotrophes :



Ces bactéries sont dites autotrophes car elles utilisent du carbone minéral pour constituer leurs cellules. Le taux de croissance de ces bactéries est plus faible que celui des bactéries dégradant la pollution carbonée (bactéries hétérotrophes). La présence de CO₂ ou de carbone est indispensable ; la réaction ne peut se faire qu'en milieu aérobie.

-la dénitrification: elle consiste en la réduction des nitrates formés en azote gazeux par des bactéries hétérotrophes placées dans un milieu pauvre en oxygène. L'oxygène combiné des nitrates sert à dégrader le carbone organique nécessaire à la croissance de ces bactéries.



Pour une bonne dénitrification, il faut un rapport pollution carbonée DBO₅/NO₃⁻ minimal supérieur à 2. [11]

IV.6.3. Mécanisme d'élimination de la pollution phosphorée:

Le principe de la déphosphatation biologique consiste à une accumulation de phosphore dans une biomasse. Cette accumulation peut être due, soit à une précipitation chimique du phosphore inorganique au voisinage des bactéries, soit à une accumulation du phosphore par les micro-organismes eux-mêmes, soit à une combinaison des deux.

IV.7 Exploitation du lagunage :

L'exploitation des lagunes aérobies ou facultatives n'exige que peu d'expertise, puisque le préposé à cette tâche ne peut influencer les paramètres fondamentaux à l'exception de la hauteur d'eau.

Il devrait néanmoins, à intervalles réguliers, prendre des mesures de certaines variables telles que le débit d'arrivée, la hauteur d'eau, la charge organique, la turbidité, la température et la DBO de l'effluent ; il doit prendre note des phénomènes anormaux ou singuliers qui peuvent influencer sur le comportement de l'étang : prolifération inusitée des algues, gel, perte inexplicable de niveau, etc.

Dans le cas des étangs aérés, il convient de vérifier le fonctionnement des dispositifs d'aération et la concentration en oxygène dissous de l'effluent. En revanche, il faut porter une attention particulière à l'entretien général de l'étang, des digues, de la clôture et du terrain compris dans l'enceinte [8].

IV.8 Contraintes d'exploitation :

Parmi les contraintes d'exploitation, il faut signaler les suivantes :

- Passage de l'exploitant une à deux fois par semaine ;
- Suppression des mauvaises herbes ;

- Suppression des rongeurs ;
- Suppression des matières flottantes ;
- Limitation de la prolifération d'insectes par l'emploi judicieux d'insecticides ;
- Très faible technicité requise pour l'exploitant ;
- Très faible consommation énergétique (voire nulle) ;
- Curage contraignant et coûteux des boues, tous les 1 à 5 ans, dans le bassin de tête, tous les 10 à 20 ans dans tous les bassins

IV.9 Comparaison des avantages et inconvénients des lagunes aérées et des lagunes naturelles

A- Les lagunes aérées

Tableau IV. 1 : les avantages et les inconvénients des lagunes aérées

Avantage	Inconvénients
I- Tolérant aux variations de charges hydrauliques et/ou organiques importantes -Tolérant aux effluents très concentrés -Tolérant aux effluents déséquilibrés en nutriments -Traitement conjoint d'effluents domestiques et industriels biodégradables -Bonne intégration paysagère -Boues stabilisées	- Rejet d'une qualité moyenne sur tous les paramètres - Nécessité de matériels électromécaniques requérant l'entretien par un agent spécialisé - Nuisances sonores liées à la présence de système d'aération - Forte consommation énergétique

B- Les lagunes naturelles :

Tableau IV. 1 : les avantages et les inconvénients des lagunes naturelles

Avantage	Inconvénients
<ul style="list-style-type: none"> - Un apport d'énergie n'est pas nécessaire si le dénivelé est favorable - Exploitation légère - Elimination d'une grande partie des nutriments : phosphore et azote (en été) - Bonne élimination des germes pathogènes en été - Bonne adaptation aux fortes variations de charge hydraulique - Pas de construction " en dur ", génie civil simple - Bonne intégration paysagère - Absence de nuisance sonore - Boues de curages bien stabilisées sauf celles présentes en tête du premier bassin 	<ul style="list-style-type: none"> - Forte emprise au sol - Coût d'investissement très dépendant de la nature du sous-sol. Dans un terrain sableux ou instable, il est préférable de ne pas se tourner vers ce type de lagune. - Performances moindres que les procédés intensifs sur la matière organique. Cependant, le rejet de matière organique s'effectue sous forme d'algues, ce qui, pour l'oxygénation du milieu en aval, est moins néfaste qu'une matière organique dissoute - Qualité du rejet variable selon les saisons - Maîtrise limitée de l'équilibre biologique et des processus épuratoires - Baisse très sensible des performances si le curage global n'est pas réalisé à temps

IV.10 conception des lagunes

La bonne conception des lagunes suit certaines règles qui sont résumées ci-dessous : [42]

IV.10.1 Le dimensionnement

Les ouvrages sont dimensionnés par l'une des méthodes décrites dans (le chapitre V) ces méthodes reposent sur des formules empiriques, L'installation comprend un ensemble de trois bassins en série.

Généralement, le premier bassin à microphytes de dimensionnement supérieure ou égale à 50 % de la surface total, et les deux autres bassins se partagent la surface restante à part égale. [42]

IV.10.2 Forme des bassins :

La forme des bassins doit être aussi régulière que possible et surtout éviter la présence des

chicanes (ondulation) car elles provoquent l'augmentation des zones mortes, les dispositions suivantes sont à prendre en compte : [43]

- les angles des bassins sont le siège d'accumulation de sédiment : une épaisseur trop importante modifie le temps de séjour.
- Un premier bassin très allongé favorise une surcharge en tête.
- Les bassins rectangulaires assurent une meilleure répartition des eaux usées à condition que le rapport $L/l \leq 3$ soit respecté, sachant que L est la longueur du bassin et l est la largeur du bassin

IV.10.3 Conception des bassins

La conception des bassins est très liée à la topographie du site. Elle dépend des cotes d'arrivée des effluents dans la lagune ainsi que celle du fond du bassin. Cette dernière est déterminée en fonction :

- L'équilibre déblais/remblais qui ne doit cependant pas être le critère principal ;
- La cote d'arrivée des effluents dans la lagune ;
- La position de la nappe phréatique ;
- La position de la couche la plus perméable qu'il ne faut pas atteindre ;
- La position et l'épaisseur de la couche minimale de la couche la plus imperméable ;

Ces trois derniers points sont déterminés à l'issue de l'étude géotechnique. Il est donc indispensable qu'elle soit effectuée avant d'avoir fixé la conception de la lagune.

Les bassins peuvent être réalisés de différentes manières :

- Par creusement et évacuation des déblais.
- Par creusement et endiguement.
- Par création de digues ceinturant le terrain simplement décapé non creusé ou même surélevé, elle est conseillée lorsque la nappe est à faible profondeur ou lorsque le sol est suffisamment étanche ($K < 10^{-8}$ m/s). [42]

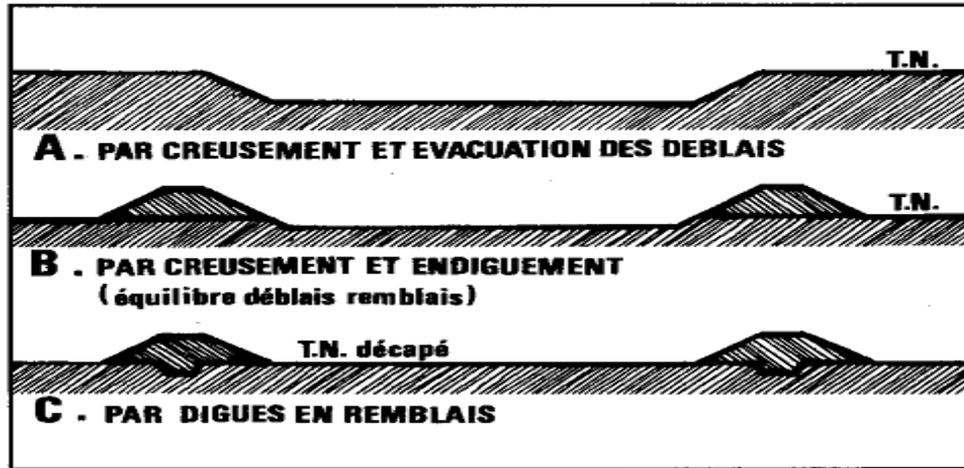


Figure IV.03 : Les trois types de conception des bassins de lagunage.

IV.10.4 Conception des digues

La largeur en crête de la digue ne devra jamais être inférieure à 3 m pour permettre le compactage et la circulation d'engins lors du chantier et pour l'entretien des bassins. De plus les pentes des talus doivent être en général 2/1 à 2.5/1 (longueur horizontale sur verticale). Une sur-profondeur approximatives de 0.5 doit être aménagée en 1^{er} bassin pour retenir les dépôts décantés, es digues doivent être étanches. [44] Lorsqu'une rivière coule à proximité des digues, il faut laisser une bande suffisante (4m au moins) entre la rive et le pied de la digue pour permettre l'entretien de la rivière et pour ne pas risquer de mettre en cause la stabilité de la digue, la végétation doit de préférence être maintenue pour la protection des berges, comme le montre la figure suivante :

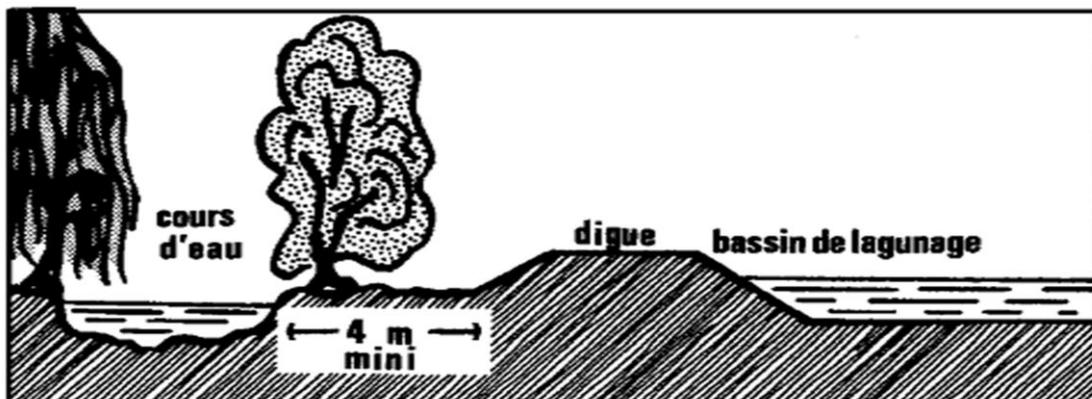


Figure IV.04 : distance minimale entre une digue et une rivière

La revanche des digues permet d'éviter la submersion de la crête des digues par les vagues, pour les petits bassins ($1 < S < 3$ ha) une hauteur de revanche comprise entre 0.5 et 1 m suffira. pour les grandes bassins la hauteur de revanche peut être estimé par la formule simplifiée :

$R = 1 + 0.3\sqrt{F}$ avec F : fetch (ou longueur du plan d'eau en km). [36]

IV.11 Conclusion :

Le lagunage est fortement dépendant des conditions climatiques (essentiellement de la température), et la qualité des rejets peut donc varier selon les saisons. L'emprise au sol est relativement importante. Les coûts d'investissement sont non seulement dépendants du prix du terrain, mais aussi de la nature du sol. Sur un sol perméable, il sera indispensable d'ajouter un revêtement imperméable, et dans ce cas, l'investissement peut s'avérer onéreux, voire difficilement abordable.

Malgré ces défauts, le lagunage reste une technique efficace (également pour l'azote, le phosphore et germes pathogènes) bon marché, ne nécessitant pas de construction en dur (génie civil simple) et s'intégrant parfaitement au paysage. De plus, aucun apport d'énergie n'est requis si le terrain est en pente.

Au sein du lagunage et par les processus biologiques qu'ils créent, les organismes jouent un rôle distinct mais complémentaire dans l'épuration des eaux usées en formant un parfait équilibre biologique naturel.

CHAPITRE V :

***DIMENSIONNEMENT DE
LA STATION***

V.1 Introduction

La station est conçue pour pouvoir épurer les eaux usées de la région d'étude. Cette étude a été établie en une seule phase qui devra satisfaire les besoins à l'horizon 2044.

Le choix du procédé d'épuration doit être fait de telle façon que l'on puisse accomplir les exigences concernant la qualité des eaux usées brutes et l'eau épurée d'une part, et d'autre part l'aspect économique et les contraintes d'exploitation (disponibilité d'énergie des produits, entretien).

V.2 calculs de base

V.2.1 Données de base

Dans la premier chapitre en obtenu les donner de base pour dimensionnement la station d'épuration, Voici quelques-unes des informations :

1. la population à l'horizon de calcul, soit l'an 2044, est de 144058hab ;
2. la consommation future en eau potable est de $29.416,6\text{m}^3/\text{j}$;
3. le taux de réduction des eaux usées est égal à 95 % de la consommation ;
4. le réseau d'assainissement est de type séparatif, d'un taux de raccordement

Actuel de 95%, mais qui est prévu à 100% à l'horizon 2044, d'où le fonctionnement à temps sec de la station

V.2.2 Calcule de débit

A. Le debit Moyne journalier ($Q_{\text{moy},j}$)

Le débit moyen journalier est calculé par la formule suivante:

$$Q_{\text{moy},j} = Q_{\text{moy},\text{pot}} * C_{\text{rej}} \dots\dots\dots (\text{V.1})$$

Avec:

$Q_{\text{moy},j}$: débit moyen journalier d'eaux usées en (m^3/j) ;

$Q_{\text{moy},\text{pot}}$: débit moyen journalier d'eau potable en (m^3/j) ;

C_{rej} : coefficient de rejet d'eaux usées égal à 0.95;

D'où : $Q_{\text{moy},j} = 29416,6 * 0.95 = 27945,77 \text{ m}^3/\text{j}$;

$$Q_{\text{moy},j} = 27945,77 \text{ m}^3/\text{j}$$

B. Débit moyen horaire (Q_h)

Le débit moyen horaire est calculé par la formule suivante :

$$Q_{\text{moy},h} = Q_{(\text{moy},j)} / 24h \dots\dots\dots (\text{V.2})$$

Avec:

$Q_{\text{moy,h}}$: Débit moyen horaire d'eaux usées en (m^3/h)

$Q_{\text{moy,j}}$: débit moyen journalier d'eaux usées en (m^3/j)

D'où : $Q_{\text{moy,h}} = 27945,77/24 = 1164,4 \text{ m}^3/\text{h}$

$$Q_{\text{moy,h}} = 1164 \text{ m}^3/\text{h} = 0,323 \text{ m}^3/\text{s}$$

C. Débit diurne:

$$Q_d = Q_{\text{(moy,j)}} / 14 \quad \dots\dots\dots (V.3)$$

$$Q_d = 27945,77/14 = 1996,13 \text{ m}^3/\text{h}$$

$$Q_{\text{moy,h}} = 1996,13 \text{ m}^3/\text{h}$$

D. Le débit de pointe à temps sec (Q_{pte})

Ce débit est calculé par la formule suivante:

$$Q_{\text{pte,sec}} = K_p * Q_{\text{moy,j}} \quad \dots\dots\dots (V.4)$$

K_p : Coefficient de pointe défini par :

$$K_p = 1.5 + \frac{2.5}{\sqrt{Q_{\text{moy,j}}}} \quad \text{si} \quad Q_{\text{moy,j}} \geq 2.8 \text{ l/s}$$

$$K_p = 3 \quad \text{si} \quad Q_{\text{moy,j}} < 2.8 \text{ l/s}$$

Notre débit moyen journalier est égal à $323 \text{ l/s} > 2.8 \text{ l/s}$

$$\text{D'où } K_p = 1.5 + 2.5/\sqrt{323} = 1.64$$

$$\text{Donc } Q_{\text{pte,sec}} = 1.64 * 27945,77 = 45831,06 \text{ m}^3/\text{j}$$

$$Q_p = 45831,06 \text{ m}^3/\text{j}$$

V.2.3 Calcul des charges polluantes

Etant donné la sensibilité des prélèvements effectués sur les eaux usées, qui varient dans le temps et dans l'espace, nous sommes intéressés de calculer les charges polluantes des eaux étudiées à partir des charges polluantes spécifiques par habitant et par jour à avoir une qu'un équivalent habitant rejette par jour :

DBO5 = 54 g / hab / j . Pour le milieu rural

MES = 70 g /hab / j .

DCO = 120 g / hab/ j .

Matières azotes = 14 g /hab/j .

Matières de phosphore = 04 g /hab /j

○ **CALCUL DU NOMBRE D'ÉQUIVALENTS HABITANTS :**

Connaissant les volumes de rejets et la dotation moyenne en eau potable (200 l/hab/j), on détermine alors l'équivalent habitant correspondant à chaque horizon, selon la formule suivante

$$EH = \frac{\text{Débit total d'eau usée (m3/j)}}{0,95 \times \text{dotations en eau potable (m3/j)}} \dots\dots\dots (V.5)$$

AN :

calcul du nombre d'équivalent habitant pour l'an 2044 :

EH= 27945,77/(0,95 X0.2) = **147083 hab**

❖ **Charge en DBO₅**

L (Kg DBO5/j) = [DBO₅] N (EH)(v.6)

L: Charge en DBO5 .

L = 54 10⁻³ 147083= 7942,48 Kg /j

❖ **Charge en MES**

L₀ = 70 10⁻³ 147083= 10295,81 Kg /j .

L₀ : Charge en MES .

❖ **Charge en DCO**

L₁ = 120 10⁻³ 147083= 17649,96 Kg /j .

L₁ : Charge en DCO.

❖ **Charge en Matières azotes**

L₂ = 14 10⁻³ 147083= 2059,16 Kg /j.

L₂ : Charge en Matières azotes .

❖ **Charge en Matières de phosphore**

L₃ = 4 10⁻³ 147083= 588,33 Kg /j.

L₃ : Charge en Matières de phosphore.

Tableau V.1 : Récapitulatif des calculs de base pour le dimensionnement

Paramètre	Unité	Valeur à l'horizon 2044
Le débit moyen journalier ($Q_{moy,j}$)	m ³ /j	27 945,77
Le débit moyen horaire ($Q_{moy,h}$)	m ³ /h	1 164,4
Le débit moyen diurne (Q_{md})	m ³ /h	1 996,13
Le débit de pointe à temps sec ($Q_{pte,sec}$)	m ³ /j	45 831,06
La charge en DBO ₅ (C_{DBO5})	kg/j	7 942,48
La charge MES (C_{MES})	kg/j	10 295,81
Charge en DCO (C_{DCO})	kg/j	17649,96

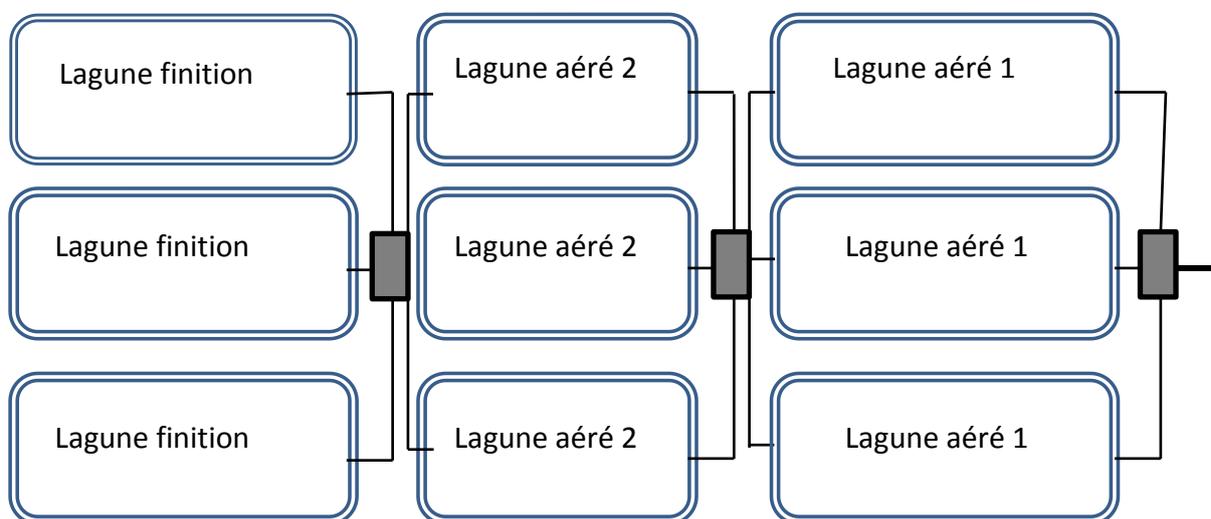


Figure V.1: schéma de la station d'épuration et rôle de les lagunes

V.3 Les ouvrages de prétraitement

V.3.1 Le dégrilleur

Les dégrilleurs assurent la protection des équipements électromécaniques et réduisent les risques de colmatage des conduites mises en place, il est calculé pour l'horizon 2044 à temps sec.

- **Calcul des grilles :**

La méthode de calcul utilisée est celle de KIRSCHMER

➤ **La largeur de la grille (L) :** elle est donnée par la formule suivante : **(44)**

$$L = \frac{S \sin \alpha}{h_{max} (1-\beta)\delta} \text{ (m)} \dots\dots\dots (V.7)$$

Avec :

S : section mouillée de la grille $S = \frac{Q_{\text{pte,sec}}}{v}$ (m²)

$Q_{\text{pte,sec}}$: débit de pointe en temps sec (m³/s)

V : vitesse d'écoulement de l'effluent en (m/s) entre les barreaux, elle peut aller de 0.5 à 1.2m/s.

h_{max} : hauteur maximale d'eau admissible sur la grille, comprise généralement entre 0.15 et 1.5 m

β : fraction de surface occupée par les barreaux, $\beta = \frac{e}{e+d}$

e : espacement des barreaux

d : épaisseur des barreaux

Les valeurs de « e » et « d » sont données dans le tableau V.2 :

Tableau V.2 Valeurs de « e » et « d » pour les grilles grossière et fine

	Grille grossière	Grille fine
e (cm)	02	01
d (cm)	05 à 10	0.3 à 1

δ : coefficient de colmatage de grilles

$\delta = 0.5$ pour les grilles mécaniques.

$\delta = 0.2$ pour les grilles manuelles.

α : Angle d'inclinaison de la grille par rapport à l'horizontale compris généralement entre 60° et 80°

Nous considérons dans notre cas, une grille grossière manuelle avec les paramètres suivants :

- $Q_{\text{pte,sec}} = 45\,831,06 \text{ m}^3/\text{j}$, $V = 0.9 \text{ m/s}$ d'où **S = 0.59 m²**
- $h_{\text{max}} = 1.3\text{m}$
- $\alpha = 60^\circ$
- $\delta = 0.2$
- $e = 2 \text{ cm}$, $d = 8 \text{ cm}$ d'où **$\beta = 0.2$**

Nous aurons alors une largeur égale à $L = 2.45 \text{ m}$

on prend deux grilles de 1,225m de largeur

On aura donc le nombre de barreaux $N = \frac{L}{e+d} = 13$ barreaux, donc la largeur réelle du dégrilleur sera : $L = 13 * 0.1 = 1.3 \text{ m}$

L = 1.3 m

➤ Les pertes de charge (Δh)

Une grille provoque des pertes de charge, selon KIRSCHMER, ces dernières sont fonction de :

- La forme des barreaux ;
- L'espacement entre les barreaux ;
- La largeur des barreaux ;

- La vitesse d'approche ;
- L'inclinaison de la grille.

Elles peuvent être calculées par la formule suivante : (44)

$$\Delta h = \frac{\beta \times d^{4/3}}{e^{4/3}} \times \frac{v^2}{2g} \times \sin \alpha \quad \dots\dots\dots (V.8)$$

Avec:

Δh : pertes de charge en (m)

d : largeur minimale d'un barreau (m) (**d=0.08m**)

e : espacement entre les barreaux (m) (**e= 0.02m**)

V : vitesse de l'eau devant la grille (m/s) (**V = 0.9m/s**)

α : Angle d'inclinaison de la grille par rapport à l'horizontale (**$\alpha = 60^\circ$**)

β : Coefficient de forme des barreaux :

$\beta = 2.42$ pour des barreaux rectangulaires. (**$\beta = 2.42$**)

$\beta = 1.75$ pour des barreaux ronds ;

D'où on aura une perte de charge de :
qui est une valeur très acceptable.

$$\Delta h = 0.013 \text{ m}$$

Tableau V.3 Caractéristiques du dégrilleur.

Dégrilleur		
Paramètre	unité	Valeur à l'horizon 2044
Nombre de grille		02
Largeur de la grille (L)	m	1.28
Angle d'inclinaison (α)	°	60
Espacement entre les barreaux (e)	cm	02
Epaisseur des barreaux (d)	cm	08
Pertes de charge (Δh)	m	0.013

V.3.2 Le dessableur-déshuileur

Pour notre station, on a choisi dessableur-déshuileur aéré car dont le déshuilage est couplé à un dessablage car c'est le mieux adapté pour notre cas, puisque on a des eaux usées urbaine d'origine domestique en grande partie.

L'insufflation de l'air permet la remontée des huiles en surface et seront éliminés par raclage, et les sables c'est par sédimentation

Calcul du déssableur

Le volume du déssableur est égal à :

$$V = Q_{\text{pte,sec}} * T_s \quad \dots\dots(V.9)$$

Avec :

V : volume du déssableur en (m³)

Q_{pte,sec} : débit de pointe en temps sec en (m³/j)

T_s : temps de séjour, compris entre 3 et 5 minutes, dans notre cas on prend **T_s = 4 min**

D'où nous aurons : V = (45 831,06/ 1440) * 4 = 127,31 m³

$$V = 127,31\text{m}^3$$

Considérons une vitesse ascensionnelle V_{asc} = 25 m/h.

La surface horizontale du déssableur est égale à :

$$S_h = \frac{Q_{\text{pte,sec}}}{V_{\text{asc}} * n} = L * l \quad \dots\dots\dots(V.10)$$

Avec :

On prend Nombre de canaux : n = 03.

S_h : surface horizontale du déssableur en (m²)

L : longueur du déssableur en (m)

l : largeur du déssableur en (m)

D'où : S_h = $\frac{(45\ 831,06)}{25 * 3} = 25,46\ \text{m}^2$

$$S_h = 25,46\ \text{m}^2$$

L'intervalle 1.25 < V/S_h = 1.66 < 2.5 est respecté.

Les dimensions du déssableur longitudinal seront définies par le rapport suivant : L = 2 * l

D'où : S_h = L * l = 2 * l²

$$l = 3,57$$

$$L = 7.14$$

La hauteur du déssableur H est égale à : H = V/S_h = V_{asc} * T_s = 1.8 m

$$H = 1.8\text{m}$$

Injection d' air :

Le débit d'air est estimé de 0.5 à 2 m³/h et par m³ de capacité de l'ouvrage .

L'insufflation d'air est assuré avec une charge 1,5 m³ / m³ d'eau , d'où le volume d'air nécessaire par jour est :

$$q_{\text{air}} = V_{\text{air}} \times Q_P$$

$$q_{\text{air}} = 1,5 \times Q_P = 1,5 \times 45\ 831,06 = 68746.6\ \text{m}^3\ \text{d'air} / \text{j}$$

$$q_{\text{air}} = 68746.6\ \text{m}^3\ \text{d'air} / \text{j}$$

✓ **Calcul des charges polluantes à la sortie du déssableur :**

Le déssablage élimine dans les environs de 70% des matières minérales présentes dans les eaux usées :

$$MMS_{\text{sortie}} = 30\% MMS_{\text{entrée}}$$

$$MES = 70\% MVS + 30\% MMS$$

Avec :

$MMS_{\text{entrée}}$: Matières minérales en suspension à l'entrée du déssableur.

MMS_{sortie} : Matières minérales en suspension à la sortie du déssableur.

MVS : Matières volatiles en suspension.

MES : Matières en suspension à l'entrée du déssableur **MES = 10 295,81kg/j**

A partir de ces hypothèses, on peut calculer les quantités des matières éliminées par le déssableur :

$$MMS_{\text{entrée}} = 0.3 * MES = 0.3 * 10\,295,81 = \mathbf{3088,74 \text{ kg/j}}$$

$$MMS_{\text{sortie}} = 0.3 * MMS_{\text{entrée}} = 0.3 * 3088,74 = \mathbf{629,62 \text{ kg/j}}$$

$$MVS_{\text{entrée}} = MVS_{\text{sortie}} = 0.7 * MES = 0.7 * 10\,295,81 = \mathbf{7207,07 \text{ kg/j}}$$

$$MES_{\text{sortie}} = MMS_{\text{sortie}} + MVS_{\text{sortie}} = 629,62 + 7207,07 = \mathbf{7833,7 \text{ kg/j}}$$

Le tableau ci-dessous représente les caractéristiques du déssableur:

Tableau V. 4 : Caractéristiques du déssableur.

Déssableur-déshuileur		
paramètre	unité	Valeur à l'horizon 2044
Longueur (L)	m	7.14
Largeur (l)	m	3.57
Hauteur (H)	m	1.8
Débit d'air à injecter (q_{air})	m^3/j	68746.6
MMS à la sortie	kg/j	629,62
MVS à la sortie	kg/j	7 207,07
MES à la sortie	kg/j	7 833,7

V.4 Dimensionnement Les bassins de lagunage

V.4.1 Les lagunes aérées :

Le calcul des caractéristiques dimensionnelles des lagunes aérées résulte de la prise en compte des paramètres suivants :

- Charge volumique inférieure ou égale à 25 g DBO / $\text{m}^3 \cdot \text{j}$.
- Temps de séjour minimal supérieur ou égal à 5 j.
- Hauteur d'eau comprise entre 2,5 et 4 m (27).

V.4.1. 1 Calcul du volume total des eaux usées à l'entrée de la station :

$$\begin{array}{l} 25 \text{ DBO}_5 \text{ g} \longrightarrow 1 \text{ m}^3 \cdot \text{j} \\ 7\,942\,480 \text{ DBO}_5 \text{ g} \longrightarrow V_T \text{ (m}^3\text{)} \end{array} \left. \vphantom{\begin{array}{l} 25 \text{ DBO}_5 \text{ g} \\ 7\,942\,480 \text{ DBO}_5 \text{ g} \end{array}} \right\} \Rightarrow V_T = 317699.2 \text{ m}^3$$

❖ Calcul du volume d'eaux usées dans chaque étage :

Nous avons concéderons de la répartition de volume dans les étages suivants :

* le premier étage $V_E = 50 \% V_T$

* le deuxième étage $V_E = 30 \% V_T$

* le lagunage de finition $V_E = 20 \% V_T$

a)- pour le 1^{er} étage:

$$V_E = V_T \times 0,5 = 317699.2 \times 0,5 = 158849,6 \text{ m}^3$$

b) - pour le 2^{eme} étage:

$$V_E = V_T \times 0,3 = 317699.2 \times 0,3 = 95309,76 \text{ m}^3$$

c) - pour le lagunage de finition:

$$V_E = V_T \times 0,2 = 317699.2 \times 0,2 = 63539,84 \text{ m}^3.$$

❖ Calcul du volume d'eaux usées dans chaque lagune :

a) - pour le 1^{er} étage: Nombre de lagunes : 3 pièces(A₁, A₂, A₃)

$$V_L = \frac{V_E}{3} = \frac{158849,6}{3} = 52949,867 \text{ m}^3.$$

b)- pour le 2^{eme} étage: Nombre de lagunes : 3 pièces(B₁, B₂, B₃)

$$V_L = \frac{V_E}{3} = \frac{95309,76}{3} = 31769,867 \text{ m}^3$$

V.4.1.2 Calcul du temps de séjour total de la station

Pour le calcul du temps de séjour nous avons utilisé la formule suivante :

$$Q = \frac{V_E}{ts} \Rightarrow ts = \frac{V_E}{Q} = \frac{317699.2}{45\,831,06} = 6.93 \text{ jours}$$

❖ Calcul du temps de séjour dans chaque étage :

a)- pour le 1^{er} étage :

$$Q = \frac{V_E}{ts} \Rightarrow ts = \frac{V_E}{Q} = \frac{158849,6}{45\,831,06} = 3.47 \text{ jours}$$

b) - pour le 2^{ème} étage :

$$Q = \frac{V_E}{ts} \Rightarrow ts = \frac{V_E}{Q} = \frac{95309,76}{45\,831,06} = 2.08 \text{ jours}$$

V-6-1-3- Calcul de la surface de chaque lagune

a) - pour le 1^{er} étage:

On prend la profondeur du lagune H = 3,5 m

$$S_{L1} = \frac{V_L}{H} = \frac{52949,867}{3,5} = 15128.53 \text{ m}^2$$

La surface total dans le premier étage $S_{t1} = 3 S_{L1} = 3 (15128,53) = 45385,6 \text{ m}^2$

b) - pour le 2^{ème} étage

On prend la profondeur du lagune H= 2,8 m

$$S_{L2} = \frac{V_L}{H} = \frac{31769,867}{2,8} = 11346,38 \text{ m}^2$$

La surface total dans le deuxième étage : $S_{t2} = 3 S_{L2} = 3 (11346,38) = 34039,14 \text{ m}^2$

V.4.1.4 Calcul de la longueur de chaque lagune

a) - pour le 1^{er} étage:

On prend la largeur l = 71 m

$$L = \frac{S_E}{l} = \frac{15128,867}{71} = 213.08 \text{ m}$$

L= 213.08 m

b) - pour le 2^{ème} étage:

On prend la largeur l = 91 m

$$L = \frac{S_E}{l} = \frac{11346,38}{71} = 159.8 \text{ m}$$

L= 159.8 m

Tableau N° V.5 : Caractéristiques des lagunes aérées.

lagunes aérées		
Caractéristiques	unité	Valeur à l'horizon 2044
Volume total V_T	(m ³)	317699.2
Surface total S_t (ha)	(ha)	7.94
Temps de séjour total t_s	(jour)	6,93
1 ^{er} Etage		
Temps de séjour de l'étage	(j)	3.47
Volume de l'étage V_E	(m ³)	158849.6
Volume de chaque lagune V_L	(m ²)	52949.86
Hauteur d'eau H	(m)	3,5
Surface total S_t	(m ²)	45385.6
Surface de chaque lagune S_L	(m ²)	15128.867
Longueur de chaque lagune L	(m)	213.08
Largeur de chaque lagune l	(m)	71
2 ^{eme} Etage		
Temps de séjour de l'étage	(j)	2.08
Volume de l'étage V_E	(m ³)	95309.76
Volume de chaque lagune V_L	(ml ³)	31769.867
Hauteur d'eau H	(m)	2.8
Surface total S_t	(m ²)	34039.14
Surface de chaque lagune S_L	(m ²)	11346.38
Longueur de chaque lagune L	(m)	159.8
Largeur de chaque lagune l	(m)	71

V.4.1.5 Quantité DBO₅ éliminée par jour dans chaque lagune

❖ Calcul des concentrations des charges polluantes

- Concentration de la DBO5 (S) :

$$S = \frac{L}{Q_{eu}} \dots\dots\dots (V.11)$$

$$S = \frac{7\,942,48 \times 10^3}{27\,945,77} = 284.21 \text{ mg/l}$$

S= 284.21 m

- Concentration de la MES (S₀) :

$$S_0 = \frac{10295,81 \times 10^3}{27\,945,77} = 368,42 \text{ mg/l}$$

$$S_0 = 368,42 \text{ mg/l}$$

- Concentration de la DCO (S_1) :

$$S_1 = \frac{17649,96 \times 10^3}{27\,945,77} = 631,58 \text{ mg/l}$$

$$S_1 = 631,58 \text{ mg/l}$$

a)- pour le 1er étage:

La concentration initiale de DBO5 à l'entrée des lagunes est égale à 284.21 mg/l et la concentration de DBO5 à la sortie est 92,45 mg/l

$$CE = C_0 - C_e \dots\dots\dots (\text{V.12})$$

Avec :

CE : Concentration de DBO5 éliminé .

C0 : La concentration initiale de DBO5 à l'entrée des lagunes.

Ce : La concentration de DBO5 à la sortie des lagunes .

$$\text{A-N : } CE = 284,21 - 92,45 = 191,76 \text{ mg/l}$$

$$CE = 191,76 \text{ mg/l}$$

b)- pour le 2eme étage:

La concentration initiale de DBO5 à l'entrée des lagunes est égale à 92,45 mg/l et la concentration de DBO5 à la sortie est 70,17 mg/l

$$CE = C_0 - C_e$$

$$\text{A-N : } CE = 92,45 - 70,17 = 22,27 \text{ mg/l}$$

$$CE = 22,27 \text{ mg/l}$$

V.4.1.6 Calcul de la concentration en boue dans chaque lagune

a)- pour le 1^{er} étage:

La concentration en boue est déterminée par la formule suivante :

$$X_a = \frac{X_0 + am \times C_E}{1 + \beta \times t} \dots\dots\dots (\text{V.12})$$

Avec :

* X_0 : Concentration en MVS à l'entrée 257.9 mg/l.

* C_E : DBO₅ éliminée dans les lagunes =191,76 mg/l.

Pour les eaux d'origines domestiques :

* $am = 0,57$; $b = 0,28$; $\beta = \frac{b}{1,42} = 0,2$.

* t = Temps de séjour dans les lagunes = 3.47 jours.

A-N :

$\Rightarrow X_a = (257.9 + 0,57 \times 191,76) / (1 + 0.2 \times 3.47) = 256.78 \text{ mg/l}$

$X_a = 256.78 \text{ mg/l}$

b) - pour le 2^{ème} étage:

On prend le pourcentage d'élimination de MVS du premier étage est 60 %

$MVS_S = 60 \% MVS_E$

Où :

* MVS_E : Concentration en MVS à l'entre du premier étage .

* MVS_S : Concentration en MVS à la sortie du premier étage.

$MVS_S = 257.9 \times 0,6 = 154.74 \text{ mg/l}$

La concentration en MVS à l'entre du deuxième étage est égale :

$257.9 - 154.74 = 100.16 \text{ mg/l}$.

$$X_a = \frac{X_0 + am \times C_E}{1 + \beta \times t} \dots\dots\dots (V.12)$$

Avec :

* X_0 : Concentration en MVS à l'entrée 100.16 mg/l .

* C_E : DBO₅ éliminée dans les lagunes = 22,27 mg / l .

* t = Temps de séjour dans les lagunes = 1,8 jours.

A-N:

$\Rightarrow X_a = (100.16 + 0.57 \times 22.27) / (1 + 0.2 \times 2.08) = 79.7 \text{ mg/l}$

$X_a = 79.7 \text{ mg/l}$

V.4.1.7 Les besoins en oxygène dans chaque lagune

a) - pour le 1^{er} étage:

On peut déterminer le besoin en oxygène par la formule suivante

$$q_{O_2} = (a \times C_E \times Q) + (b \times X_a \times V) \dots\dots\dots (V.13)$$

Avec :

* Q : Débit de pointe = 0.53 m³/s

- * V : Volume des lagunes = 52949.86 m³.
- * C_E : La concentration de la DBO₅ éliminée = 0.192 g/l
- * X_a : La concentration en boue = 0.257 g/l
- * a : Coefficient représentant l'oxygène consommé à des fins énergétiques par unité de DBO éliminée ; $0,5 < a < 1,5$ kg d' O₂ / kg DBO.

A-N :

$$\Rightarrow q_{O_2} = (1.5 \times 0.192 \times 0.53) + (0.28 \times 0.257 \times 52949.86) = 3810.42 \text{ kg O}_2 / \text{j}$$

$$q_{O_2} = 3810.42 \text{ kg O}_2 / \text{j}$$

le nombre des aérateurs nécessaire pour oxygénation de lagune est 11 aérateurs .

$$q_{O_2} = \frac{3810.42}{11} = 346.40 \text{ kg O}_2 / \text{j} \quad \text{pour chaque aérateur}$$

$$q_{O_2} = 346.40 \text{ kg O}_2 / \text{j}$$

b) - pour le 2^{ème} étage:

On peut déterminer le besoin en oxygène par la formule suivante:

$$q_{O_2} = (a \times C_E \times Q) + (b \times X_a \times V) \quad \dots\dots\dots (V.13)$$

Avec :

- * Q : Débit de pointe = 0.53 m³/s
- * V : Volume des lagunes = 31769.867 m³.
- * C_E : La concentration de la DBO₅ éliminée = 0,0222 g/l
- * X_a : La concentration en boue = 0,0797 g/l .
- * a : Coefficient représentant l'oxygène consommé à des fins énergétiques par unité de DBO éliminée ; $0,5 < a < 1,5$ kg d' O₂ / kg DBO (44)

A-N :

$$q_{O_2} = (1.5 \times 0,0222 \times 0.53) + (0,28 \times 0,0797 \times 31769.867)$$

$$q_{O_2} = 708,99 \text{ kg } O_2 / j$$

le nombre des aérateurs nécessaire pour oxygénation des lagunes est 05 aérateurs .

$$q_{O_2} = \frac{708,99}{5} = 141,798 \text{ kg } O_2 / j \text{ pour chaque aérateur}$$

Tableau N°V.6 : Caractéristiques de quantité de DBO₅ éliminé et les aérateurs des lagunes.

Caractéristiques	Unité	Valeur à l'horizon 2044
Pour le 1^{er} étage		
Quantité de DBO ₅ éliminé C _E	(kg / j)	8781,074
Concentration en boue X _a	(mg / l)	256,78
Quantité d'O ₂ q _{O2}	(kg O ₂ / j)	346,40
Nombre des aérateur n		33
Pour le 2^{ème} étage		
Quantité de DBO ₅ éliminé C _E	(kg / j)	1019,788
Concentration en boue X _a	(mg / l)	79,7
Quantité d'O ₂ q _{O2}	(kg O ₂ / j)	141,798
Nombre des aérateurs n		15

V.4.2 Le lagunage de finition(F₁, F₂, F₃) :

V.4.2.1 Calcul du volume total des eaux usées l'étage de finition :

$$V_E = V_T \times 0,2 = 317699,2 \times 0,2 = 63539,84 \text{ m}^3.$$

V.4.2.2- Calcul du volume des eaux usées de chaque lagune :

$$V_L = \frac{V_E}{3} = \frac{63539,84}{3} = 21179,95 \text{ m}^3.$$

V.4.2.3 Calcul du temps de séjour :

$$Q = \frac{V_E}{ts} \Rightarrow ts = \frac{V_E}{Q} = \frac{63539,84}{45831,06} = 1,4 \text{ jours}$$

V.4.2.4 Calcul de la surface de chaque lagune:

On prend la profondeur $H = 1,5$ m .

$$S_L = \frac{21279.95}{1.5} = 14186.63 \text{ m}^2$$

La surface totale dans le lagunage de finition

$$S_t = S \times 3 = 14186.63 \times 3 = 42559.9 \text{ m}^2$$

V.4.2.5 Calcul de la longueur de chaque lagune:

On prend la largeur $l = 71$ m

$$L = \frac{S}{l} = \frac{14186.63}{71} = 199.81 \text{ m}$$

$l=71\text{m}$

$l=199.81\text{m}$

Tableau N° V.7 : Caractéristiques du lagunage de finition

Caractéristiques	Unité	Valeur à l'horizon 2044
Volume total de l'étage	m ³	63539,84
Temps de séjour de lagune ts	jour	1,4
Volume de chaque lagune V _L	m ²	21179.95
Hauteur d'eau H	m	1,5
Surface total S _t	m ²	42559.9
Surface de chaque lagune S _L	m ²	14186.63
Longueur de chaque lagune L	m	199.81
Largeur de chaque lagune l	m	71

V.4.3 Dimensionnement du lit de séchage

Le calcul des surfaces des lits de séchage résulte de la prise en compte des paramètres suivants :

- Production de boues : 120 l/EH/an.
- L'épaisseur maximale de boues épandues sur les lits : 60 cm.

IV-7-1 -Calcul du volume de boue :

$$120 \text{ l} \longrightarrow 1 \text{ EH}$$

$$V_b (1) \longrightarrow 147083 \text{ EH}$$

$$\Rightarrow V_b = 147083 (120) = 17649960 \text{ l} = 17649,96 \text{ m}^3$$

a) - Calcul de la surface totale des lits de séchage :

L'épaisseur maximale de boues épanchées sur les lits : 65 cm. (H = 0,65 m).

$$S_t = \frac{V_b}{H} = \frac{17649,96}{0,6} = 29416,6 \text{ m}^2$$

b)- Calcul de la surface de chaque bassin :

Il existant dans la station d'épuration 09 Bassins

Donc la surface de chaque bassin :

$$S_b = \frac{S_t}{9} = \frac{29416,6}{9} = 3268,51 \text{ m}^2$$

c) - Calcul de la longueur du bassin:

On prend la largeur $l = 35 \text{ m}$

$$L = \frac{S_b}{l} = \frac{3268,51}{35} = 93,38 \approx 94 \text{ m}$$

l=35m

L=94m

Tableau N° V.8 : Caractéristiques du lits de séchage .

Caractéristiques	Unité	Valeur à l'horizon 2044
Débit de pointe	m ³ /s	0.53
Volume de boue V _b	m ³	17649,96
Volume de chaque bassin V _b	m ³	191,107
L'épaisseur des boues H	m	0,60
Surface total S _t	m ²	29416.6
Surface du lit de séchage S _b	m ²	3268,51
Longueur du lit de séchage L	m	94
Largeur du lit de séchage l	m	35
Nombre de lits de séchage		9

V.8. Structure du Dispositif d'Etanchéité par Géosynthétique

Les structures des DEG des bassins et des lits de séchage sont illustrées sur la figure V.02.

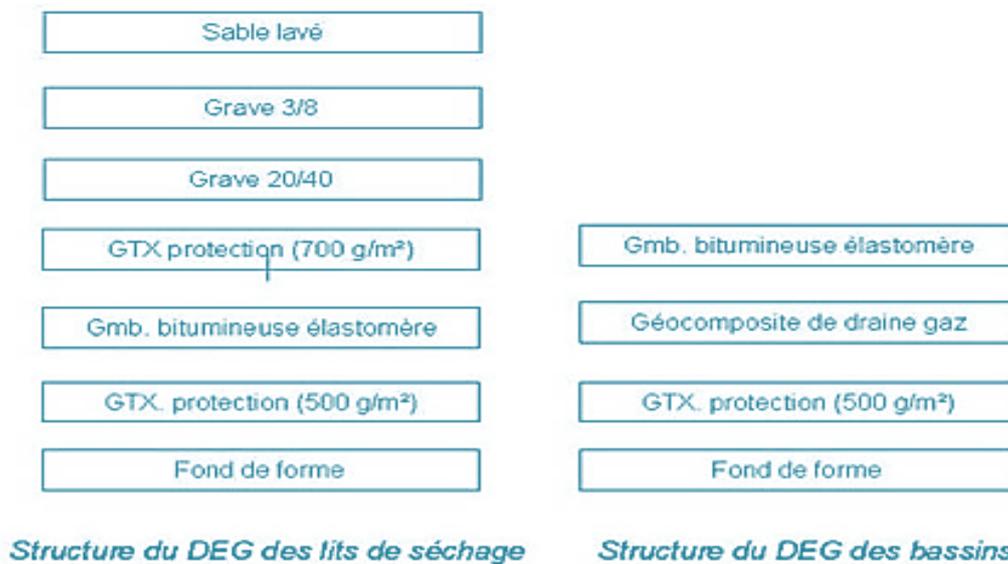


Figure V.02. Structure des Dispositif d'Étanchéité et de Drainage par Géosynthétique

V.9 Calcul hydraulique

V.9.1 Répartiteurs de débit

Les répartiteurs de débits prévus sont au nombre de trois. Ils sont disposés :

- en tête de la station en aval des ouvrages de prétraitement (RP1).
- entre l'étage aéré 1 et l'étage aéré 2 (RP2).
- entre l'étage aéré 2 et l'étage de finition (RP3).

Ils permettent de répartir les eaux usées entre les lagunes de chaque étage.

Cette répartition est assurée par des seuils déversant identiques, munis de batardeaux pour pouvoir au besoin mettre une lagune quelconque hors service.

Les répartiteurs sont munis d'une chicane permettant de stabiliser l'écoulement à l'approche des seuils assurant ainsi un fonctionnement correct en déversoir.

A l'aval de chaque seuil, la collecte et l'acheminement des eaux vers la lagune correspondante sont assurés par une conduite.

Puisque les bassins d'aérations sont tous de mêmes dimensions, le débit est divisé carrément en trois $Q_{\text{dev}} = Q/3 = 0.53 / 3$ $Q_{\text{dev}} = 0,18 \text{ m}^3/\text{s}$

La hauteur d'eau au passage par les sous canaux est de 0.64m ; donc on opte pour une paroi de 1m de hauteur $h_p = 1\text{m}$

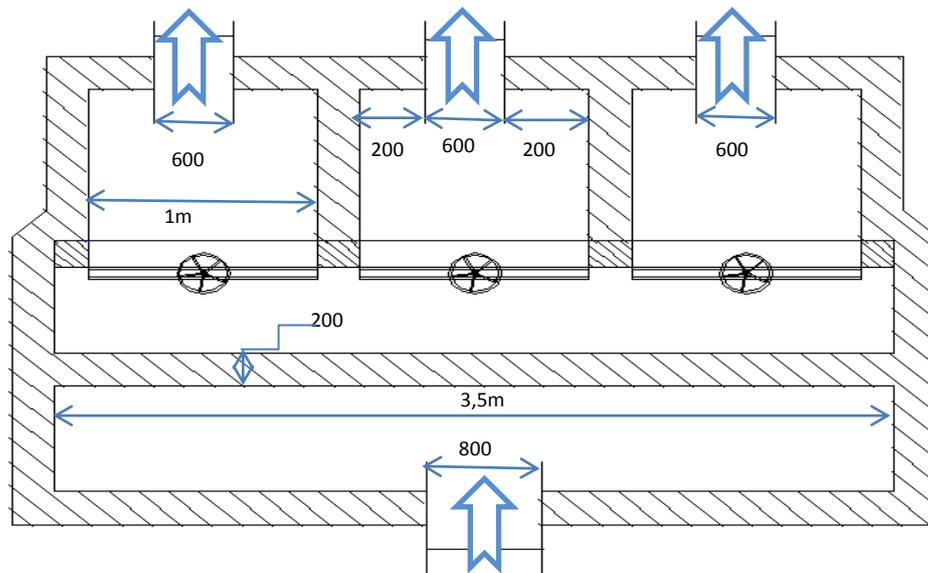


Figure V.02: Vue en plan du répartiteur

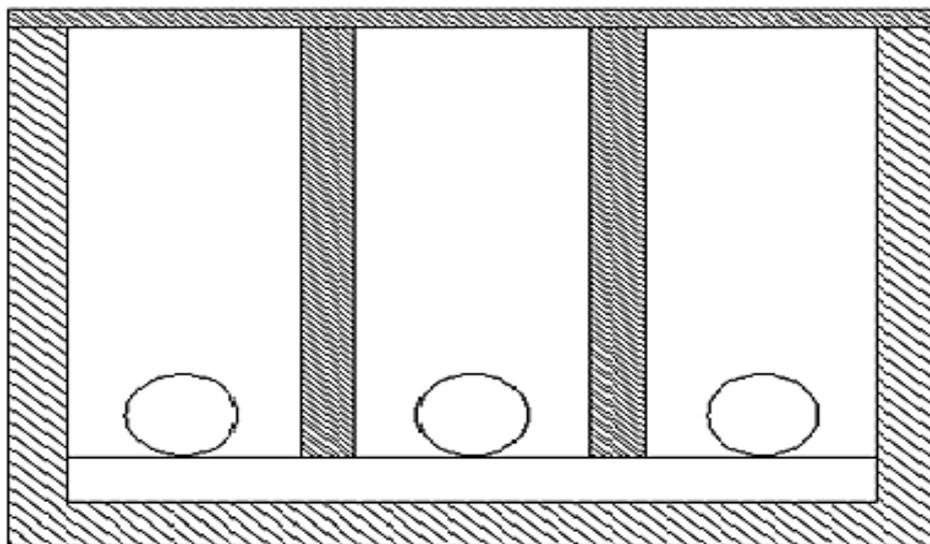
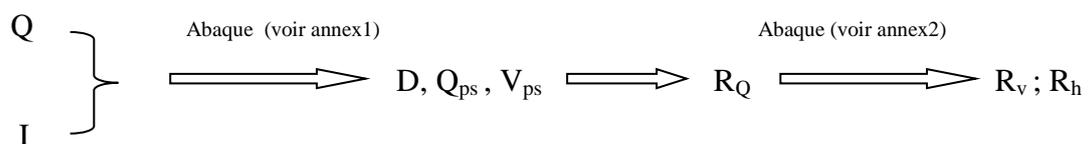


Figure V.03 : Vue de face du répartiteur

V.9.2 Dimensionnement des conduites

Le dimensionnement des conduites sera fait en utilisant les abaques de Bazin (**Annexe I et II**), par la méthode suivante :



Avec : Q : débit de pointe à temps sec à l'horizon 2040 (m^3/s)

I : pente de la conduite (m/m)

D : diamètre de la conduite normalisé (mm)

Q_{ps} : débit à pleine section (m^3/s)

V_{ps} : vitesse à pleine section (m/s)

R_Q : rapport des débits $R_Q = Q/Q_{ps}$

R_v : rapport des vitesses $R_v = V/V_{ps}$

R_h : rapport des hauteurs $R_h = h/D$

h : hauteur de remplissage de la conduite (mm)

L'écoulement dans notre station ne nécessite aucun refoulement, il se fait gravitairement de l'amont jusqu'à l'aval, de ce fait on a choisi des conduites en PEHD ondulé renforcé.

V.9.2.1 Conduite entre le dégrilleur et le déssableur déshuileur

Elle a comme dimensions les suivantes :

$$Q = 0.53 \text{ m}^3/s ; I = 0.004 \implies D = 800\text{mm} ; Q_{ps} = 0.56\text{m}^3/s ; V_{ps} = 1.1\text{m/s}$$

$$\implies R_Q = 0.94 \implies R_v = 1.13 ; R_h = 0.77 ; h = 616 \text{ mm}$$

V.9.2.2 Conduite entre le déssableur déshuileur et le répartiteur (1)

Elle est dimensionnée comme suit :

$$Q = 0.53 \text{ m}^3/s ; I = 0.007 \implies D = 800\text{mm} ; Q_{ps} = 0.74\text{m}^3/s ; V_{ps} = 1.5\text{m/s}$$

$$\implies R_Q = 0.71 \implies R_v = 1.08 ; R_h = 0.625 ; h = 500 \text{ mm}$$

V.9.2.3 Conduites entre le répartiteur et l'entrées des bassins d'aération (1)

Ces deux conduites acheminent les eaux usées vers les lagunes d'aération. Elles sont de dimensions suivantes

$$Q = 0.18 \text{ m}^3/s ; I = 0.035 \implies D = 600\text{mm} ; Q_{ps} = 0.23\text{m}^3/s ; V_{ps} = 0.86\text{m/s}$$

$$\implies R_Q = 0.75 \implies R_v = 1.09 ; R_h = 0.67 ; h = 402\text{mm}$$

V.9.2.4 Conduites entre la sortie des bassins d'aération et le répartiteur (2)

Ces deux conduites acheminent les eaux usées vers les lagunes d'aération. Elles sont de dimensions suivantes

$$Q = 0.18 \text{ m}^3/s ; I = 0.03 \implies D = 600\text{mm} ; Q_{ps} = 0.23\text{m}^3/s ; V_{ps} = 0.81\text{m/s}$$

$$\implies R_Q = 0.78 \implies R_v = 1.1 ; R_h = 0.66 ; h = 396\text{mm}$$

V.9.2.5 Conduites entre le répartiteur (2) et l'entrées des bassins d'aération (2)

Ces deux conduites acheminent les eaux usées vers les lagunes d'aération. Elles sont de dimensions suivantes

$$Q = 0.18 \text{ m}^3/\text{s} ; I = 0.035 \implies D = 600\text{mm} ; Q_{ps} = 0.23\text{m}^3/\text{s} ; V_{ps} = 0.86\text{m/s}$$

$$\implies R_Q = 0.75 \implies R_v = 1.09 ; R_h = 0.67 ; h = 402\text{mm}$$

V.5.2.3 Conduites entre la sortie des bassins d'aération(2) et le répartiteur (3)

Ces deux conduites acheminent les eaux usées vers les lagunes d'aération. Elles sont de dimensions suivantes

$$Q = 0.18 \text{ m}^3/\text{s} ; I = 0.03 \implies D = 600\text{mm} ; Q_{ps} = 0.23\text{m}^3/\text{s} ; V_{ps} = 0.81\text{m/s}$$

$$\implies R_Q = 0.78 \implies R_v = 1.1 ; R_h = 0.66 ; h = 396\text{mm}$$

V.9.2.5 Conduites entre le répartiteur (3) et la lagune de decantation

Ces deux conduites acheminent les eaux usées vers les lagunes d'aération. Elles sont de dimensions suivantes

$$Q = 0.18 \text{ m}^3/\text{s} ; I = 0.035 \implies D = 600\text{mm} ; Q_{ps} = 0.23\text{m}^3/\text{s} ; V_{ps} = 0.86\text{m/s}$$

$$\implies R_Q = 0.75 \implies R_v = 1.09 ; R_h = 0.67 ; h = 402\text{mm}$$

V.9.2.6 Conduite vers le rejet final

Le rejet final se fait au niveau de l'Oued Bir. La conduite véhiculant le débit épuré est de caractéristiques suivantes :

$$Q = 0.53\text{m}^3/\text{s} ; I = 0.023 \implies D = 600\text{mm} ; Q_{ps} = 0.6\text{m}^3/\text{s} ; V_{ps} = 2.17\text{m/s}$$

$$\implies R_Q = 0.88 \implies R_v = 1.15 ; R_h = 0.72 ; h = 310 \text{ mm}$$

V.10 Profil hydraulique

Le profil hydraulique consiste à calculer les différents niveaux d'eau le long de la chaîne de traitement , qui nous renseignent sur la position de la ligne de charge.

Les Cotes moyennes du terrain naturel des zones d'implantation des ouvrages sont représentées sur le tableau **V.9**

Tableau V.9 Cotes du terrain naturel des différents ouvrages de la station

Ouvrages	CTN (m)	Ouvrages	CTN (m)
Dégrilleur	50.40	Lagune d'aération (2)	48.50
Déssableur-déshuileur	50.40	Lagune d'aération (2')	48.50
Répartiteur (1)	50.30	Lagune d'aération (2'')	48.50
Lagune d'aération (1)	49.20	Répartiteur (3)	48.40
Lagune d'aération (1')	49.20	Lagune de décantation (3)	47.80
Lagune d'aération (1'')	49.20	Lagune de décantation (3')	47.80
Répartiteur (2)	49.10	Lagune de décantation (3'')	47.80

• **Calculs des cotes piézométriques des différents ouvrages**

On calcule les cotes piézométriques d'après l'équation de BERNOULLI donnée par :

$$P_1/W + V_1^2/2g + Z_1 = P_2/W + V_2^2/2g + Z_2 + \Delta H_{1-2} \dots\dots\dots (V.14)$$

Avec:

P_1/W et P_2/W : énergies de pression dans les sections (1) et (2).

$V_1^2/2g$ et $V_2^2/2g$: énergies cinétiques en (1) et (2).

Z_2 et Z_1 : cotes des points (1) et (2).

H_{1-2} : pertes de charges dans le tronçon (1-2).

La variation de vitesse est très faible, donc les énergies cinétiques peuvent être éliminées on aura donc :

$$P_1/W + Z_1 = P_2/W + Z_2 + \Delta H_{1-2}$$

On pose : $P_1/W = H_1$ et $P_2/W = H_2$

Donc : $H_1 + Z_1 = H_2 + Z_2 + \Delta H_{1-2}$

$Cp_1 = H_1 + Z_1$: cote piézométrique au point (1).

$Cp_2 = H_2 + Z_2$: cote piézométrique au point (2).

$$Cp_1 = Cp_2 + \Delta H_{1-2}$$

On a :

Côte du radier du dégrilleur (A) = 47.80m ; Hauteur d'eau = 1.3m.

D'où : **$Cp_A = 49.10m$**

Côte du radier du déssableur-déshuileur (B) :47.30m ; Hauteur d'eau = 1.8 m.

D'où : **$Cp_B = 49.10m$**

Le calcul est le même pour les autres conduites, Les résultats obtenus sont résumés sur le tableau V.10

Tableau V.10 Cotes piézométriques des différents ouvrages de la station

Ouvrage	Cote terrain naturel (m)	Cote du radier (m)	Plan d'eau (m)	Cote piézométrique (m)	Diamètre (mm)
Dégrilleur	50.40	48.80	1.3	50.10	800
Déssableur-déshuileur	50.40	48.30	1.8	50.10	800
Répartiteur (1)	50.30	48.10	0.64	48.70	600
Lagune d'aération (1)	49.20	44.80	3.5	48.30	
Lagune d'aération (1')	49.20	44.80	3.5	48.30	
Lagune d'aération (1'')	49.20	44.80	3.5	48.30	600
Répartiteur (2)	49.10	47	0.7	47.7	600
Lagune d'aération (2)	48.50	44.80	2.8	47.60	
Lagune d'aération (2')	48.50	44.80	2.8	47.60	
Lagune d'aération (2'')	48.50	44.80	2.8	47.60	600
Répartiteur (3)	48.40	46.70	0.70	47.40	600
Lagune de décantation (3)	47.80	45.50	1.5	47	
Lagune de décantation (3')	47.80	45.50	1.5	47	
Lagune de décantation (3'')	47.80	45.50	1.5	47	

V.11. Ouvrages hydrauliques

V.11.1. Dispositifs de comptage des débits

Le comptage des débits est prévu en entrée et en sortie de station d'épuration.

La mesure de débit en entrée de la station est réalisée à partir d'un canal venturi associé à une sonde ultrason de mesure de la hauteur d'eau en amont.

La mesure de débit en sortie de la station sera réalisée à partir d'un débitmètre électromagnétique placé sur la conduite de refoulement du poste de relevage des eaux épurées .

V.11.2. Ouvrages d'entrée dans les lagunes

A l'entrée de chaque lagune, un ouvrage, utilisé comme support au débouché des conduites d'alimentation dans la tranche d'eau voulue, est prévu pour l'arrivée des effluents. Cet ouvrage est constitué par une conduite protégée par un masque en béton implanté dans le talus interne des lagunes.

Une pente de 0.005 m/m a été donnée à cette conduite pour qu'elle puisse se vider pendant la mise hors service de la lagune.

V.11.3. Ouvrages de sortie des lagunes

A la sortie de chaque lagune, la restitution des eaux s'opère par déversement au dessus d'un seuil déversant permettant de garder un niveau constant dans la lagune. Une cloison siphonide installée en face du seuil évite que les flottants ne partent avec les eaux. Le seuil est réglable en hauteur à l'aide de rehausses ce qui permet de maintenir le niveau de l'eau voulu dans les lagunes.

V.12. Matériel de curage des lagunes:

La station d'épuration sera équipée de l'ensemble du matériel destiné au curage des boues en fond de bassins.

Cet ensemble comprend un groupe de pompage des boues en fond de bassin vers les lits de séchage constitué des éléments suivants :

- ❖ un dispositif de curage en fond de bassin.
- ❖ une barge flottante en aluminium supportant un compresseur.
- ❖ une pompe à membrane d'un débit unitaire de 12 l/s.
- ❖ les moyens de guidage du dispositif de curage sur l'ensemble du fond des bassins.
- ❖ un lot de tuyaux à assemblage rapide.

V.13. Conclusion :

Dans ce chapitre on a dimensionné les différentes parties de la station, pour le traitement primaire ; le dégrilleur et le dessableur-déshuileur, et dans le traitement secondaire on a choisi le traitement par lagunage aéré dont on a effectué le dimensionnement nous avons eu recours à deux étages aérés, suivis d'un étage de finition, en suite nous avons déterminé les différents diamètres des conduites reliant les ouvrages de la station ainsi que les côtes piézométriques et les côtes radier afin d'assurer le bon fonctionnement de la station d'un point de vue hydraulique .

CHAPITRE VI :

***PROTECTION ET
SECURITE DE TRAVAIL***

VI.1. Introduction

Les accidents du travail et les problèmes qui en découlent ont une grande importance, sur le plan financier, sur le plan de la production, sur le plan humain surtout.

L'objectif sera donc de diminuer la fréquence et la gravité des accidents dans l'entreprise. Il existe pour cela un certain nombre de dispositifs, de consignes, de règlement dit de « sécurité ».

Il n'est nul doute que l'une des conditions du développement est la protection du travailleur. La qualité de son travail et son rendement requièrent une sécurité maximale. Si l'on ne peut, au stade actuel du développement de l'Algérie, assurer un niveau de vie optimum à tous les citoyens, on peut, par contre essayer de prodiguer à tous ses aspects (sociale, culturelle, économique et physique).

Nul ne peut nier l'importance des problèmes soulevés. Toutefois il semble que les approches développées sur les risques professionnels ne font pas suffisamment ressortir la liaison avec les conditions de travail. Or ce sont bien, celles-ci qui déterminent dans une très large mesure, la situation du travailleur et les contraintes auxquelles il est assujéti pour assurer sa tâche. L'homme est soumis à des rythmes biologiques, il varie continuellement. Son travail varie aussi en fonction de ces rythmes, de ces caractéristiques psychophysiologiques et de son environnement.

Lorsqu'on évoque les accidents du travail, on a souvent plus ou moins tendance à penser qu'une seule cause serait à l'origine de la situation. S'agissant de l'accident de travail, on peut l'attribuer soit à la machine, soit à l'homme. Dans l'autre cas, on tente de faire ressortir la part de l'homme et la part de la machine. Ainsi les préoccupations concernant les risques professionnels, ne doivent pas être séparées de l'analyse du travail et les conditions dans lesquelles le travailleur est amené à exécuter son travail. L'analyse des causes d'accident n'a intérêt que si elle met celle-ci en relation avec le travail des opérateurs et on prend place dans un diagnostic général de la situation de travail et de ses effets sur la charge de travail, les risques pour la santé et la sécurité.

VI.2. Les Causes Des Accidents

L'accident du travail n'est jamais le fait d'un hasard ou de la fatalité. Les causes sont la somme des différents éléments classés en deux catégories :

Facteur matériel et facteur humain

Le facteur matériel concerne les conditions dangereuses susceptibles d'évoluer au cours du travail.

Les causes d'accident d'origine matérielle proviennent soit :

- De la profession en général et du poste de travail en particulier ;
- De la nature de la forme des matériaux mis en œuvre ;
- Des outils et machines utilisés, implantation, entretien ;
- De l'exécution du travail, difficultés particulières ;

- Du lieu de travail, éclairage, conditions climatiques ;
- Des conditions d'hygiène et de sécurité, ventilation, protection etc...

Par opposition aux conditions dangereuses techniquement et pratiquement décevables, les actions dangereuses dans le travail sont imputables au facteur humain et nécessitant parfois l'intervention de psychologues avertis.

Certaines actions dangereuses sont des réactions psychiques difficilement prévisibles, car chaque être humain est un cas particulier qui réagit différemment, selon les circonstances

VI.3.Les Actions Et Conditions Dangereuses

- Intervenir sans précaution sur les machines en mouvement ;

Ex : Graisser un engin en marche.

- Imprudence durant les opérations de stockage et manutention ;

Ex : Passer sous une charge suspendue (lors de la pose des tubes) dans la tranchée.

- Intervenir sans précaution sur des installations sous tension, sous pression ;

Ex : ramasser un outil à proximité d'un conducteur sous tension (dans une station de pompage) ;

- Ne pas utiliser l'équipement de protection individuelle ;

Ex : ne pas porter un masque et une paire de gants lors du soudage des conduites ;

- Adopter une position peu sûre ;

Ex : transport du personnel sur la plate –forme d'un camion chargé de gros matériel ;

- Suivre un rythme de travail inadapté ;

Ex : cadence de travail trop rapide ;

- Outillage, engin, équipement en mauvais état ;

Ex : échelle dont les barreaux cassés ont été remplacés par des planches clouées ;

- Défaut dans la conception, dans la construction ;

Ex : installation électrique en fil souple ;

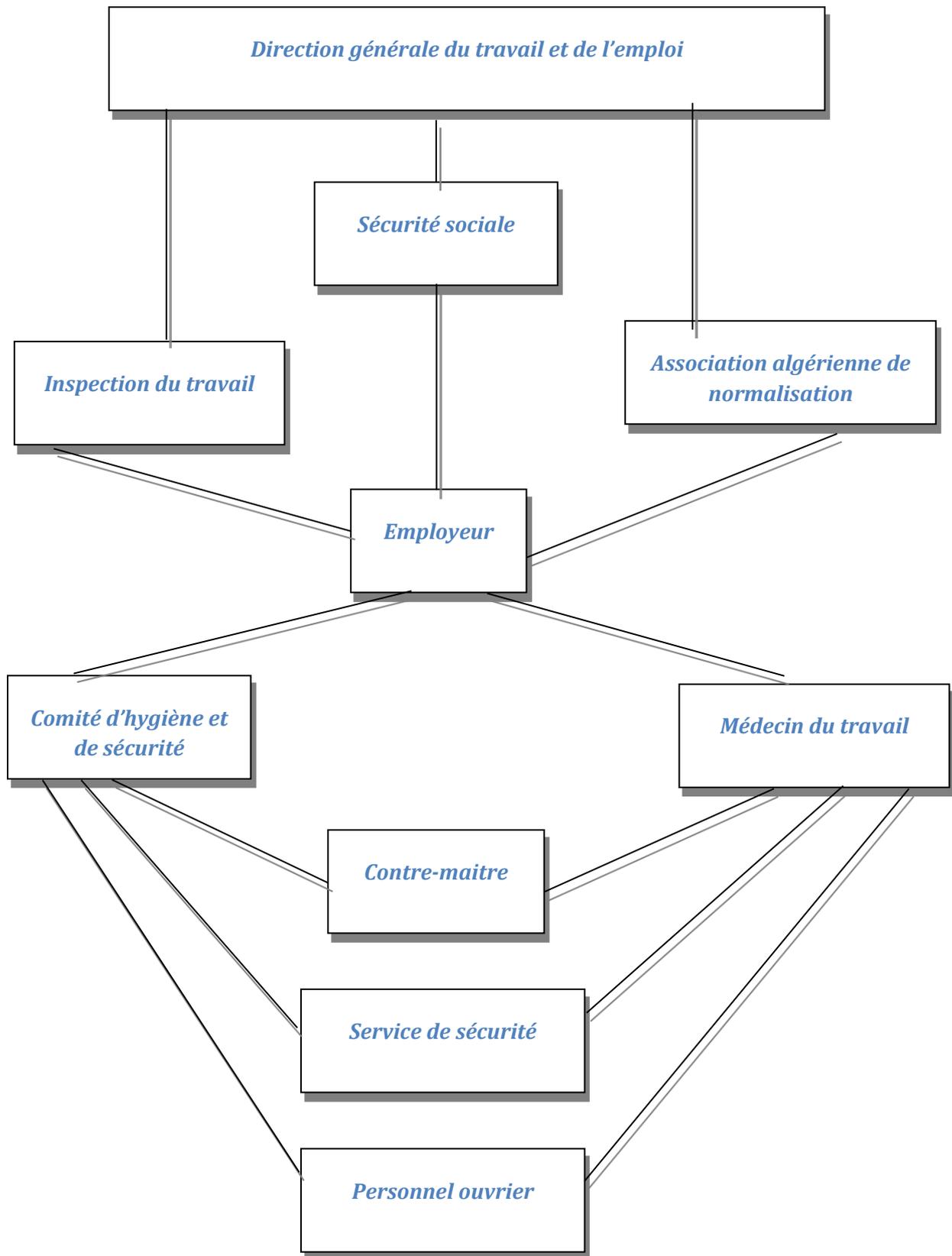
- Eclairage défectueux ;

Ex : éclairage individuel du poste de travail sans éclairage (travaux sur chantier) ;

- Conditions climatiques défavorables.

VI.4.Organisation De La Prévention Des Accidents Du Travail

L'organisation de la prévention se présente à travers les activités professionnelles du pays comme une immense chaîne de solidarité, composée de multiples maillons, correspondant chacun aux différents services ou personnes intéressées figurés dans l'organigramme ci-après :



Le contre-maître constitue le maillon essentiel de la chaîne de prévention des accidents du travail. Vu sous l'angle de la protection du personnel, le rôle du contre-maître revêt trois aspects importants, pédagogique, de surveillance, de suggestion.

Parmi les principales fonctions du service de protection :

- Etudes, participation au comité d'hygiène et de sécurité ;
- Exécution, mesures légales d'hygiène et de sécurité (code de travail, réalisations pratiques des suggestions et des études).

-Les mesures de prévention collective sont la suite logique de l'étude de sécurité. Les mesures de prévention collectives peuvent être classées en deux catégories distinctes :

- Respect de la réglementation, la législation, les contrôles techniques ;
- Les moyens techniques (protection des éléments de machines et mécanismes en mouvement) ;

Devant les dangers constatés dans l'exercice de certaines professions ou dans l'emploi de nouveaux produits, la législation a de plus en plus tendance à compléter la prévention collective par des moyens de protection individuelle.

La protection des membres supérieurs est assurée par le port de gants, moufles, maniques, épaulières, doigtiers ;

Protection des membres inférieurs ;

Protection des yeux ;

Protection du tronc ;

Protection de la tête ;

Protection des voies respiratoires.

L'équipement de protection est nécessaire lorsque les risques auxquels est exposé le personnel n'ont pu être éliminés ou supprimés à la source.

Cet équipement doit remplir les conditions suivantes :

- Correspondre au danger considéré ;
- Etre pratique et confortable ;
- Etre solide ;
- Etre d'un entretien facile.

VI.5. Conclusion

La prévention devrait tendre à ne plus être conçue comme un correctif et s'appuyer uniquement sur des critères défensifs. Avec les avancées du progrès technique et scientifique, on doit pouvoir en saisir les acquis pour renverser la tendance, c'est à dire faire de la prévention une action offensive pour qu'il n'y ait plus de risques.

A cet effet, il convient d'accorder d'avantage d'intérêt aux aspects éducationnels de l'homme au travail afin de lui permettre une grande maîtrise de l'outil de production et une plus grande adaptation à son environnement

CONCLUSION GENERALE

Dans le contexte de la station où la ressource en eau renouvelable est limitée et où l'activité agricole connaît un essor important, il est nécessaire que ces eaux résiduaires puissent être réutilisées après un traitement répondant aux objectifs de qualité requis.

En plus, l'ensemble des ouvrages une fois achevé permettront : Une protection de la nappe phréatique contre la pollution ; Une protection des populations contre les maladies à transmission hydrique et l'amélioration de leur cadre de vie ; Un développement de l'agriculture par la réutilisation des eaux épurées et donc une amélioration des rendements des cultures.

Pour que ce choix de lagunage aéré soit efficace, une bonne gestion s'impose, ainsi que l'entretien des ouvrages, tel que propreté de la station, maintenance des équipements, Et ne surtout pas oublier le coté sécuritaire et hygiénique du travail par la mise en place et le respect rigoureux des dispositifs nécessaires.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

1. **PEARSON H., 2005**. Microbiology of waste stabilisation ponds. In: A. SHILTON (Ed.) : pp.14-48. Pond Treatment Technology. London : IWA Publishing.
2. **VALIRON, 1983 Valiron F., 1983**. La réutilisation des eaux usées. Paris, France, Brgm, Lavoisier, 207 p. De Reviens B., 1 995. Evaluation financière de la station d'épuration.
3. **DEGREMONT, 1989** Mémento technique de l'eau : vol. 1, 9ème édition. Edition Technique et Documentation Lavoisier, 592p
4. **Koller Emilian, 2004** .Traitement des pollutions industrielles. Editeur : Paris Dunod DL 2004,
5. **CHAIB A., 2004**. Bioépuration par lagunage naturel. Bulletin du Centre de Développement des Énergies Renouvelables (CDER), N°5 Juin 2004, pp21.
6. **DEGREMONT, 1978**. Mémento technique de l'eau : 8ème édition. Edition Technique et Documentation Lavoisier, 1200p
7. **SEVRIN-REYSSAC J., DE LA NOÛE J., PROULX D., 1995**. Le recyclage du lisier de porc par lagunage. Edition Technique et Documentation Lavoisier, 118p
8. **Beaudry, J.P. 1984**. *Traitement des eaux*. Éditions Le Griffon d'argile. Ste-Foy,
9. **Mr Coulay** , cours de réutilisation des eaux industrielles (par).
10. **D. CHAMPIAT** biologie des eaux, methodes et techniques.
11. technique de l'ingénieur génie civil CE2
12. **BLIEFERT et PERRAUD, 2001**. Chimie de l'environnement : Air, Eau, Sols, Déchets. Edition de boeck, 477p.
13. **GOMELLA C., GUERREE H., 1978**. Le traitement des eaux publiques, industrielles et privées. Edition Eyrolles Paris, 262p.
14. **GAUJOUS (1995)**, La pollution des milieux aquatiques : aide-mémoire (2ème éd.) 220 p
15. **Jean Bontoux, 1993** . Introduction à l'étude des eaux douces. Eaux naturelles, eaux usées, eaux de boisson : qualité et santé.. Editeur : Paris [France] : Lavoisier..
16. **Microsoft Corporation., (2007)**. Encyclopédie Microsoft Encarta, Redmond, USA.
17. **Baumont S., Camard J.P., Lefranc A., Francon A., 2000**. Réutilisation des eaux usées épurées : risques sanitaire et faisabilité en Ile-de France, Paris.
18. **Martin G., 1982**. Point sur l'épuration et le traitement d'effluents (eau, air). Vol. 1. Tec & Doc, Lavoisier, Paris.
19. **Bousseboua H., 2005**. Eléments de microbiologie. 2ème édition, Campus-Club, Algérie
20. **Afzal M., Lqbal S., Rauf S., Khalid Z.M., 2007**. Characteristics of phenol biodegradation in saline solutions by monocultures of *Pseudomonas aeruginosa* and *Pseudomonas pseudomallei*. J. Hazard. Mater., **149**: 60-66.
21. **Alexander M., Lustigman B.K., 1966**. Effect of chemical structure on microbial degradation of substituted benzenes. J. Agric. Food. Chem., 410-413.
22. **Allsop P.J., Chisti Y., Moo-Yong M., Sullivan G.R., 1993**. Dynamics of phenol degradation by *Pseudomonas putida*. Biotechnol. Bioeng., 572-580.
23. **AbdelKader Gaïd**. Traitement des eaux usées urbaines. 1993
24. **Galaf,F;Ghannam,S.(2003)**.Elaboration d'un manuel et d'un site web sur la pollution du milieu marin.207 p.25. Asano t , 1998 Wastewater Reclamation and Reuse: Water Quality Management Library,

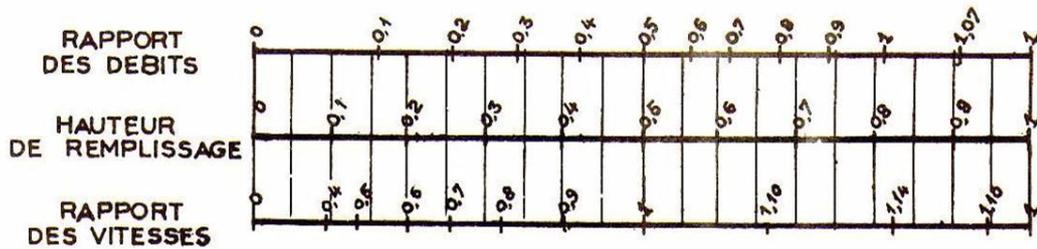
25. **Faby J.A., Brissaud F, 1997.** L'utilisation des eaux usées épurées en irrigation. Office
26. **Encyclopaedia information about Cresol, 1995.** The Columbia Electronic Encyclopaedia, 4th edition
27. **Ramad.F 1982,** *Elément d'écologie, Ecologie appliquée*, Edition MC Gaw-Hill, Paris 452P.
28. **J. Mayet,, 1994.** La pratique de l'eau - Traitement de l'eau aux points d'utilisation.. Editeur : Paris : Le Moniteur
29. **Vincent M.2003.** Aquaculture Environnement, institut français de l'environnement:216-220
30. **GAUJOUS D., 1995.** La pollution des milieux aquatiques : aide-mémoire. Edition Technique et Documentation Lavoisier, 220p.
31. **RODIER J., BAZIN C., CHAMBON P., BROUTIN J.-P., CHAMPSAUD H., RODI L., 1996.** Analyse de l'eau : eaux naturelles, eaux résiduaires, eau de mer, 8ème édition. Edition DUNOD, Paris. 1983p.
32. **AMINOT et CHAUSSEPIED, 1983.** Manuel des analyses chimiques en milieu marin. préparé par Alain Aminot, Marcel Chaussepied.. Editeur Brest : CNEXO , 1983 , 395 p
33. **BERNE et CORDONNIER 1991.** Traitement des eaux -Nombre de pages: 306 pages
34. **GROSCLAUDE, 1999** L'eau: Usages et polluants
35. **BADIA-GONDARD, 2003:** L'assainissement des eaux usées . 229 pages
36. **C.BERNARD G.DEGOUTTE 1990** « Génie civil des bassins de lagunage naturel » CEMAGREF.
37. **DES JARDINS, 1990. DESJARDINS R. (1990).** Le traitement des eaux. 2ème édition revue, Paris, 305p.
38. **Roland Vilaginès.** Eau, environnement et santé publique.. Editeur : Paris : Éd. Tec & Doc-Lavoisier,
39. **BECHAC et al, 1987.** Traitement des eaux usées
40. **M. Satin; B. Selmi, 1999** . Guide Technique de l'Assainissement.. Editions le Moniteur . 688 pages
41. **MARTIN G, LAFFORT P.1991.** Odeurs et désodorisation dans l'environnement. Edition Technique et Documentation Lavoisier, 452p.
42. **S.HOULI** « étude de l'élimination de l'azote et du phosphore dans le lagunage naturel » ENSH 2002
43. **office international de l'eau** "le lagunage naturel en Afrique du Nord "1999.
44. **L.TAFAT.** Polycopie cours d'épuration 5^{ième} année ENSH 2014
45. **Gomella .C , Geurree H ,1983 ,** Les eaux usées dans les agglomérations urbains ou rurale Tome 2, traitement , Ed Eyrolees

ANNEXE

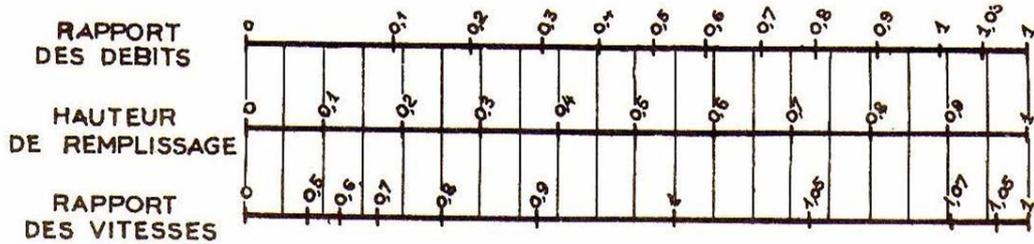
ANNEXE I

VARIATIONS DES DÉBITS ET DES VITESSES
EN FONCTION DE LA HAUTEUR DE REMPLISSAGE
(d'après la formule de Bazin)

a) Ouvrages circulaires



b) Ouvrages ovoïdes normalisés



Exemple - Pour un ouvrage circulaire rempli aux 3/10, le débit est les 2/10 du débit à pleine section et la vitesse de l'eau est les 78/100 de la vitesse correspondant au débit à pleine section

ANNEX II

RÉSEAUX PLUVIAUX EN SYSTÈME UNITAIRE OU SÉPARATIF (Canalisations circulaires – Formule de Bazin)

