



REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE

Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique



Université Echahid Hamma Lakhdar El Oued

Faculté des sciences et technologie Département des sciences et technologie

Filière d'hydraulique

MEMOIRE

Présenté en vue de l'obtention du diplôme Master en Hydraulique

Option: *Conception et Diagnostic des systèmes d'AEP et d'assainissement*

Thème :

Etude de faisabilité de l'épuration des eaux usées par un lagunage naturel (Cas de la région de M'rara)

Présenter par :

- BENMOUSSA Sana
- GASMI Imane

Devant le membre jury:

Mr. SAYAH LEMBAREK Mohamed Université d'El Oued **Président**

Mr. OUAKEOUAK Abdelkader Université d'El Oued **Encadreur**

Mme. BOUCHEMAL Fattoum Université d'El Oued **Examineur**

Promotion : Juin 2015

A background image of several pink roses with green leaves, slightly out of focus, creating a soft, romantic atmosphere.

Remerciements

Avant tout, nous louons et remercions Dieu tout puissant de nous avoir accordé la force, le courage, la patience et les moyens afin de pouvoir accomplir ce travail. Au terme de ce travail réalisé en vue de l'obtention du Diplôme Master en Hydraulique. Nous tenons exprimer nos sincères remerciements à mon encadreur **Mr. OUAKOUAK Abdelkader**. Nous remercier également **Mr. SAYAH LEMBAREK .M** **Mme. BOUCHEMAL .F** qui accepté de faire partie du jury et d'examiner mon travail. Nous remercier tous l'effectif travaillant dans la filière d'hydraulique spécialement le chef de filière **Mr. KHACHANA.S** pour leur soutien moral et leur accueil chaleureux et tous les fonctionnaires et les agents de ; **ONA** (laboratoire de Step N°1 kounine). Subdivision d'hydraulique Djamaa spécialement le chef de bureau d'assainissement **Mr. HDJAIDJI .S**. Notre collègues et amis pour leur encouragements et leur aide durant la réalisation de ce travail.

IMANE & SANA

الملخص

الهدف من هذا العمل هو معرفة إمكانية تصفية المياه المستعملة لمنطقة " المرارة بدائرة جامعة ولاية الوادي " عن طريق إنشاء محطة تصفية بنظام البحيرات ومعرفة مردود و نجاعة هذه الدراسة في التقليل من حدة التلوث البيئي بواسطة الحد من نسبة الملوثات في هذه المياه بطريقة طبيعية. يتبين لنا أن هذا النظام يمكن ان يستخدم كبديل صديق للبيئة واقتصادي لمعالجة مياه الصرف الصحي في بلدية المرارة.

الكلمات المفتاحية: المياه المستعملة ، محطة تصفية ، البحيرات الطبيعية ، الأجهزة المستعملة ، بلدية المرارة.

Résumé

Le but de ce travail est connaitre la possibilité d'épuration des eaux usées de centre de "M'rara dans le daïra de Djamaa wilaya El oued" par installation une station d'épuration par système de lagunage naturel et connaître le rendement et l'efficacité de cette étude d'élimination de terme de degré de la pollution de l'écosystème avec d'élimination des polluant ces eaux par un procédé naturel. Il ressort que ce système peut être utilisé comme une alternative écologique et économique pour l'épuration des eaux usées dans la région de M'rara.

Mots clés: les eaux usées, step, lagunage naturel, matériels utiliser, la commune de M'rara

Abstract

The goal of this work is to understand the possibility of waste-water filter to the M'rara, area by creating a system of filtering lakes station and knowledge yield and efficacy of this topic in the study underestimated the severity of environmental pollution by reducing the proportion of pollutants in the water this topic in a natural way. It appears that this system can be used as an environmentally friendly and economical alternative for wastewater treatment in the region of M'rara.

Key words: Wastewater, filtering station, natural legionary, used machine, region of M'rara.

Sommaire

INTRUDUCTION GENERALE	1
-----------------------------	---

PARTIE I : Bibliographique

CHAPITRE I: Présentation la zone d'étude

I.1. Introduction.....	5
I.2. Contexte géographique et population.....	5
I.2.1.Situation géographique.....	5
I.2.2. Situation démographique.....	6
I.3.Conditions géologique et topographique.....	7
I.3.1.La géologie.....	7
I.3.2.La topographie.....	10
I.4.Etude hydroclimatologique.....	10
I.5.Cadre hydrogéologie générale.....	15
I.5.1.La nappe du Continental Intercalaire (CI).....	15
I.5.2.La nappe du Complexe Terminal(CT).....	15
I.5.3.La nappe phréatique.....	16
I.6.Situation hydrique.....	16
I.6.1.Situation du réseau d'AEP.....	16
I.6.2.Situation du réseau d'AEU.....	16
I.7.Conclusion.....	18

CHAPITRE II: Les eaux usées : Origine et impacts

II.1.Introduction.....	20
II.2.L'origine des eaux usées	20
II.2.1.Les eaux industrielles	20
II.2.2.Les eaux agricoles	20
II.2.3.Les eaux pluviales.....	20
II.2.4.Les eaux domestique.....	20

II.3.Composition des eaux usées.....	21
II.3.1.Éléments microbiologiques.....	21
II.3.1.1.Les bactéries.....	22
II.3.1.2.Les virus.....	22
II.3.1.3.Les protozoaires.....	22
II.3.1.4.Les helminthes.....	22
II.3.2.Matières en suspension (MES).....	22
II.3.3.Substances nutritives.....	23
II.3.3.1.L'azote (N).....	23
II.3.3.2.Le phosphore (P).....	23
II.3.3.3.Le potassium (K ⁺).....	23
II.3.3.4.Chlore et sodium.....	23
II.3.4.Les micropolluants organiques et non organiques.....	24
II.3.4.1.Eléments traces.....	24
II.3.4.2.Les micropolluants organiques.....	24
II.4.La pollution : risque et réglementation.....	24
II.4.1.La pollution par les eaux usées	24
II.4.1.1.Définition.....	24
II.4.1.2.Origine et type de la pollution par les eaux usées.....	25
II.4.1.3.Les différents paramètres de la pollution.....	26
II.4.2.Risque de la pollution par les eaux usées.....	28
II.4.2.1.Risque sur l'environnement.....	28
II.4.2.2.Risque sur la santé humaine.....	29
II.4.3.La réglementation.....	29
II.4.3.1.Les normes de l'OMS.....	29
II.4.3.2.Les normes Européenne.....	29
II.4.3.3.Les normes Algérienne.....	30
II-5- Conclusion.....	30

CHAPITRE III: Procédés d'épuration des eaux usées

III.1.Introduction.....	32
III.2.Critères de choix du procédé d'épuration.....	32
III.3.Etapes d'épuration des eaux usées.....	32

III.3.1.Prétraitement.....	33
III.3.1.1.Dégrillage.....	34
III.3.1.2.Dessablage.....	35
III.3.1.3.Déshuilage-dégraissage.....	35
III.3.2.Traitement primaire.....	36
III.3.2.1.Décantation primaire.....	36
III.3.2.2.Traitement physico-chimique.....	37
III.3.3.Traitement secondaire.....	38
III.3.3.1.Traitement biologique.....	38
III.3.3.2.Décantation secondaire.....	48
III.3.4.Traitement tertiaires.....	48
III.3.4.1.Elimination de l'azote et de phosphore.....	49
III.3.4.2.Adsorption.....	50
III.3.4.3.Les procédés de désinfection.....	50
III.4.Conclusion.....	51

CHAPITRE IV: Lagunage naturel

IV.1.Introduction.....	53
IV.2.Histoire de lagunage.....	53
IV.3.Définition de lagunage naturel.....	54
IV.4.Principe de fonctionnement.....	54
IV.5.Les facteurs intervenants dans l'épuration par lagunage naturel.....	56
IV.5.1.Les facteurs climatiques.....	56
IV.5.1.1.La température.....	56
IV.5.1.2.Le vent.....	57
IV.5.1.3.L'éclairement.....	57
IV.5.1.4.Evaporation.....	57
IV.5.2.Les facteurs physico-chimique.....	57
IV.5.2.1.La géométrie et la conception.....	57
IV.5.2.2.Le temps de séjour.....	57
IV.5.2.3.PH.....	58
IV.5.2.4.Oxygène dissous.....	58
IV.5.2.5.Les matières organiques.....	58

IV.5.3.Les facteurs biologiques.....	58
IV.5.3.1.Le phytoplancton.....	58
IV.5.3.2.Zooplancton.....	59
IV.5.3.3.Les bactéries.....	59
IV.5.4.Les sédiments.....	59
IV.6 .Classification des lagunes.....	60
IV.6.1.Classification selon les types de végétation.....	60
IV.6.1.1.Lagune à microphytes.....	60
IV.6.1.2.Lagunes à macrophytes.....	60
IV.6.1.3.Lagunes composites (mixte).....	61
IV.6.2.Classification en fonction de l'environnement biologique.....	61
IV.6.2.1.Lagune aérobie.....	61
IV.6.2.2.Lagune anaérobie.....	61
IV.6.2.3. Lagune facultative.....	62
IV.6.2.4. Lagune de maturation.....	62
IV.7.Performance épuratoire de lagunage naturel.....	62
IV.8.Dysfonctionnement du lagunage naturel.....	63
IV.8.1.Détection des dysfonctionnements et conséquences.....	63
IV.8.2.Causes de dysfonctionnement.....	64
IV.8.2.1.Taux de charge.....	64
IV.8.2.2.Nature des effluents.....	64
IV.8.2.3.Facteurs saisonniers.....	64
IV.8.2.4.Conception.....	64
IV.8.3.Remèdes pour des cas de dysfonctionnement.....	64
IV.9.Avantages et inconvénients du lagunage naturel.....	66
IV.9.1.Avantages.....	66
IV.9.2.Inconvénients.....	66
IV.9.3.Constraints d'exploitation.....	66
IV.10.Conclusion.....	67

PARTIE II : Expérimentale

CHAPITRE V: Méthode et Matériel

V.1.Introduction.....	70
V.2.Objectif principale.....	70
V.3.Prélèvement et échantillonnage.....	70
V.4.Matériels et méthodes d'analyses.....	70
V.4.1.Détermination des pH et Température.....	70
V.4.2.Détermination de conductivité électrique.....	71
V.4.3.Détermination de l'oxygène dissous.....	72
V.4.4.Détermination des matières en suspension (MES).....	73
V.4.5.Détermination de la demande biochimique en oxygène (DBO ₅).....	75
V.4.6.Détermination de la demande chimique en oxygène (DCO).....	77
V.5.Interprétation des résultats.....	78
V.5.1.Résultats.....	78
V.5.2.Interprétation.....	79
V.6.Conclusion.....	81

CHAPITRE VI : Conception et dimensionnement du lagunage naturel

VI.1.Introduction.....	83
VI.2.Etudes préliminaire(préalables).....	83
VI.2.1.Etude hydro climatologique.....	83
VI.2.2.Détermination d'effluents à épurer.....	83
VI.2.3.Reconnaissance des terrains.....	83
VI.2.3.1.Etude hydrogéologique.....	84
VI.2.3.2.Etude géotechnique.....	84
VI.2.3.3.Etude géologique.....	84
VI.2.4. Choix du site d'implantation.....	85
VI.3.Conception du lagunage naturel.....	85
VI.3.1.Le prétraitement de lagunage naturel.....	86
VI.3.2.Les lagunes.....	86
VI.3.3.Ouvrages annexes et de communication.....	87

VI.4. Dimensionnement de lagunage naturel.....	88
VI.4.1.Évolution des débits des eaux usées.....	88
VI.4.1.1.Estimation de la population.....	88
VI.4.1.2.Estimation des débits des eaux usées.....	89
VI.4.2.Dimensionnement de la station de lagunage.....	92
VI.4.2.1.Calcul des charges polluantes.....	92
VI.4.2.2. Dimensionnement des ouvrages de prétraitement.....	93
VI.4.2.3.Traitement biologique.....	96
VI-5- Conclusion.....	103

CHAPITRE VII: Réalisation et exploitation du lagunage

VII.1.Introduction.....	105
VII.2.Propriétés du site recevant l'eau traitée.....	105
VII.3.Recommandation lors de la réalisation.....	106
VII.3.1.Les digues.....	106
VII.3.2.Travaux d'étanchéité des bassins de lagune.....	107
VII.3.2.1.Etanchéité par compactage.....	108
VII.3.2.2.Pose d'une géomembrane.....	108
VII.4.L'exploitation des lagunages.....	109
VII.4.1.Surveillance générale.....	109
VII.4.2.Entretien du prétraitement et des lagunages.....	109
VII.4.3.Curage de bassins et élimination des boues.....	110
VII.5.Le suivi technique.....	112
VII.5.1.Les visites simples.....	112
VII.5.2.Les visites bilan.....	112
VII.6.Conclusion.....	113
CONCLUSION GENERALE.....	115

Liste des tableaux

Tableau I.1: Répartition de la population de commune M'rara	6
Tableau I.2: Les coordonnées de la commune de M'rara	10
Tableau I.3: Vitesses du vent moyennes mensuelles (m/s) (1990-2011).....	11
Tableau I.4: Température moyennes mensuelles (°C) (1990-2011).....	11
Tableau I.5: Répartition moyenne mensuelles de l'humidité relative de l'air en (%) (1990-2011).....	12
Tableau I.6: Evaporation moyenne mensuelle (mm) (1990-2011).....	13
Tableau I.7: Série pluviométrique moyenne mensuelle (mm) (1990-2011).....	14
Tableau I.8: Différentes débit du forage Albien F 01.....	16
Tableau I.9: Les différents diamètres du réseau existant de centre de M'rara.....	17
Tableau I.10: Les différents diamètres du réseau existant d'El Abadlia	17
Tableau II.1: Concentration moyenne des eaux usées urbaines	21
Tableau III.1: Avantages et inconvénients du traitement physico-chimique.....	38
Tableau III.2: Avantages et inconvénients du traitement biologique par lits bactériens.....	40
Tableau III.3: Avantages et inconvénients du traitement biologique par boues activées.....	41
Tableau III.4: Avantages et inconvénients du traitement biologique par disques biologiques	43
Tableau III.5: Avantages et inconvénients du traitement biologique par filtres planté de roseaux.....	44
Tableau III.6: Avantages et inconvénients du traitement biologique par les lits d'infiltration-percolation sur sable.....	46
Tableau III.7: Avantages et inconvénients du traitement biologique par lagunage.....	48
Tableau IV.1: Les remèdes possibles pour des cas de dysfonctionnement du lagunage naturel.....	65
Tableau V.1: Les résultats d'analyses.....	79

Liste des figures

Figure I.1 : Situation administrative de la zone M'rara.....	6
Figure I.2 : Répartition de la population de commune M'rara.....	7
Figure I.3: Carte géologique régional.....	9
Figure I.4: Histogramme de la vitesse de vents moyens mensuels (1990-2011).....	11
Figure I.5 : Histogramme de température moyenne mensuelle (1990-2011).....	12
Figure I.6 : Histogramme de l'humidité moyenne mensuelle (%) (1990-2011).....	13
Figure I.7 : Histogramme d'Evaporation moyenne mensuelle (1990-2011).....	14
Figure I.8: Histogramme de précipitation moyenne mensuelle (mm) (1990-2011).....	15
Figure III.1: Schéma d'une chaîne de traitement des eaux usées.....	33
Figure III.2: Grille manuelle.....	34
Figure III.3: Schéma d'un décanteur primaire.....	37
Figure III.4: Schéma du traitement biologique par lit bactérien.....	40
Figure III.5: Schéma du traitement biologique par boues activées.....	42
Figure III.6: Schéma du traitement biologique par disques biologiques.....	43
Figure III.7: Schéma du traitement biologique par filtres plantés de roseaux.....	45

Figure III.8: Schéma du traitement biologique par les lits d'infiltration- percolation sur sable	
.....	46
Figure IV.1: Schéma général de lagunage naturel.....	54
Figure IV.2: Schéma du mécanisme global de l'épuration par lagunage.....	55
Figure IV.3: Schéma de lagunes microphytes.....	60
Figure IV.4: Schéma de lagunes macrophytes.....	60
Figure IV.5: Schéma de lagunes composites (mixte).....	61
Figure IV.6: Schéma de lagune facultative.....	62
Figure VI.1: Schéma de principe d'un dégraisseur.....	86
Figure VII.1: Proposition du site de la station d'épuration.....	106

Liste de Photo

Photo I.1 : Sable consolidé avec zone oued Righ.....	9
Photo I.2 : Sable argileux d'Oued Righ.....	10
Photo V.1: pH mètre (pH 510).....	71
Photo V.2: conductimètre (Terminal 740).....	72
Photo V.3: Oxy-mètre (INOLABO-OXI 730 WTW).....	73
Photo V.4 : Etuve chauffée.....	74
Photo V.5 : Dessiccateur.....	74
Photo V.6: Ensemble de filtration.....	74
Photo V.7: Balance électrique (TP-303.....	74
Photo V.8: Réfrigérateur conservant.....	76
Photo V.9: Spectrophotomètre.....	77
Photo V.10: Réacteur (CR 2200).....	77

Liste des Abréviations

ONM: Office National de la Météorologie.

DBO₅: Demande Biochimique en Oxygène pendant 5 jours (mg/l).

DCO: Demande Biochimique en Oxygène (mg/l).

pH: Potentiel Hydrogène.

MES: Matière En Suspension (mg/l).

ONA: Office Nationale d'Assainissement.

AEP: Alimentation en Eau Potable.

AEU: Assainissement des Eaux Usées .

ANRH: Agence Nationale des Ressources Hydriques.

CI: Continental Intercalaire.

CT: Complexe Terminal.

OMS: Organisation Mondiale des Santé.

UNESCO: United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization.

INRAA: Institut National de la Recherche Agronomique Alger.

STEP: Station d'épuration.

NEE: Nationale Eau et Environnement.

INTRODUCTION GENERALE

INTRODUCTION GENERALE

L'eau ne peut être considérée comme un simple produit commercial, elle doit être classée comme un patrimoine universel qui doit être protégée, défendue et traitée comme tel. Elle est une ressource vital pour l'homme, sa survie, sa santé, son alimentation; elle l'est également pour ses activités agricoles, économiques, et la qualité de son environnement en dépend étroitement.

En Algérie l'eau est une denrée de plus en plus rare et de moins en moins renouvelable. Elle fait actuellement l'objet d'une exploitation concurrentielle entre les besoins de la population, ceux de l'agriculture et de l'industrie qui se disputent une disponibilité limitée.

En effet, avec l'expansion des villes et l'évolution des modes de consommation, les eaux potables s'épuisent plus rapidement, augmentant le volume des eaux usées collectées. Les eaux usées constituent un effluent pollué, qui sont rejetées, le plus souvent, sans traitements et de façon directe en milieu naturel.

La pollution des eaux de surface et souterraines est possible par les rejets d'eaux usées tant domestiques qu'industrielles ainsi que par l'utilisation d'engrais et de pesticides en agriculture. La pollution risque de constituer, à court terme, un risque de pénurie d'eau accentué imposant la nécessité de protéger cette ressource contre toute altération et utilisation irrationnelle.

L'épuration des eaux usées a pour objectif de rejeter dans le milieu naturel des eaux d'une qualité suffisante que pour protéger le moins possible le milieu récepteur. Le traitement des eaux usées est devenu un impératif et un enjeu social et environnemental incontournable puisqu'un effluent non traité contamine le milieu naturel et celui de l'homme compte tenu des risques sanitaires qu'il présente.

Les procédés d'épuration des eaux usées sont nombreux et très différents l'un par rapport l'autre. Les procédés conventionnelles d'assainissement sont efficaces mais soulèvent un certain nombre de contraintes : elles ne sont pas écologiques (production de boues) et nécessitent de lourds investissements, il convient donc de trouver des méthodes à bas coût capables de traiter efficacement les eaux.

Le système de traitement des eaux par lagunage est une alternative adéquate. Elle fonctionne comme assimilateurs biologiques en retirant des composés tant biodégradables que non biodégradables, ainsi que les micro-organismes pathogènes.



L'épuration des eaux usées domestiques par lagunage naturel demeure parmi les procédés les plus utilisés dans les pays à climats chauds arides à semi-arides. Le lagunage naturel comme étant la solution technique la plus adaptée au contexte économique et climatique.

La commune de M'rara est située dans le sud-est de le Sahara Algérien, cette commune est caractérisée par un climat aride, de type saharien, avec des étés secs et chauds et des hivers plus doux.

La conception d'un lagunage naturel pour la commune de M'rara est d'une grande importance afin de remplir les objectifs suivants :

- Protéger le milieu récepteur et les ressources en eau souterraine.
- Garder la possibilité de fertiliser pour l'irrigation les effluents épurés pour mettre en valeur des espaces qui ne le sont pas ou peu a l'heure actuelle.

Il s'agit d'une station qui répond particulièrement bien à des critères technico-économiques, et constitue donc le procédé le mieux adapté dans cette région où l'espace ne manque pas et l'ensoleillement est favorable.

Notre travail vise à l'étude de faisabilité de l'épuration des eaux usées par lagunage naturel à M'rara, à partir de l'examen des résultats des analyses des eaux usées de cette région.

Nous essayons de répondre à la question suivante :

- Est-ce que ce procédé d'épuration est efficace dans cette région notamment ce qui concernent des charges polluants de rejet?

Une première partie bibliographique qui regroupe le nécessaire des connaissances théoriques en rapport avec notre thème, elle est subdivisée en quatre chapitres :

- Le premier s'intéresse à la présentation de la région d'étude;
- Le deuxième chapitre est consiste, à la connaissance des eaux usées et leur origine et aux paramètres de pollution des eaux;
- Le troisième chapitre est consacré, aux différents procédés d'épuration des eaux usées;
- Le quatrième chapitre est s'intéresse au lagunage naturel.

Une deuxième partie expérimentale qui se subdivise en trois chapitres :

- Le premier présent les matériel et méthodes de l'analyse des eaux usées;
- Le deuxième chapitre est consiste, à la conception et le dimensionnement du lagunage naturel;
- Le troisième chapitre est consacré, à la réalisation et l'exploitation de lagunage.

Le manuscrit se termine par une conclusion générale.



PARTIE I

BIBLIOGRAPHIQUE

Chapitre I

Présentation la zone d'étude

I.1. Introduction:

La wilaya d'El Oued, est située au sud-est de l'Algérie, et de Nord- Est du Sahara septentrional. Cette région occupe une superficie de 44586,80 km² avec une population de 731500 habitants, elle se divise en zone d'Oued Souf et d'Oued Righ. Cette wilaya contient 12 Daïras, parmi lesquelles la daïra de Djamaa qui est située dans la vallée de Oued Righ, dont on a étudié la possibilité de la projection d'un procédé extensif d'épuration des eaux usées à la commune de M'rara.

Ce chapitre vise essentiellement à traiter les caractéristiques géographique, géologique, et climatologique de l'agglomération de M'rara. Ainsi, nous allons donner un aperçu le contexte hydrogéologique et la situation hydrique de cette commune.

I.2. Contexte géographique et population:

I.2.1. Situation géographique:

La commune de M'rara est située dans le Sahara Algérien, à l'ouest du grand Erg Oriental dépend administrativement de la daïra de Djamaa wilaya d'El- oued. Cette commune est située à 32 Km à l'Ouest du chef lieu de la Djamaa, 146 Km à l'Ouest du chef lieu de la wilaya d'El- oued.

Cette commune est limitée par :

- ❖ Au Nord par la commune Oum Tiour (W.Eloued), Elbessbas et Ras El Miaad (W.Biskra).
- ❖ Au Sud par la commune Hadjira, Sidi Slimane (Wilaya Ouargla).
- ❖ A l'Ouest par la commune Oum Eladam (Wilaya Djelfa).
- ❖ A l'Est par la commune Djamaa, Tenedla, Sidi Amrane (Wilaya El oued)

La commune de M'rara occupe une superficie d'environ 1132 Km² (STUCKY- ENHYD, 2010).

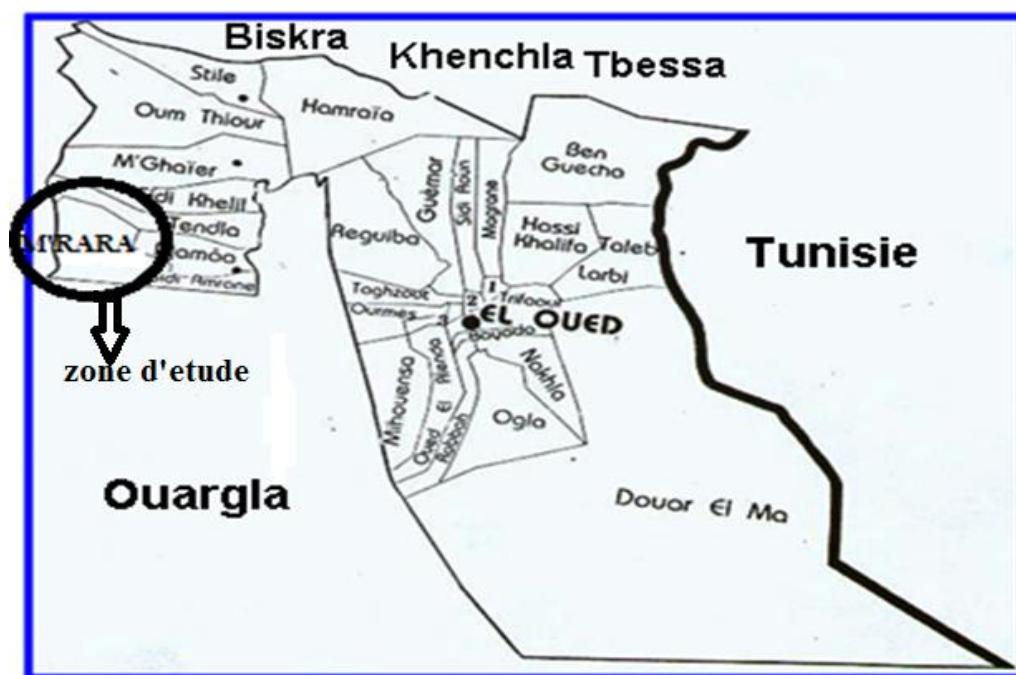


Figure I.1: Situation administrative de la zone M'rara.(ANRH,2005).

I.2.2. Situation démographique:

Les données statistiques relatives à la population sont établies sur la base du RGPH de 2014, selon le dernier recensement de la population et de l'habitat effectué par les services de l'APC, la population de M'rara compte **9775** habitants.

La commune de M'rara comprend

- le centre de M'rara.
- Village Socialiste Agricole (VSA).
- El Abadlia.

Le tableau suit (Tableau I.1) présente la répartition de la population de cette commune.

Tableau I.1: Répartition de la population de commune M'rara

Commune de M'RARA	Centre de M'rara	Village socialiste (VSA)	El Abadlia	La somme de la population
Population (2014)	4553	3349	1873	9775

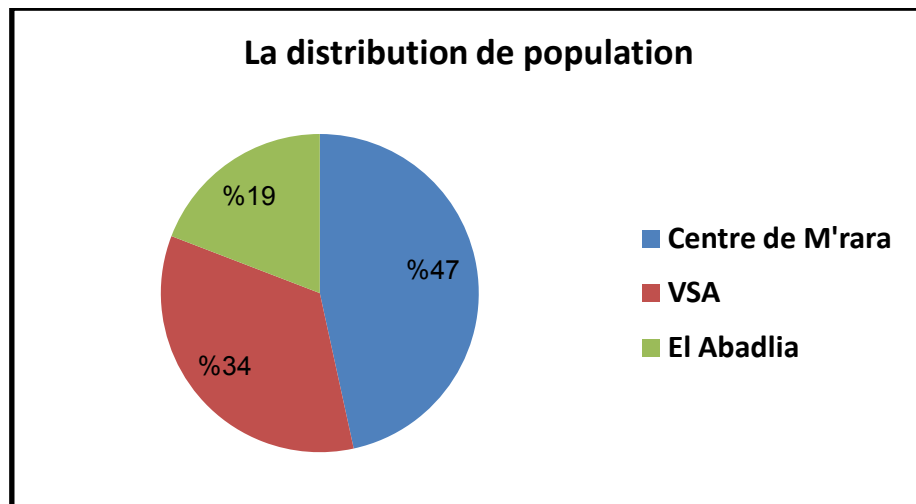


Figure I.2 : Répartition de la population de la commune M'rara

L'activité principale a longtemps été représentée par l'agriculture, et notamment l'exploitation du palmier-dattier.

I.3. Conditions géologiques et topographique:

I.3.1. La géologie:

Les terrains qui constituent la région d'étude sont représentés essentiellement par des formations sédimentaires. Les terrains Moi-Pliocène et Quaternaire, occupent la presque totalité de cette région. Dans notre secteur d'étude la succession géologique est la suivante, de bas en haut :

❖ Berriasien:

Il est représenté par des argiles silteuses et des argiles vertes et marron avec des passées de grès. L'épaisseur de cette formation est de l'ordre de 100 m. Dans cette région cette formation est située à une profondeur comprise entre 1700 et 1800 mètres.

❖ Albien:

Il est représenté principalement par des dépôts sabio-gréseux et sabio-argileux avec de faibles passées d'argiles silteuses. La puissance de cette formation varie entre 200 m au Nord et 400 m au Sud. Le passage entre le Berriasien et l'Albien est marqué par la présence d'un horizon dolomitique cristallin jaunâtre d'une épaisseur de 40 m.

❖ Cénomanien:

Il est constitué à la base par des calcaires surmontés d'une puissante formation d'argiles vertes avec de très faibles passées de calcaire blanc.

❖ Turonien:

Il présente une série essentiellement évaporitique, constituée par une alternance d'anhydrite et d'argiles à passées de calcaires dolomitiques. L'épaisseur de cette couche varie entre 100 et 200 m.

❖ Sénonien:

Dans sa partie inférieure est constituée la sédimentation et évaporitique avec une intercalation de gypse et d'anhydrite. Cette formation représente presque 50% de cet étage. Au-dessus, une alternance de calcaires, dolomies et marnes surmonte les évaporites. L'épaisseur de ces alternances peut atteindre localement 100 m. La partie supérieure de cet étage est constituée de marnes avec des passées de gypse et d'anhydre.

❖ Eocène:

Dans ce région, l'Eocène est représenté par des calcaires et des intercalations de sables et de marnes avec quelques passées d'évaporites. La puissance de cette formation est de l'ordre de 100 m.

❖ Mio-Pliocène:

Il présente une essentiellement sableuse à argile sableuse avec des alternances argileuses, marneuses et gréseuses qui affleure à l'Ouest de la vallée de l'oued Righ. Sur la moitié supérieure des niveaux argileux alternant avec des sables. La partie inférieure montre des horizons de calcaire gréseux de faible épaisseur (2 à 5 m). Le Mio-Pliocène a une puissance de 200 m environ.

❖ Quaternaire:

Il est principalement composé de sables fins à très fin de couleur blanchâtre avec localement des intercalations gypseuses. A la base des argiles sableuses beiges à rouge à gypse. L'épaisseur de cette formation varie entre 10 et 40 m et localement peut atteindre 1m d'épaisseur (*STUCKY-ENHYD, 2009*).

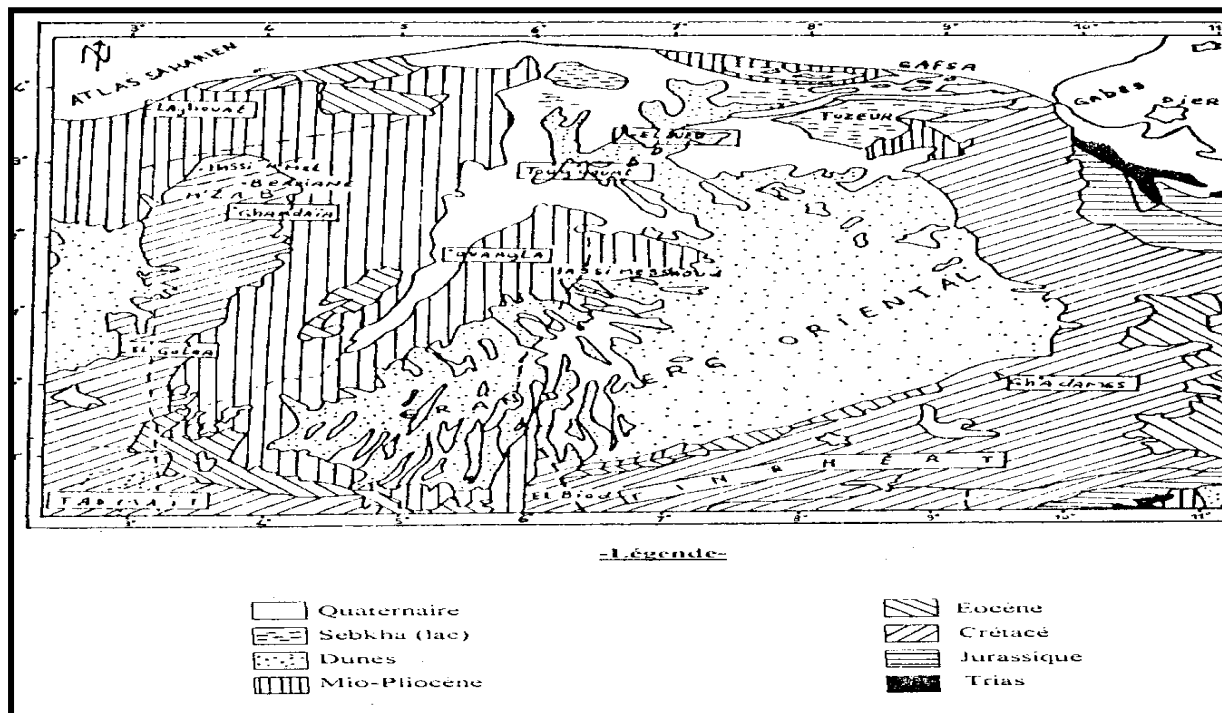


Figure I.3: Carte géologique régionale (ANRH, 1993).

➤ **Les sols:**

Le sol est le résultat de la transformation de la roche mère sous l'influence des facteurs physiques, chimiques et biologiques. Les sols de la vallée de l'Oued Righ sont des sols peu évolués. Ce sont des sols d'origine alluviale. Ils ont une texture sablo limoneuse et une structure particulière (*BENKADI et MESSAOUDI, 2007*)

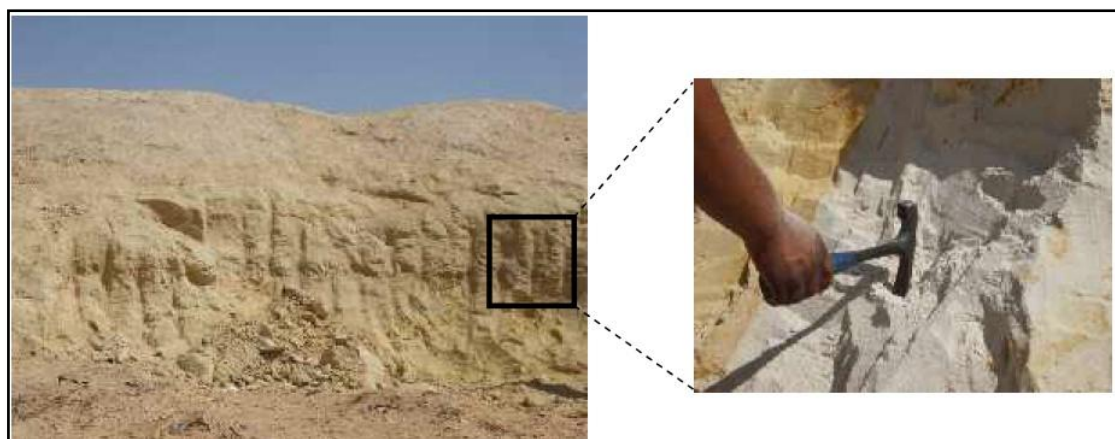


Photo I.1 : Sable consolidé avec zone de M'rara (CRSTRA, 2010).



Photo I.2 : Sable argileux de M'rara (CRSTRA, 2010).

I.3.2. La topographie:

La vallée de l'Oued Righ se présente comme une large dépression allongée dans le sens Sud - Nord, jalonnée de chotts, communiquant entre eux par le collecteur principal des oasis qui évacue les eaux de drainage dans le chott " Merouane ".

La commune de M'rara est caractérisée au terrain semi-plat direction vers oued R'tem avec un changement au niveau des altitudes internes, où l'altitude varie entre **121,7** à **108,11 m**.

Tableau I.2 : Les coordonnées de la commune de M'rara.

Nom de site	Les coordonnées (m)		
	X	Y	Z
La commune de M'rara	747,122	3707,240	120,7

I.4. Etude hydro climatologique:

✓ Le climat:

La commune de M'rara est caractérisée par un climat aride, de type saharien, avec des étés secs et chauds et des hivers plus doux. Les écarts entre les températures diurnes et nocturnes sont importants, dépassent souvent les 20°.

Le climat est donc défini par quatre éléments fondamentaux à savoir : la température, la pluviométrie, l'évaporation, l'humidité et la vitesse du vent .

La station de Touggourt, d'après sa situation géographique représente la station la plus proche de la zone d'étude. A cet effet, l'étude climatique s'est basée sur les données de la station de Touggourt, vu sa représentativité.

❖ Les vents:

Le vent est un autre facteur climatique important dans la caractérisation du climat. Les résultats des moyennes mensuelles de la vitesse du vent enregistrées à la station de Touggourt (1990-2011) sont présentés dans le tableau suivant :

Tableau I.3 : Vitesses du vent moyennes mensuelles (m/s) (1990-2011) (ANRH, 2012)

Mois	Sep	Oct	Nov	Dec	Jan	Fev	Mars	Avr	Mai	Jun	Juil	Aout
Vitesse (m/s)	2.89	2.50	2.48	3,42	2.98	2.74	3.32	3.83	3.88	3.77	3.27	2.91

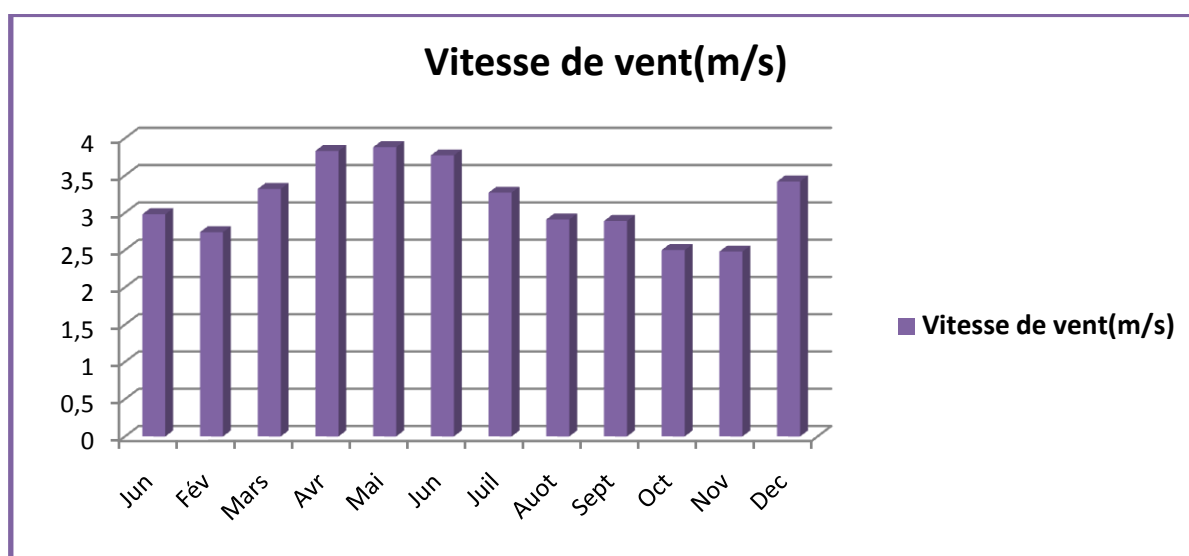


Figure I.4 : Histogramme de la vitesse de vents moyens mensuels (1990-2011) (ANRH, 2012).

On remarque d'après le tableau, que la vitesse minimale du vent est enregistrée au mois de l'octobre, elle est de 2.50 m/s et la vitesse maximale est enregistrée en Mai et atteint 3.88m/s. Ces vents soufflent dans des directions différentes.

❖ La Température:

Dans notre région d'étude caractérisée par un climat Saharien, la température joue un rôle très important par son influence sur les autres paramètres météorologiques tel que l'évaporation et le taux de l'humidité de l'atmosphère.

Tableau I.4: Température moyennes mensuelles (°C) (1990-2011) (ANRH, 2012).

Mois	Sep	Oct	Nov	Dec	Jan	Fev	Mars	Avr	Mai	Jun	Juil	Aout	Moy
T (°C)	29.11	23.39	16.21	11.93	10.89	13.06	16.85	20.95	26.05	31.06	33.96	33.53	22.29

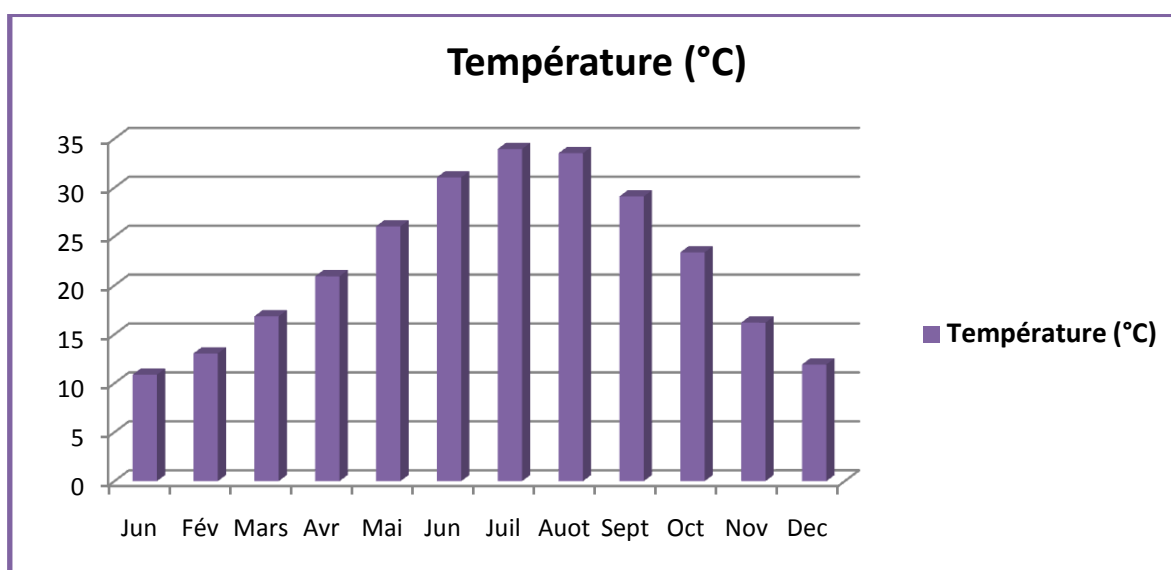


Figure I.5: Histogramme de température moyenne mensuelle (1990-2011) (ANRH, 2012).

❖ Humidité:

L'humidité est très importante car elle influe sur l'évaporation, elle est plus élevée en hiver qu'en été. Ceci s'explique par l'effet de la température qui est élevée en été et basse en hiver, et le maximum correspond au mois le plus froid.

Le tableau suivant donne les valeurs de l'humidité moyennes mensuelles observées en 21 ans.

Tableau I.5 : Répartition moyenne mensuelles de l'humidité relative de l'air en (%) (1990-2011)(ANRH, 2012).

Mois	Sep	Oct	Nov	Dec	Jan	Fev	Mars	Avr	Mai	Jun	Juil	Aout
H (%)	32.40	37.50	43.96	48.90	48.94	37.16	36.29	31.70	28.93	25.13	22.88	24.72

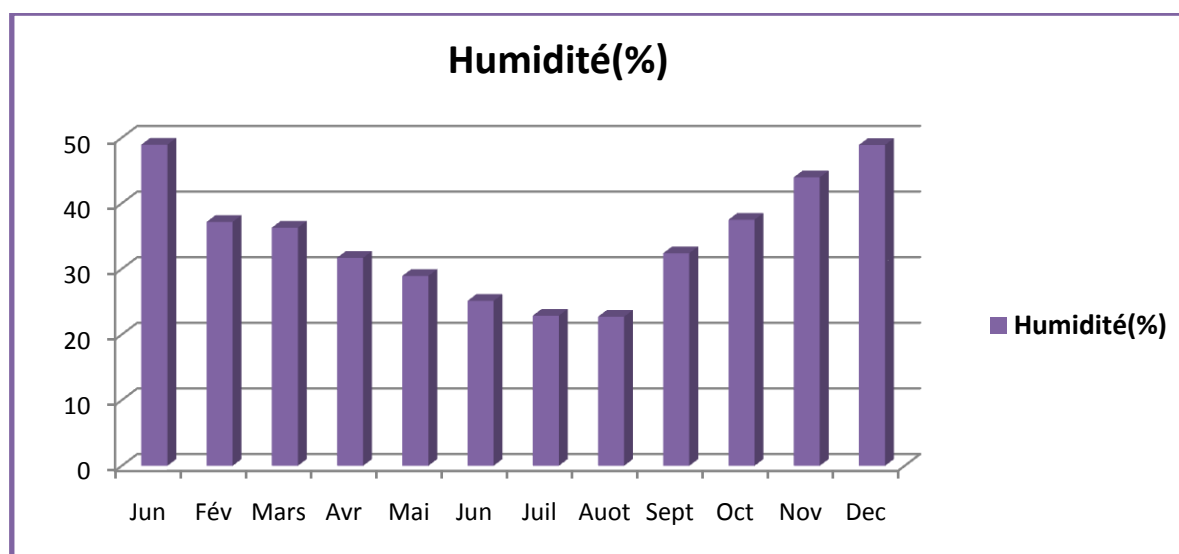


Figure I.6 : Histogramme de l'humidité moyenne mensuelle (%) (1990-2011) (ANRH, 2012).

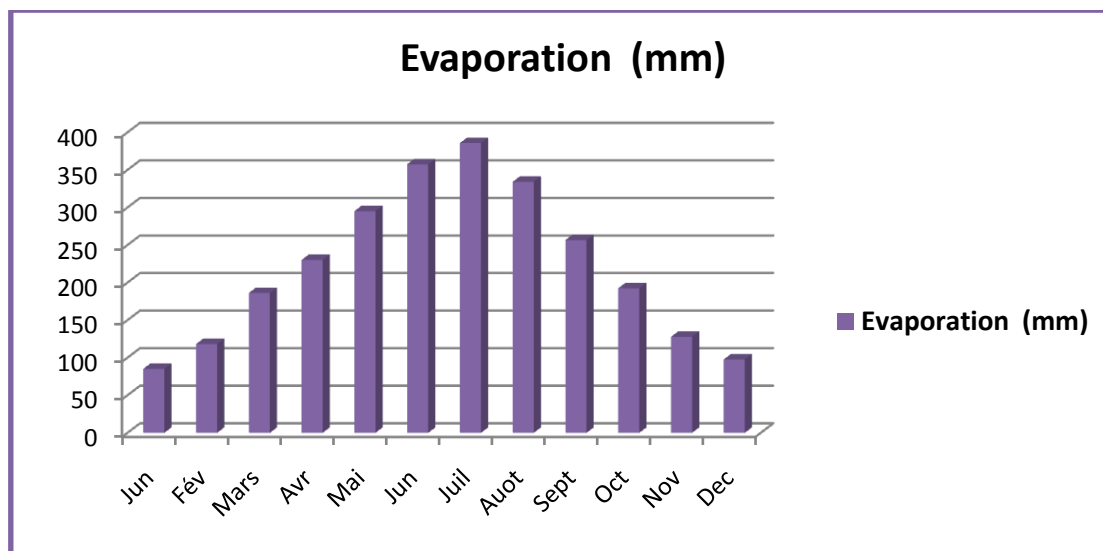
On remarque que l'humidité augmente à partir du mois de Novembre jusqu'à Janvier au cours duquel est enregistrée une valeur moyenne maximale de 48.94%. Cependant, elle diminue en été pour atteindre une valeur minimale en Juillet de l'ordre de 22.88%.

❖ L'évaporation:

Les phénomènes d'évaporation interviennent dans le cycle hydrologique dès le moment où les précipitations; sous forme liquide ou solide; atteignent la surface du sol. De plus l'humidité du sol, soit qu'elle provient des pluies récentes infiltrées à faible profondeur, soit qu'elle remonte par capillarité directement de la nappe phréatique ou par l'intermédiaire de la couverture végétale constitue un aliment important pour l'évaporation.

Tableau I.6 : Evaporation moyenne mensuelle (mm) (1990-2011) (ANRH, 2012).

Mois	Sep	Oct	Nov	Dec	Jan	Fev	Mars	Avr	Mai	Jun	Juil	Aout
Eva (mm)	256,7	192.5	127.8	97.7	85.2	118.7	186.17	230.2	295,15	357.5	385.8	334.2



**Figure I.7 : Histogramme d'Evaporation moyenne mensuelle
(1990-2011) (ANRH, 2012).**

❖ La pluviométrie:

Les précipitations proviennent des nuages. Transportés par la circulation atmosphérique, les nuages se déplacent et sous l'effet de la pesanteur, l'eau retombe sur le sol sous forme d'eau, de neige ou de grêle (état liquide ou solide) : ce sont les précipitations.

Le tableau ci-dessous représente les données des précipitations moyennes mensuelles calculées sur une période de 21 ans:

Tableau I.7: Série pluviométrique moyenne mensuelle (mm) (1990-2011) (ANRH, 2012).

Mois	Sept	Oct	Nov	Dec	Jan	Fev	Mars	Avr	Mai	Jun	Juil	Aout	Annuelle
P (mm)	5.52	4.72	4.14	4.40	15.13	2.35	5,05	4.32	3.13	0.61	0.47	2.67	52,51

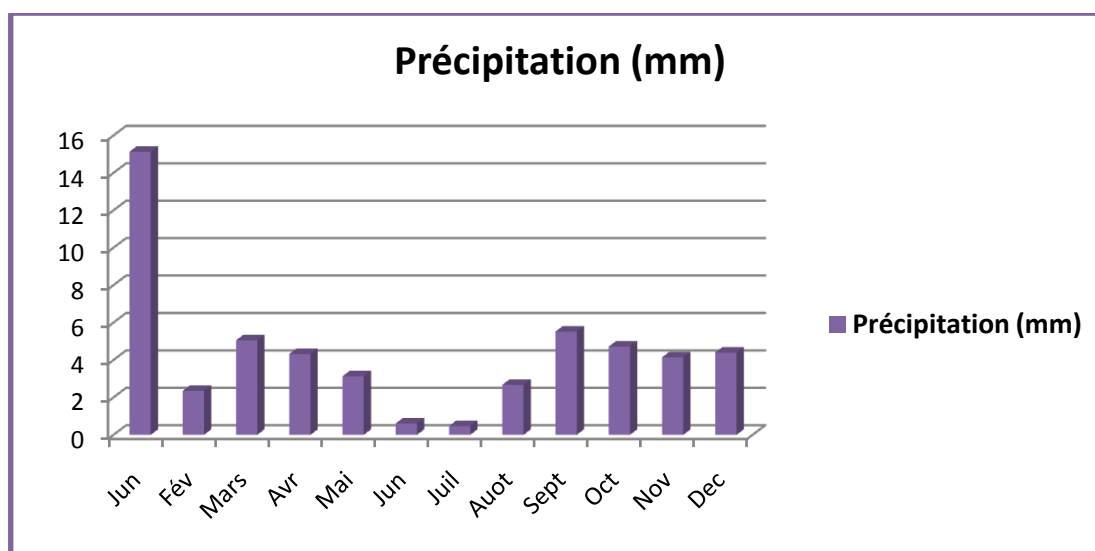


Figure I.8 : Histogramme de précipitation moyenne mensuelle (mm) (1990-2011)
(ANRH, 2012).

La figure I.8 montre l'évolution des précipitations moyennes mensuelles durant la période (1990-2011). Ainsi, on remarque que la répartition des précipitations est irrégulière, la quantité maximale est observée au mois de Janvier, elle est de l'ordre de 15.13 mm par contre au mois de Juin et Juillet, elle est presque nulle, de même que pour les autres mois où elle est relativement faible (ANRH, 2012).

I.5. Cadre hydrogéologie générale:

D'après les études effectuées et les coupes de sondages de forages réalisées dans la région du oued Righ, on distingue deux complexes (le complexe continentale intercalaire, le complexe terminale), et la nappe phréatique.

I.5.1. La nappe du Continental Intercalaire (CI):

Le terme Continental Intercalaire désigne un épisode continental intercalaire entre deux cycles sédimentaires. La profondeur de l'aquifère augmente du Sud au Nord 2000 m, au Bas Sahara avec une épaisseur qui varie entre 200 à 400 mètres. La nappe du Continental Intercalaire est fortement artésienne.

I.5.2. Les nappes du Complexe Terminal (CT):

La nappe de Complexe Terminal couvre une importante partie du Sahara septentrional (environ 350 000 km²). Elle est en générale peu profonde (100 à 400 m), de température peu élevée et de composition chimique bonne sur les bordures et moyenne dans le centre de bassin (INRAA, 2003).

Il est limité au Nord par l'occident Sud-Atlassique, à l'Ouest par la Saoura et s'arrête au Sud avec les plateaux de Tademaït et Tinhert à l'Est. Il se prolonge dans le Sud de la Tunisie et le Nord de la Libye. L'écoulement se fait du Sud vers le Nord et sa température moyenne est de 28°C. A l'origine, ces nappes étaient artésiennes sur l'ensemble de la vallée de l'Oued Righ (INRAA, 2003).

I.5.3. La nappe phréatique:

Dans la partie supérieure des formations continentales les nappes non captives profondes de 02 à 10 m viennent augmenter les réserves hydrauliques du bas Sahara. La nappe phréatique est omniprésente dans toutes les oasis de la vallée d'Oued Righ (INRAA, 2003).

I.6. Situation hydrique:

D'après une visite de recherche au niveau de la subdivision de l'hydraulique et de service technique au niveau de la localité de M'rara, qui nous donne les informations résumées ci-dessous.

I.6.1. Situation du réseau d'AEP:

A- Les ressources (forage):

L'alimentation des ouvrages de stockage est assurée à partir d'une conduite d'adduction d'eau potable allant du forage Albien F (01) mixte vers le chef lieu de M'rara et le VSA dont les caractéristiques du forage sont les suivantes :

Tableau I.8 : Différentes débit du forage Albien F01 (STUCKY-ENHYD, 2010).

Forage	Débit mobilisé (l/s)	Débit exploité (l/s)
VSA M'rara F(01)	100	20

B-Caractéristiques du réseau:

La commune de M'rara est dotée d'un réseau d'AEP de type maillé, les conduites sont en PVC et en Amiante ciment. Le taux de raccordement est estimé de : **100%**.

Le linéaire total du réseau d'AEP de cette commune est actuellement estimé à 25903 ml, composé essentiellement de tuyaux en amiante-ciment ou en PVC (STUCKY-ENHYD, 2010).

I.6.2. Situation du réseau d'AEU:

A-Caractéristiques du réseau:

Le réseau d'assainissement de la commune de M'rara est du type unitaire, c'est-à-dire que les eaux usées et les eaux pluviales sont évacuées dans des collecteurs communs. Ce réseau d'assainissement totalise 15532 ml.

▪ **Centre de M'rara:**

Il comprend 9792 ml avec un diamètre allant de 250 à 400 mm, assurant une couverture de 80%. (STUCKY-ENHYD, 2010).

Tableau I.9: Les différents diamètres du réseau existant de centre de M'rara.

(STUCKY-ENHYD, 2010).

Diamètre (mm)	250	315	300	400	Total
Linéaire (ml)	6735,11	330	1525	1202	9792,11

▪ **Village Socialiste Agricole (VSA):**

Le réseau d'assainissement assure le raccordement de 60% du village avec un linéaire total de 3440 ml. (STUCKY-ENHYD, 2010).

▪ **Agglomération secondaire El Abadlia:**

Le linéaire total du réseau d'assainissement est 2300 ml, son exutoire est situé à l'aval de l'oued R'tem soit au sud de cette agglomération (ENHYD, 2010).

Tableau I.10: Les différents diamètres du réseau existant d'El Abadlia.

(STUCKY-ENHYD, 2010).

Diamètre (mm)	250	315	400	Total
Linéaire (ml)	1020	550	730	2300

B- Les points de rejet:

Tous les eaux sont acheminé vers deux stations de relevage existante le point de rejet de ces derniers dans l'oued R'tem se trouve a la sortie est de la ville, c'est-à-dire après l'évacuateur artificiel « **Mefleg** ».

- **Station 1:** Les eaux usées de centre de M'rara et Village Socialiste Agricole (VSA).
- **Station 2 :** Les eaux usées d'El Abadlia.

❖ **Oued R'tem:**

Il atteint une longueur de 196 km environ, en prenant comme tête l'oued Berriche. Il coule sensiblement Ouest-Est de la région de Mchibigue à 720m d'altitude, à la commune de M'rara, située à la cote 100, qu'il gagne après être infléchi brusquement vers le Sud dans les derniers kilomètres de son parcours (STUCKY-ENHYD, 2010).

I.7. Conclusion:

La présentation de la zone d'étude est basée sur une reconnaissance détaillée du site, elle consiste à collecter, à dépouiller et à analyser toutes les informations disponibles existantes. Dans cette partie, nous avons défini les données nécessaires concernant notre agglomération du point de vue topographie, géologie, climatologie, démographie, ainsi que la situation hydraulique. Ces données vont nous servir de base pour l'élaboration du projet qui consiste à l'étude de la conception d'une station d'épuration par lagunage naturel.

Chapitre II
Les eaux usées : Origine et
Impacts

II.1. Introduction:

Les eaux usées sont des eaux altérées par les activités humaines à la suite d'un usage domestique, industriel, agricole, ou pluviale . Ils constituent donc un effluent pollué, et qui sont rejetées dans un émissaire d'égout vers le milieu naturel.

Dans ce chapitre nous allons donner un aperçu sur l'origine des eaux usées et leurs composition, et puis nous décrirons le problème de la pollution des ces eaux, ainsi les différents paramètres et leur impacts sur l'écosystème, et puis la réglementation relative à les eaux usées.

II.2. L'origine des eaux usées:

Suivant l'origine des substances polluantes on distingue quatre catégories d'eaux usées :

II.2.1. Les eaux industrielles:

Elles sont très différentes des eaux usées domestique. Leurs caractéristiques varient d'une industrie à l'autre. En plus des matières organiques azotées ou phosphorées, elles peuvent également contenir des produits toxiques, des solvants, des métaux lourds, des micropolluants organiques ou des hydrocarbures.

II.2.2. Les eaux agricoles:

L'agriculture est une source de pollution des eaux car elle apporte les engrais et les pesticides (*Boumediene, 2013*).

II.2.3. Les eaux pluviales:

Le rôle des eaux pluviales est également important dans les transferts de pollution .Les eaux de ruissellement peuvent être polluées par lessivage des sols, des surfaces imperméabilisées. Les eaux pluviales peuvent contenir de ce fait des métaux lourds et des toxiques : plomb, zinc, hydrocarbures,...etc. (*Achouri, 2003*).

II.2.4. 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' sont les rejets des toilettes, chargés de diverses matières organiques azotées et de germes fécaux (*Boumediene, 2013*).



II.3. Composition des eaux usées:

La composition des eaux usées, est extrêmement variable en fonction de leur origine (industrielle, domestique,...etc.). Le tableau suivant présente la concentration moyennes des ces eaux :

Tableau II.1 : Concentration moyenne des eaux usées urbaines. (Laurent, 1994)

Concentration moyennes		
Paramètres	Echelle de variation	Fraction décantables
pH	7,5 à 8,5	
MES totales (mg/l)	100 à 400	50 à 60 %
DBO ₅ (mg/l)	150 à 500	25 à 30 %
DCO (mg/l)	300 à 1000	30 %
COT (mg/l)	100 à 300	30 %
NTK (mg/l)	30 à 100	< 10 %
N-NH ₄ ⁺ (mg/l)	20 à 80	0 %
N-NO ₂ ⁻ (mg/l)	< 1	0 %
N-NO ₃ ⁻ (mg/l)	< 1	0 %
P total (mg/l)	10 à 25	10 %

Selon Faby, (1997), la composition des eaux résiduaires urbaines brutes dépend essentiellement de :

- L'activité humaine (eaux ménagères et eaux de vannes).
- La composition des eaux d'alimentation en eau potable et, accessoirement, de la constitution des canalisations d'eau, pour les composés chimiques.
- La nature et de la quantité des effluents industriels éventuellement rejetés dans le réseau urbain.

Les eaux usées urbaines contiennent des matières solides, des nombreuses substances, sous forme solide ou dissoute et des micro-organismes. Ces substances peuvent être classées en quatre groupes :

II.3.1. Éléments microbiologiques:

Les eaux usées contiennent tous les microbiologiques 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 : les bactéries, les virus, les protozoaires et les helminthes.

II.3.1.1. Les bactéries:

Les bactéries sont des organismes unicellulaires simples et sans noyau, leur taille est comprise entre 0,1 et 10 μm . Elles se multiplient dans les eaux usées et les boues résiduelles. L'exposition à celles-ci provient surtout de l'inhalation des aérosols qu'elles utilisent comme vecteurs leur transport ou encore, de la contamination du système gastro-intestinal par le contact des mains à la bouche (*Djeddi, 2007*).

II.3.1.2. Les virus:

Ce sont des organismes infectieux de très petite taille (10 à 350 nm) qui se reproduisent en infectant un organisme hôte. Certains virus se multiplient dans le système digestif humain ou animal et sont excrétés dans les matières fécales lors d'une infection. Ils ne se reproduisent pas une fois à l'extérieur du corps. On peut retrouver plus de 150 types de virus dans les eaux usées. L'hépatite A est une maladie causée par un virus.

II.3.1.3. 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.

Parmi les protozoaires les plus importants du point de vue sanitaire, **Giardia lamblia**. Au cours de leur cycle vital, les protozoaires passent par une forme de résistance, les kystes qui peuvent être véhiculés par les eaux résiduelles (*Faby, 1997*).

II.3.1.4. Les helminthes:

Les helminthes sont des vers multicellulaires. Tout comme les protozoaires, ce sont majoritairement des organismes parasites.

Une grande variété de ces vers parasites et leurs œufs peuvent se retrouver dans les eaux usées et dans les boues sanitaires. Ils peuvent être la cause de vers intestinaux chez les humains exposés (*Djeddi, 2007*).

II.3.2. Matières en suspension MES:

Les matières en suspension sont en majeure partie de nature biodégradable. La plus grande part des micro-organismes pathogènes contenus dans les eaux usées est transportée par les MES. Les particules en suspension, plus lourdes que l'eau, sont éliminées par décantation, c'est une étape simple dans la réduction de la charge organique des eaux usées et de la teneur en germes pathogènes. Toutefois, un traitement beaucoup plus poussé est généralement requis pour faire face aux risques sanitaires (*Faby, 1999*).



II.3.3. Substances nutritifs:

Parmi ces éléments présents dans l'eau, deux sont très importants parce qu'ils sont indispensables à la synthèse des micro-organismes dans le milieu aquatique. Il s'agit de l'azote N et du phosphore P assimilés généralement par les plantes sous forme de nitrates NO_3^- et de phosphates PO_4^{3-} (Faby, 1999).

II.3.3.1. L'azote (N):

L'azote se trouve dans l'eau usée sous forme organique ou ammoniacale dissoute. Il est souvent oxydé pour éviter une consommation d'oxygène (O_2) dans la nature et un risque de toxicité par l'ammoniaque gazeux dissous (NH_3), en équilibre avec l'ion ammoniac (NH_4) (Martin, 1979).

La nitrification est une transformation chimique de l'azote organique par l'intermédiaire de bactéries et passe par les étapes :

- N organique à NH_4^+ : ammonification
- NH_4^+ à NO_2^- : nitratisation par Nitrosomonas
- NO_2^- à NO_3^- : nitratisation par Nitrobacter (Chellé et al, 2005).

II.3.3.2. Le phosphore (P):

La concentration en phosphore dans les effluents secondaires varie de 6 à 15 mg/l. Cette quantité est en général trop faible pour modifier le rendement (FAO, 2003).

Mais s'il y a excès, il est pour l'essentiel retenu dans le sol par des réactions d'adsorption et de précipitation; cette rétention est d'autant plus effective que le sol contient des oxydes de fer, d'aluminium ou du calcium en quantités importantes (Asano, 1998).

II.3.3.3. Le potassium (K^+):

Le potassium est présent dans les effluents secondaires à hauteur de 10 à 30 mg/l (12 à 36 mg/l de K_2O) et permet donc de répondre partiellement aux besoins (Faby, 1999).

Il faut noter cependant que, s'il existe, un excès de fertilisation potassique conduit à une fixation éventuelle du potassium à un état très difficilement échangeable, à une augmentation des pertes par drainage en sols légers, à une consommation de luxe pour les récoltes (FAO, 2002).

II.3.3.4. Chlore et sodium:

Les chlorures et le sodium peuvent également poser problème, notamment en bord de mer, quand les réseaux d'égout drainent des eaux phréatiques saumâtres (Faby, 1997).



Leur origine est :

- Humaine (10 à 15g/l Na Cl dans les urines/j).
- Naturelle (mer : 27g/l Na Cl, et terrains salés).
- Industrielle (potasse, industrie pétrolière, galvanoplastie, agroalimentaire) (*Faby, 1997*).

II.3.4. Les micropolluants organiques et non organiques:

Les micropolluants sont des éléments présents en quantité infinitésimale dans les eaux usées. Certains micropolluants, comme les métaux lourds ou les pesticides, peuvent s'accumuler dans les tissus des êtres vivants, et notamment dans les plantes cultivées (*Djeddi, 2007*).

II.3.4.1. Eléments traces:

Les métaux lourds que l'on trouve dans les eaux usées urbaines sont extrêmement nombreux ; les plus abondants sont le fer, le zinc, le cuivre et le plomb. Les autres métaux (manganèse, aluminium, chrome, arsenic, sélénium, mercure, cadmium, molybdène, nickel, etc.) sont présent à l'état de traces.

Leur origine est multiple : ils proviennent «des produits consommés au sens large par la population, de la corrosion des matériaux des réseaux de distribution d'eau et d'assainissement, des eaux pluviales dans le cas de réseaux unitaire, des activités de service (santé, automobile) et éventuellement de rejets industriels» (*Cauchi, 1996*).

II.3.4.2. Les micropolluants organiques:

Les micropolluants d'origine organique sont extrêmement nombreux et variés, ce qui rend difficile l'appréciation de leur dangerosité. Ils proviennent de l'utilisation domestique de détergents, pesticides, solvants, et également des eaux pluviales : eaux de ruissellement sur les terres agricoles, sur le réseau routier, etc. (*Djeddi, 2007*).

II.4. La pollution : risque et réglementation:

Le rejet direct des eaux usées domestiques dans le milieu naturel perturbe l'équilibre aquatique en transformant les rivières en égouts à ciel ouvert. Pour lutter contre cette pollution et éviter les maladies d'origine hydrique, plusieurs normes de réglementation ont été établies au niveau national et international.

II.4.1. La pollution par les eaux usées:

II.4.1.1. Définition:

On appelle pollution de l'eau, toute modification chimique, physique ou biologique de la qualité de l'eau qui a un effet nocif sur les êtres vivants qui la consomment. Quand les êtres humains consomment de l'eau polluée ou l'utilisent (en irrigation par exemple), il y a en général des conséquences sérieuses pour leur santé (*Haouti, 2005*).



II.4.1.2. Origine et type de la pollution par les eaux usées:**A- Origine de pollution:**

La pollution de l'eau peut être d'origine naturelle, ou provenir d'activités humaines. Suivant l'origine des substances polluantes on distingue : la pollution d'origine domestique, industrielle, agricole et pluviale.

B- Types de la pollution:

Il plusieurs types de pollution parmi lesquelles on distingue:

❖ La pollution chimique:

Due à la présence de substances chimique dissoutes dans l'eau. Cette pollution est due essentiellement au déversement de polluants organiques et des sels de métaux lourd qui sont les plus menaçants rejetés souvent par les unités industrielles.

❖ La pollution organique:

Cette forme de pollution peut considérer comme résultats de diverses activités (urbaines, industriels, artisanales et rurales). On distingue, pour les eaux usées urbaines, les matières organique banale "protides, glucides, lipides", les détergents, les huiles et goudron.

❖ La pollution microbienne:

Les eaux d'égout contiennent une multitude d'organismes vivants apportés par les excréments d'origine humaine ou animale. L'eau peut contenir des micro-organismes pathogènes (virus, bactéries, parasites). Ils sont dangereux pour la santé humaine, et limitent donc les usages que l'on peut faire de l'eau.

❖ La pollution thermique:

Les eaux rejetées par les usines utilisant un circuit de refroidissement de certaines installations (centrales thermiques, nucléaires, raffineries, aciéries..); ont une température de l'ordre de (70 à 80°C.) Elle diminue jusqu'à (40 à 45°C) lorsqu'elle contacte les eaux des milieux aquatiques entraînant un réchauffement de l'eau, qui influe sur la solubilité de l'oxygène.

❖ La pollution par hydrocarbures:

La pollution par les hydrocarbures résulte de plusieurs activités liées à l'extraction du pétrole, à son transport et en aval à l'utilisation de produits finis (carburants et lubrifiants), ainsi qu'aux rejets effectués par les navires (marées noires) (Boumediene, 2013).



II.4.1.3. Les différents paramètres de la pollution:

La première manifestation de la pollution par les eaux usées est due aux matières organiques, qui provoquent un prélèvement important de l'oxygène dissous par les micro-organismes qui prolifèrent dans les milieux pollués.

A- Les paramètres physiques:

❖ La température:

La température est un paramètre important pour le bon fonctionnement des systèmes d'épuration dans la mesure où il peut influencer de différentes manières sur la solubilité des sels et des gaz. Il est établi que la solubilité d'un gaz diminue avec l'augmentation de la température. Ce phénomène est particulièrement important dans le cas de l'oxygène dissous. Aussi, plus l'eau est chaude, plus la concentration de saturation de l'oxygène devra diminuer, ce qui conduit à la diminution de la réserve d'oxygène mis à la disposition des micro-organismes intervenants dans les processus d'auto-épuration, la multiplication des micro-organismes.

❖ La conductivité:

La conductivité donne une idée sur la salinité de l'eau. Des variations de cette dernière peuvent influencer le traitement biologique et la décantation, elle s'exprime en ms/cm. (Haouati, 2005).

❖ Salinité:

La salinité désigne la quantité de sels dissous dans un liquide, notamment l'eau qui est un puissant solvant pour de nombreux minéraux. Il ne faut pas confondre la salinité avec la dureté de l'eau qui est relative à son dosage en calcium et magnésium. Ces derniers officiellement mesurée à partir de la conductivité électrique. La salinité n'est plus présentée comme un rapport de masse (Faby, 1997).

❖ Les Matières en suspension (MES):

Elles représentent la partie solide de la pollution, les matières en suspension est la pollution non dissoute, la plus facile à éliminer.

❖ Les matières volatiles sèches (MVS):

Elles représentent la fraction organique des matières en suspension, elles constituent environ 70-80 % des matières en suspension.



❖ La couleur et l'odeur:

Dans les eaux usées brutes la couleur est due à la présence de matières organiques dissoutes ou colloïdes et par des composés chimiques solubles qui sont colorés. L'odeur est due à une fermentation des matières organiques.

❖ La turbidité:

La turbidité tient compte de la présence plus ou moins importante des matières en suspension d'origine minérale ou organique.

B- Les paramètres chimiques:**❖ Le pH (potentiel hydrogène):**

Le pH joue un rôle capital dans le traitement biologique, il exprime le degré d'acidité ou d'alcalinité des eaux usées. Ce paramètre joue un rôle primordial :

- Dans les propriétés physico-chimiques (acidité, agressivité) ;
- Dans les processus biologiques, dont certains exigent des limites de pH très étroites se situant entre 6,5 et 8,5.

❖ Demande biologique en oxygène en 5 jours (DBO₅):

C'est la quantité d'oxygène consommée en 5 jours par les micro-organismes. La valeur obtenue, représente environ 80% de la pollution biodégradable total.

❖ Demande chimique en oxygène (DCO):

Elle traduit la quantité d'oxygène nécessaire pour oxyder chimiquement les matières organiques contenues dans l'effluent, elle s'exprime en mg/l.

❖ Relation entre DCO et DBO₅:

Le rapport DCO / DBO₅ donne une estimation de la biodégradabilité des eaux usées. La notion de la biodégradabilité représente la capacité d'une substance ou son aptitude à être décomposée par les micro-organismes (bactéries, champignons...), selon le rapport, on a :

- Si $DCO / DBO_5 < \text{ou} = 2$: Le traitement se fait biologiquement.
- Si $2 < DCO / DBO_5 < 3$: Traitement biologique avec adaptation de souches.
- Si $DCO / DBO_5 > 3$: Traitement physico-chimique. L'eau est pratiquement non traitable par voie biologique.

C-Eléments toxiques:

La présence des métaux lourds (plomb, mercure,) et des substances toxiques (phénols) dans l'eau usée peut la rendre toxique, ils sont évalués par les tests biologiques.



D- Les nutriments (Azote, phosphore):

Le phosphore est présent dans les eaux usées sous forme de sels minéraux (ortho et poly phosphates) provenant surtout des poudres à lessives, et sous forme organique provenant des matières fécales (*Haouati, 2005*).

II.4.2. Risques de la pollution par les eaux usées:

La pollution de l'eau est une altération qui rend son utilisation dangereuse et perturbe l'écosystème aquatique et l'environnement. Elle peut concerner les eaux superficielles ou souterraines, aussi il est risqué sur la santé publique.

II.4.2.1. Risque sur l'environnement:

- ✓ Diminution de la teneur en oxygène dissous.
- ✓ Présence de produits toxiques.
- ✓ Prolifération d'algues.
- ✓ Modification physique du milieu récepteur.
- ✓ Présence de bactéries ou virus dangereux (*Yahiaoui, 2015*).

A- Effets sur le sol:

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

- La salinisation,
- L'alcalinité et la réduction de la perméabilité du sol,
- L'accumulation d'éléments potentiellement toxiques,
- L'accumulation de nutriments (*FAO, 2003*).

B- Effets sur les eaux souterraines:

Dans certaines conditions, les effets sur les eaux souterraines sont plus importants que les effets sur le sol. La pollution des eaux souterraines avec des constituants de l'eau usée est possible par l'infiltration des ces dernières. (*FAO, 2003*)

C- Effet sur les eaux superficielles:

Les rejets directs des eaux non épurées posent des problèmes d'eutrophisation des cours d'eau, de qualité de l'eau destinée à la production d'eau potable et de contamination microbiologique des zones de conchyliculture (*Baumont et al 2004*).



II.4.2.2. Risque sur la santé humaine:

Les eaux usées peuvent contenir des pesticides, des micro-organismes pathogènes (virus, bactéries, parasites), et des éléments toxiques. Ils sont dangereux pour la santé humaine.

L'organisation mondiale de la santé (OMS) considère que 80% des maladies qui affectent la population mondiale sont directement véhiculées par l'eau : des dizaines, voire des centaines de millions de personnes sont atteintes en permanence de gastro-entérites, 160 millions de paludisme et 30 millions d'onchocercose. Malgré les apparences, la transmission des maladies par une eau polluée n'est pas l'apanage des pays en voie de développement, et l'élaboration des normes sur les eaux de consommation vise à fournir aux consommateurs une eau qui ne constitue par un risque pour la santé (OMS, 2005).

II.4.3. La Règlementation:

La réglementation exige des niveaux de qualité pour les eaux usées épurées, déterminés par les taux de concentration des divers composants de ces eaux.

II.4.3.1. Les normes de L'OMS:

L'Organisation Mondiale de la Santé (OMS) est considérée comme la plus haute autorité dans le domaine de la santé et donne des recommandations au niveau mondial en 1989. Elle propose des normes sanitaires depuis des décennies et elle est en passe de les modifier pour les rendre plus sévères et diminuer les risques sanitaires. Pourtant, ces normes sont aujourd'hui extrêmement loin d'être appliquées en monde.

Les normes concernent uniquement les quantités de micro-organismes. Les protozoaires ne sont pas inclus directement car il est considéré qu'ils sont éliminés en même proportion que les helminthes. Les virus ne sont pas considérés non plus, leur présence étant difficile à détecter lors des contrôles de routine. Ces normes sont destinées à une utilisation internationale, et sont donc adaptées aux pays en voie de développement (voir tableau annexe II.1) (Rotbardt, 2011).

II.4.3.2. Les normes Européenne:

La directive européenne du 19 mars 1991, relative au traitement des eaux résiduaires, impose la collecte et le traitement de la globalité des eaux urbaines résiduaires dans des délais qui s'échelonnent entre fin 1998 et fin 2005.

- Le traitement correspond à un traitement biologique :

DBO₅: 25 mg/L ou 70 à 90 % de réduction

DCO : 125 mg/L ou 75 % de réduction

MES : 35 mg/L ou 90 % de réduction



Les niveaux de rejet ou les pourcentages de réduction sont à respecter 95 % du temps. La transcription de cette directive européenne en droit français a été prise en compte dans les arrêtés du 22 décembre 1994 et du 12 mai 1995 (voir tableau annexe II.2) (*Gaïd, 2007*).

II.4.3.3. Les normes Algérienne:

La réglementation algérienne est assez succincte concernant des eaux usées épurées. Les caractéristiques techniques des systèmes d'épuration des eaux usées sont fixées par voie réglementaire en prenant en compte notamment les critères relatifs aux agglomérations, aux possibilité d'utilisation des eaux épurées, aux risques de contamination et de pollution.

L'eau est le fluide vital de la vie sur terre et constitue un aliment fondamentale, assez rare dans notre pays, qu'il faut protéger contre toute forme de pollution. La préservation de ce facteur exige un contrôle continu pour le comparer avec les normes nationales (voir tableau annexe II.3) (*Djeddi, 2007*).

II.5. Conclusion:

Les eaux usées urbaines peuvent être rejetés directement dans le milieu naturel aboutissant à des stations d'épuration dont ils ne doivent pas perturber le fonctionnement. Pour cela on est appelé à préciser des normes de rejet pour protégé l'environnement contre impacts négative. Les normes doivent tenir compte des sensibilités des méthodes de dosage et des possibilités techniques de traitement. La connaissance de la composition des eaux résiduares et leur paramètre essentiel pour assurer la pertinence du choix et du dimensionnement des filières de traitement appropriées. Bien que les gammes de concentrations des paramètres typiques des eaux usées soient globalement connues.



Chapitre III

Procédés d'épuration des eaux usées

III.1. Introduction:

Les eaux usées sont chargées des matières minérales ou organiques, pouvant être en solution ou en suspension, et dont certaines sont toxiques, alors pour éviter toute pollution on doit les épurer avant leur évacuation.

L'épuration des eaux usées a pour objectif de rejeter dans le milieu naturel des eaux d'une qualité suffisante pour protéger le moins possible le milieu récepteur. Les procédés d'épuration des eaux usées sont nombreux et très différents l'un par rapport à l'autre, ce chapitre vise essentiellement à définir les divers procédés d'épuration des eaux usées. Le principe de fonctionnement, les avantages et les inconvénients de chaque procédé sont également illustrés.

III.2. Critères de choix du procédé d'épuration:

Selon la nature et l'importance de la pollution, différents procédés peuvent être mis en œuvre pour l'épuration des eaux résiduaires en fonction des caractéristiques de celles-ci et du degré d'épuration souhaité. Le choix d'un procédé par rapport à un autre repose sur:

- Le degré de pollution et nature des eaux à traiter (DCO, DBO₅, MES....)
- La facilité d'exploitation, de gestion et d'entretien.
- La disponibilité du terrain et du site récepteur, la nature du sol, les facteurs climatologiques....
- Le coût d'investissement, et d'exploitation
- Qualification du personnel d'exploitation.
- Le rapport DCO/ DBO₅ est une indication très importante pour le choix du procédé de traitement à effectuer.

Le rapport DCO/ DBO₅ donne une estimation de la biodégradabilité des matières présentes dans l'eau usée, (la biodégradabilité est la capacité d'une substance, ou son aptitude à être décomposée par les bactéries).

III.3. Etapes d'épuration des eaux usées:

Les eaux usées peuvent être traitées par divers procédés qui reposent sur des processus physiques, chimiques et biologiques. D'une façon générale, une station d'épuration des eaux usées comprend les étapes suivantes:

- Prétraitements;
- Traitements primaires;
- Traitements secondaires;
- Traitements tertiaires ou de finition.



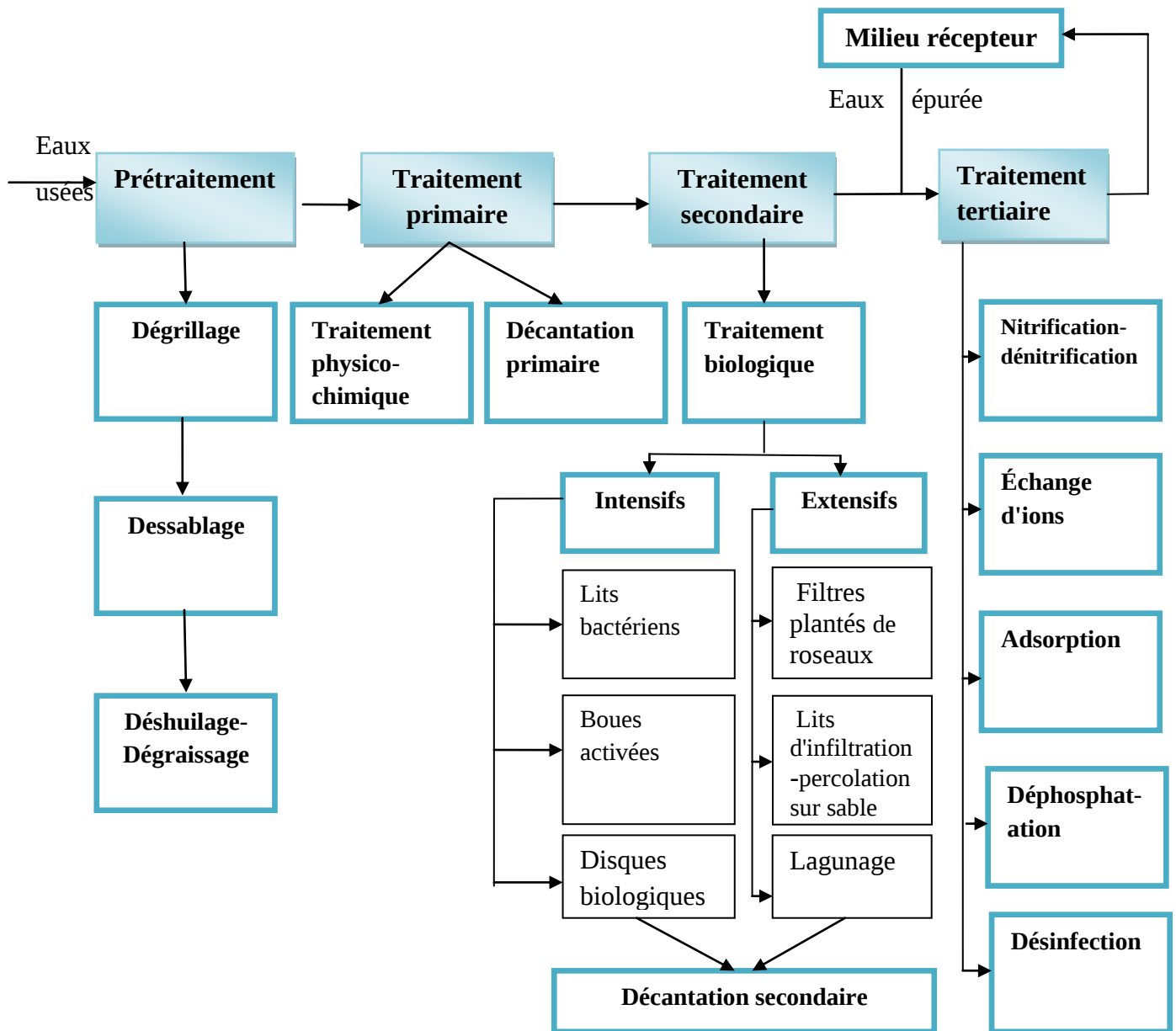


Figure III.1: Schéma d'une chaîne de traitement des eaux usées.

III.3.1. Prétraitement:

Tout traitement de dépollution doit comporter ce qu'il est convenu d'appeler un « prétraitement » qui consiste en un certain nombre d'opérations mécaniques ou physiques destinées à extraire le maximum d'éléments dont la nature et la dimension constitueraient une gêne ultérieurement. Ces opérations sont : le dégrillage, le dessablage, et le déshuilage-dégraissage.

III.3.1.1. Dégrillage:

Le dégrillage consiste à débarrasser l'effluent des matières les plus volumineuses, et amener des risques de bouchage dans les différentes unités de l'installation. L'eau brute passe à travers d'une grille composée de barreaux placés verticalement ou inclinés à un angle sur l'horizontale. La vitesse moyenne de passage entre les barreaux est comprise entre 0,6 et 1 m/s (*Gaïd, 2007*). Selon l'espacement entre les barreaux de la grille on distingue :

- ✚ **Un pré dégrillage:** l'espacement des barreaux varie de 30 à 100mm.
- ✚ **Un dégrillage moyen:** l'espacement des barreaux varie de 10 à 25mm.
- ✚ **Un dégrillage fin:** l'espacement des barreaux varie de 3 à 10mm.

Il existe différents types de grilles selon la conception des fabricants, la nature de l'effluent à traiter et le mode de nettoyage des grilles. On cite :

a)-Grilles manuelles:

Grilles manuelles composées par de barreaux droits en acier. Elles peuvent être verticales mais le plus souvent inclinées de 60 à 80° sur l'horizontale. Dans les petites stations d'épuration rurales, les grilles sont quelquefois remplacées par des paniers perforés relevables, lorsque les collecteurs d'arrivée sont très enterrés (*Laurent, 1994*). Elles sont réservées à la petite station.



Figure III.2: Grille manuelle.

b)-Grilles mécaniques:

Cette mécanisation est indispensable afin d'éviter un colmatage rapide des canalisations. Elles se classent en deux catégories :

- ✚ **Grille droite:** elle est inclinée à 80° sur l'horizontale, et qui sont conçues avec différents dispositifs de nettoyage tels que : râteau alternatif à commande par crémaillère pour hauteur moyenne de relèvement des débris, râteau ou 5 grappin alternatif, à commande par câbles. Permettant d'obtenir une grande hauteur de relèvement des débris, brosses montées sur chaînes sans fin. pour dégrillage fin (*Laurent, 1994*). (Voir annexe III.1)

✚ **Grille courbes:** Ce type de grille est très bien adapté aux stations de petite ou moyenne importance. Ces grilles très robustes sont installées sur des collecteurs peu enterrés, prévues pour des profondeurs d'installation inférieures à 2 m par rapport au sol, leur largeur peut atteindre jusqu'à 3 m (*Laurent, 1994*). (Voir annexe III.2)

III.3.1.2. Dessablage:

Le dessablage c'est un procédé consiste à l'élimination des sable présents dans l'effluent brute est indispensable pour protéger les conduites et les pompes contre l'érosion et le colmatage.

Le dessablage s'effectue sur des particules de dimensions supérieures à 200 mm, la vitesse de sédimentation se calcule par la loi de Stokes (chute libre). La section du dessableur calculée de manière que la vitesse de l'eau ne descende pas au-dessous de 0,30 à 0,20 m/s, et éviter ainsi que les matières organiques se déposent en même temps que les sables (*Gaïd, 2007*).

Les types des dessableurs à prévoir pour obtenir une vitesse d'écoulement de 0,30 m/s sont :

- ✚ **Les dessableurs couloirs**, dont la vitesse d'écoulement est variable ou constante.
- ✚ **Les dessableurs circulaires**, à alimentation tangentielle ou à brassage mécanique ou à insufflation d'air.
- ✚ **Les dessableurs rectangulaires** à insufflation d'air. L'insufflation de l'air provoque une rotation de liquide et crée une vitesse constante de balayage du fond, perpendiculaire à la vitesse du transit (*Gaïd, 2007*).

Le sable est extrait soit mécaniquement par raclage vers un poste de réception, puis repris par pompage, soit directement par pompe suceuse montée sur pont roulant.

III.3.1.3. Déshuilage- dégraissage:

Les graisses et les huiles étant des produits de densité légèrement inférieure à l'eau issues non seulement des habitations, mais aussi des restaurants, des garages, des chaussées, des usines,...etc.

Le déshuilage-dégraissage se rapporte à l'extraction de toutes les matières flottantes d'une densité inférieure à celle de l'eau. Ces matières s'estiment par la mesure des «matières extractibles par solvants». La teneur des eaux usées en matières extractibles est de l'ordre de 30 à 75 mg/L. Le temps de séjour dans cet ouvrage est de 5 à 12 min. Le débit d'air insufflé est de l'ordre de 0,2 m³/h (*Gaïd, 2007*).

Il existe différents dispositifs de déshuilage-dégraissage conçus suivant la nature de l'eau à traiter parmi lesquels :



✚ **Dégraisseur-déshuileur aéré:** Ce type d'ouvrage comprend une zone aérée (avec insufflation par le bas) suivi d'un compartiment de sédimentation latéral calculé pour une vitesse ascensionnelle de 15 à 20m/h (*Boumediene, 2013*).

✚ **Déshuileur longitudinal:** C'est un bassin de forme rectangulaire équipé de racleur de surface de fond. L'ouvrage est calculé pour :

- une vitesse d'écoulement horizontal de 20 à 50 m/h;
- une longueur de 2 à 6 m;
- une hauteur d'eau de 1 à 3 m (*Boumediene, 2013*).

Le plus souvent, les fonctions de dessablage et de déshuilage sont combinées dans un même ouvrage qui met en œuvre les principes de fonctionnement cités précédemment.

III.3.2. Traitement primaire:

III.3.2.1. Décantation primaire:

La décantation primaire a pour objet de parfaire la qualité des prétraitements notamment par la capture des matières en suspension 'MES' naturellement décantables et par élimination poussée des flottants (huile et graisse) (*Aouabed, 2009*).

Elle consiste en une séparation des éléments liquides et des éléments solides sous l'effet de la pesanteur, les matières solides se déposent dans le fond d'un ouvrage appelé **décanteur** pour former les boues primaire.

En moyenne elle élimine jusqu'à 80% de MES et 30% à 40% de la DBO₅. La décantation primaire s'impose généralement pour les stations d'épuration des grandes agglomérations (*Aouabed, 2009*).

Pour avoir une bonne qualité d'eau décantée, une sédimentation efficace et un épaissement correct des boues, différentes zones horizontales de l'ouvrage sont déterminées : la zone d'eau claire est comprise entre 0,5 et 1 m de haut, la zone de sédimentation entre 1,5 et 2,5 m et enfin la zone d'épaissement entre 0,5 et 1,5 m (*Gaïd, 2007*). Il y a plusieurs types de décantation parmi lesquels on distingue :

✚ **Décantation classique:**

Le paramètre de dimensionnement pour les ouvrages de décantation classique est essentiellement la vitesse ascensionnelle V (m/s). Il existe de nombreux types de décanteurs classiques, selon le sens d'écoulement des eaux et, d'après les dispositions adoptées pour l'évacuation des boues on trouve (*Gaïd, 2007*):

- décanteur horizontal avec raclage des boues ;
- décanteur cylindro-conique ordinaire ;



- décanteur circulaire avec raclage des boues.

✚ Décantation lamellaire:

De conception plus moderne, le principe de la décantation lamellaire consiste à utiliser des plaques proches les unes des autres pour accroître la surface de décantation disponible par volume d'ouvrage. Afin d'assurer l'évacuation des boues, les plaques sont inclinées d'un angle par rapport à l'horizontale (Gaïd, 2007).

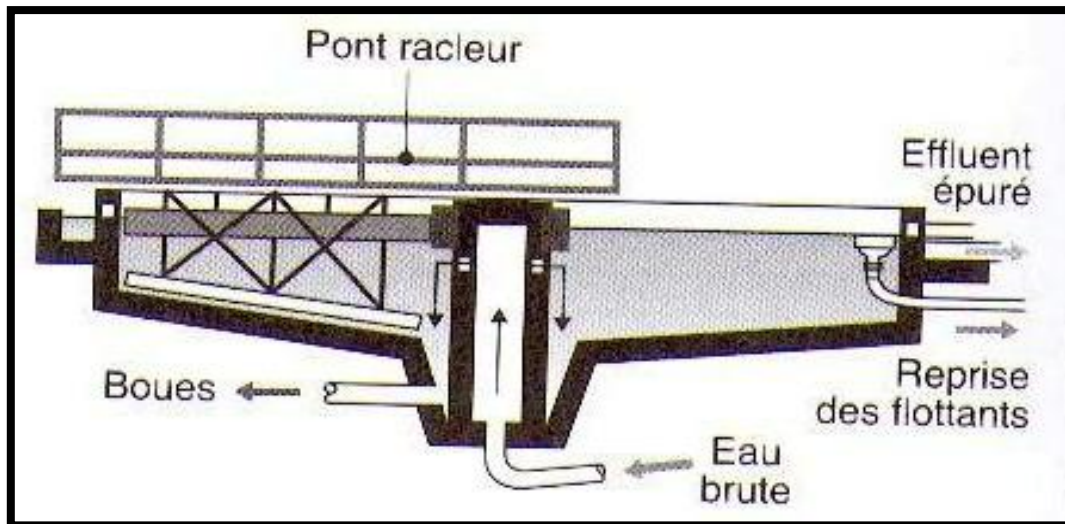


Figure III.3 : Schéma d'un décanteur primaire (LAURENT, 1994).

III.3.2.2. Traitement physico-chimique:

Dans certains cas, afin d'améliorer le rendement de la sédimentation, un traitement physico-chimique est également réalisé.

Le traitement physico-chimique a pour objectif d'éliminer en plus des matières en suspension une fraction importante de la pollution colloïdale. Ils mettent en œuvre une coagulation-floculation par adjonction de réactifs minéraux et organiques suivie d'une décantation ou une flottation permettant d'éliminer une fraction importante des matières en suspension et colloïdales. Ces procédés assurent un rendement épuratoire variant de 50 à 70 % de la DBO5 et 80 à 90 % des MES (D'ornano et Mehaignerie, 1979).

Ce traitement consiste à enlever leur stabilité aux matières colloïdales présentes dans l'eau en provoquant la neutralisation de leurs charges électriques superficielles et l'agglomération de ces particules pour former un flocon volumineux décantable appelé **floc** (Gaïd, 2007).

Le traitement se déroule en 4 phases sont:

- 1- La coagulation qui consiste en un ajout de coagulant (chlorure ferrique, sulfate ferreux, ...) annulant les forces de répulsion entre les matières colloïdales, c'est la déstabilisation des particules colloïdales ;
- 2- La floculation qui consiste en un ajout de polymère qui permet agglomération les particules déstabilisées ;
- 3- La neutralisation, qui consiste à optimiser le pH des réactions précédentes par ajout d'une base ou d'un acide ;
- 4- La décantation qui permet la séparation des phases solide/liquide.

Une coagulation-floculation, suivie d'une décantation appliquée sur une eau domestique, permet d'éliminer jusqu'à plus de 90 % des matières en suspension et de 40 à 65 % de la DBO₅ (Gaïd, 2007). Ce traitement est indispensable dans l'épuration des eaux résiduaires industrielles.

Le tableau III.1 qui suit donne les principaux avantages et inconvénients de traitement physico-chimique.

Tableau III.1: Avantages et inconvénients du traitement physico-chimique.

Avantages	Inconvénients
- Bonne élimination des MES et du Phosphore - Adapté aux variations de charges (zone touristique, industriels) - Insensible au non biodégradabilité des effluents	- Coûts d'exploitation élevés (réactifs) - Elimination incomplète de la pollution organique et de l'azote - Plus grande quantité de boues produites

III.3.3. Traitement secondaire:

III.3.3.1. Traitement biologique:

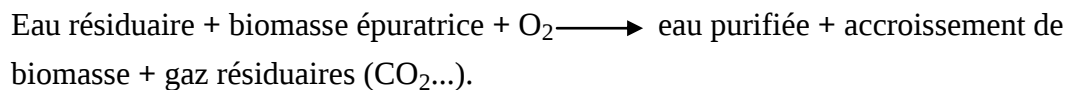
L'épuration biologique a pour but d'éliminer les matières polluantes biodégradables (essentiellement les matières organiques) contenue dans l'eau usée en la transformant en matières en suspension : micro-organismes et leurs déchets, plus facilement récupérables.

La dégradation peut se réaliser par voie aérobie (en présence d'O₂) ou anaérobie (en l'absence d'O₂). Dans ce dernier cas, où les réactions s'effectuent à l'abri de l'air, le carbone organique, après dégradation se retrouve sous forme de CO₂, méthane et biomasse.



Ce type de traitement appelé « digestion anaérobie » n'est utilisé que pour des effluents très concentrés en pollution carbonée, de type industriel (brasserie, sucrerie, conserverie...). Le traitement biologique classique des eaux domestiques s'effectue par voie aérobie.

Le traitement consiste à dégrader les impuretés grâce à l'action d'une biomasse épuratrice, à laquelle doit être fourni l'oxygène nécessaire à son développement. En simplifiant, on peut décrire ce processus par l'équation :



La biomasse utilisée dans le traitement des eaux usées constitue un écosystème très simplifié, ne faisant appel qu'à des **micro-organismes**. Elle est constituée d'êtres vivants de petite taille, inférieure au millimètre, microflore de bactéries et microfaune d'animaux, protozoaires et métazoaires proches des vers.

Le traitement biologique peut être, soit libre, c'est-à-dire intimement mêlée au milieu aqueux à épurer (boues activées, lagunage), soit fixée ; elle est alors accrochée sur un support solide à la surface duquel percole l'eau à traiter (lits bactériens, disques biologiques) (*Gaïd, 2007*).

Plusieurs procédés existent à ce stade du traitement biologique parmi lesquels, on distingue les procédés biologiques extensifs et les procédés biologiques intensifs.

A. Les procédés biologiques intensifs:

Les techniques les plus développées au niveau des stations d'épuration urbaines sont des procédés biologiques intensifs. Le principe de ces procédés est de localiser sur des surfaces réduites et d'intensifier les phénomènes de transformation et de destruction des matières organiques que l'on peut observer dans le milieu naturel (*Perera et Baudot, 1991*). Parmi ces procédés on distingue :

A.1. Procédé de lit bactérien:

L'utilisation des lits bactériens en traitement des eaux usées est très ancienne, les premiers systèmes étant apparus en Grande-Bretagne il y a plus d'un siècle, le procédé a fait l'objet de nombreuses adaptations technologiques (*Alexandre et al, 1997*).

Principe de fonctionnement:

Le principe de fonctionnement d'un lit bactérien consiste à faire ruisseler les eaux usées, préalablement décantées sur une masse de matériaux poreux ou caverneux qui sert de support aux micro-organismes (bactéries) épurateurs. Une aération est pratiquée soit par tirage naturel soit par ventilation forcée. Il s'agit d'apporter l'oxygène nécessaire au maintien des bactéries aérobies en bon état de fonctionnement. Un lit bactérien se présente comme une colonne



circulaire pouvant atteindre 4 à 5 mètres de hauteur. Les matières polluantes contenues dans l'eau et l'oxygène de l'air diffusent, à contre courant, à travers le film biologique jusqu'aux micro-organismes assimilateurs.

Le film biologique comporte des bactéries aérobies à la surface et des bactéries anaérobies près du fond. (Perera et Baudot, 1991).

Le tableau III.2 qui suit donne les principaux avantages et inconvénients de traitement biologique par lits bactériens.

Tableau III.2: Avantages et inconvénients du traitement biologique par lits bactériens.

Avantages	Inconvénients
- Plus faible sensibilité aux variations de charge et aux toxiques que les boues activées. - Faible consommation d'énergie. - Bonne décantabilité des boues. - L'exploitation d'une station à lits bactériens reste très simple.	- Coûts d'investissement assez élevés. - Source de développement d'insectes et d'odeurs. - Sensibilité au colmatage et au froid. - Boues fermentescibles.

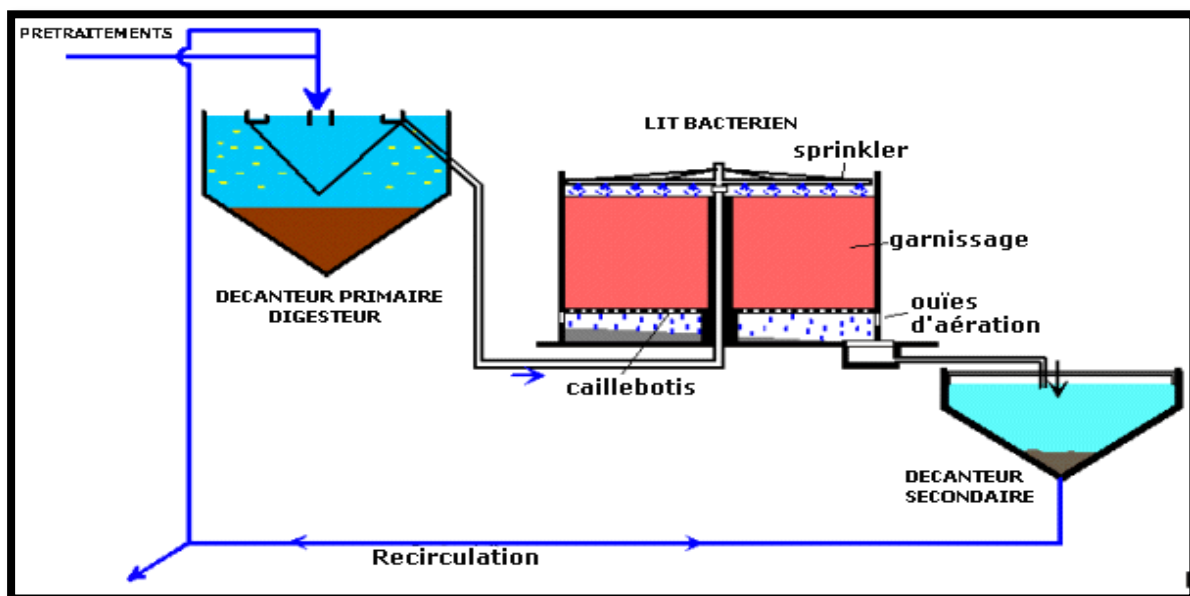


Figure III.4: Schéma du traitement biologique par lit bactérien
(Perera et Baudot, 1991).

A.2. Procédé de boues activées:

Le procédé à boues activées a été découvert en 1914 à Manchester. Les boues activées constituent la référence des traitements biologiques aérobies en cultures libres.

 Principe de fonctionnement:

Le principe des boues activées réside dans une intensification des processus d'auto-épuration que l'on rencontre dans les milieux naturels. Le procédé à boues activées consiste donc à provoquer le développement d'un floc bactérien dans un bassin alimenté en eau usée à traiter (bassin d'activation).

Afin d'éviter la décantation des floccs dans ce bassin, un brassage vigoureux est nécessaire. La prolifération des micro-organismes nécessite aussi une oxygénation suffisante.

Le bassin d'activation peut être précédé d'un décanteur primaire dans le but d'éliminer les matières décantables et suivi d'un clarificateur pour la séparation de l'effluent épuré et des boues, une partie des boues est renvoyée dans l'aérateur pour le réensemencement permanent ou réinjectée en tête de station, l'autre en excès, est éliminée et doit faire l'objet d'un traitement séparé (Boeglin, 1998).

Le tableau III.3 qui suit donne les principaux avantages et inconvénients de traitement biologique par boues activées.

Tableau III.3: Avantages et inconvénients du traitement biologique par boues activées.

Avantages	Inconvénients
-Bonne élimination de l'ensemble des paramètres de pollution (MES, DCO, DBO₅, N par nitrification et dénitrification). - Adapté pour toute taille de collectivité (sauf les très petites). -Adapté pour la protection de milieux récepteurs sensibles -Boues légèrement stabilisées	-Décantabilité des boues pas toujours aisées à maîtriser -Consommation énergétique importante -Nécessité de personnel qualifié et d'une surveillance régulière -Sensibilité aux surcharges hydrauliques

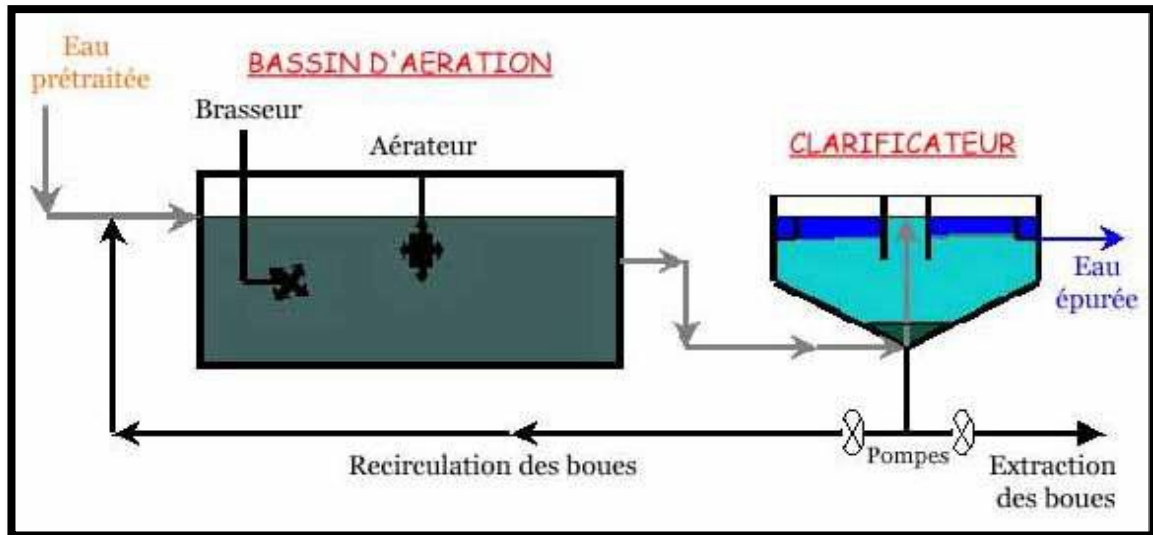


Figure III.5: Schéma du traitement biologique par boues activées.

A.3. Procédé de disques biologiques:

Les disques biologiques ou biodisques sont des disques enfilés parallèlement sur un axe horizontal tournant. Ces disques plongent dans une auge, où circule l'eau à épurer ayant subi une décantation, ils ont un diamètre de 1 à 3 m, sont espacés de 20 mm et tournent à une vitesse de 1 à 2 tr.mn^{-1} (Dhaouadi, 2008). Les disques biologiques c'est un procédé biologique à cultures fixées.

✚ Principe de fonctionnement:

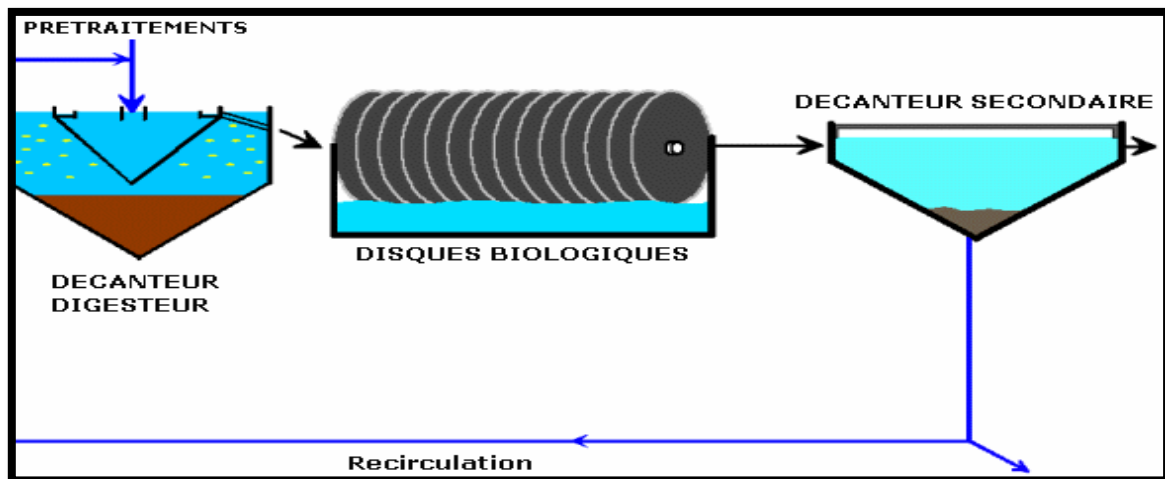
Ce procédé consiste à alimenter en eau, préalablement décantée, un ouvrage dans lequel des disques fixés sur un axe sont mis en rotation à vitesse lente. Sur ces disques biologiques en plastique se développe alors un film bactérien. Lors de leur émergence, ces bactéries prélèvent l'oxygène nécessaire à leur respiration et lors de l'immersion, elles absorbent la pollution dissoute dont elles se nourrissent.

Dès que le film biologique dépasse une épaisseur de quelques millimètres, il se détache et est entraîné vers le décanteur final où il est séparé de l'eau épurée. Les boues ainsi piégées sont renvoyées par pompage périodique vers l'ouvrage de tête pour y être stockées et digérées (Aouabed, 2009)

Le tableau III.4 qui suit donne les principaux avantages et inconvénients de traitement biologique par disques biologiques.

Tableau III.4: Avantages et inconvénients du traitement biologique par disques biologiques.

Avantages	Inconvénients
-Résistance au froid (les disques sont - toujours protégés par des capots ou par un petit bâtiment). -L'exploitation de ce procédé est relativement simple ne nécessitant pas de recyclage. -Généralement adaptés pour les petites collectivités. -Faible consommation d'énergie.	-Très sensibles à la qualité des eaux à traiter. -La sensibilité au gel et aux huiles et graisses. -Coûts d'investissement assez élevés. -Ce procédé pose des problèmes dans la construction.



**Figure III.6: Schéma du traitement biologique par disques biologiques
(Perera et Baudot, 1991).**

B. Les procédés biologiques extensifs:

Les procédés extensifs sont souvent préférés aux traitements conventionnels pour assurer l'épuration des eaux usées des petites et moyennes collectivités. La raison de cette préférence est leur fiabilité, la simplicité de leur gestion et la modestie des coûts de fonctionnement. Parmi ces procédés on distingue :

B.1. Procédé des filtres plantés de roseaux:

Les filtres plantés de roseaux c'est un procédé biologique à cultures fixées sur supports fins (gravier, sable), rapportés et alimentés à l'air libre. Les filtres sont des excavations, étanchées du sol, remplies de couches successives de gravier ou de sable de granulométrie variable selon la qualité des eaux usées à traiter (Perera et Baudot, 1991).

Principe de fonctionnement:

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

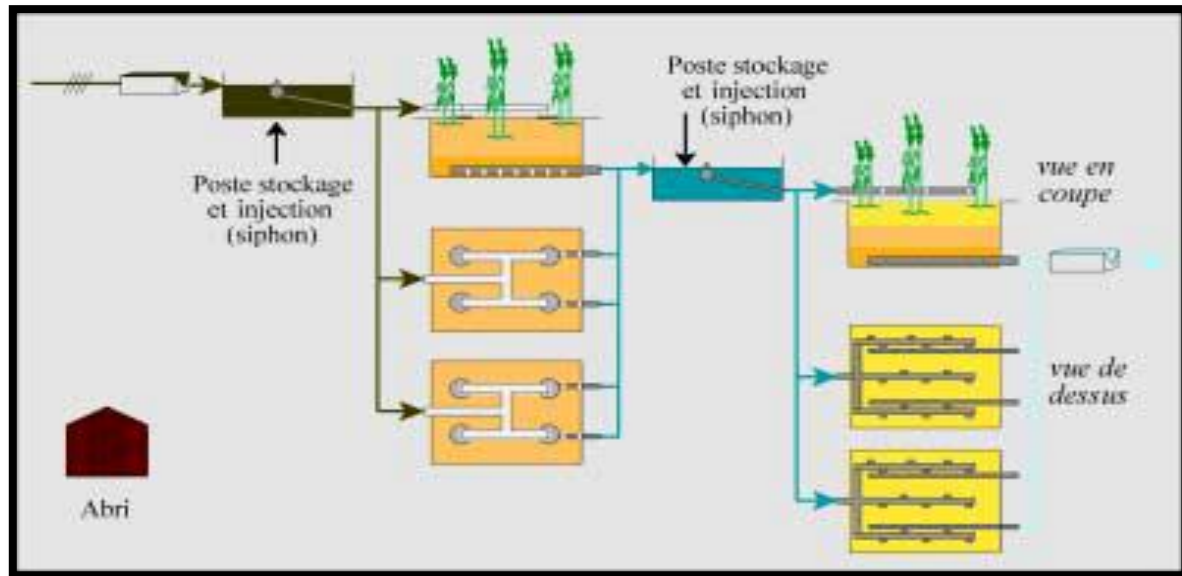
La vitesse d'alimentation en eaux usées brutes doit être supérieure à la vitesse d'infiltration pour bien répartir l'effluent. Théoriquement, plusieurs espèces de plantes peuvent être utilisées, mais les roseaux (de type *Phragmites australis*), par leur résistance aux conditions rencontrées, et la rapide croissance du chevelu de racines et rhizomes, sont les plus souvent utilisés dans les climats tempérés (*Perera et Baudot, 1991*).

La caractéristique principale des "Filtres plantés de roseaux" réside dans le fait que les filtres du **1^{er} étage** de traitement, dont le massif filtrant actif est constitué de graviers fins, peuvent être alimentés directement avec des eaux usées brutes (sans décantation préalable).

Les processus épuratoires sont bien sûr assurés par des micro-organismes fixés, présents dans les massifs filtrants mais aussi dans la couche superficielle de boues retenues sur la plage d'infiltration. Les filtres du **2^{ème} étage**, dont le massif filtrant est majoritairement à base de sable, complètent le traitement de la fraction carbonée de la matière organique, essentiellement dissoute, ainsi que l'oxydation des composés azotés (*Alexandre et al, 1997*). Les principaux avantages et inconvénients de traitement biologique par filtres plantés de roseaux sont cités dans le tableau suivant (tableau III.5):

Tableau III.5: Avantages et inconvénients du traitement biologique par filtres planté de roseaux.

Avantages	Inconvénients
-Facilité et faible coût d'exploitation. -Aucune consommation énergétique si la topographie est suffisante -Possibilité de traiter des eaux usées domestiques brutes. -Gestion réduite au minimum des boues. -Bonne adaptation aux variations saisonnières de population.	-Risque de présence d'insectes ou de rongeurs. -Exploitation régulière, fauchage annuel de la partie aérienne des roseaux -Désherbage manuel avant la prédominance des roseaux. -Nécessité d'un dessaleur en tête sur réseau unitaire.



**Figure III.7: Schéma du traitement biologique par filtres plantés de roseaux
(Alexandre et al, 1997).**

B.2. Procédé des lits d'infiltration-percolation sur sable:

Les lits d'infiltration-percolation sur sable d'eaux usées est un procédé d'épuration par filtration biologique aérobie sur un milieu granulaire fin. L'eau est successivement distribuée sur plusieurs unités d'infiltration. (Perera et Baudot, 1991).

+ Principe de fonctionnement:

L'infiltration-percolation consiste à infiltrer les eaux usées issues de traitements primaires ou secondaires dans des bassins de faible profondeur creusés dans le sol en place ou remplis de massifs sableux rapportés. Les matières en suspension sont arrêtées à la surface du massif filtrant, leur accumulation entraînant un colmatage qui doit être géré en alternant phases d'infiltrant et phases de séchage. L'épuration nécessite une infiltration en milieu poreux non saturé et le renouvellement de la phase gazeuse par l'air atmosphérique qui apporte l'oxygène indispensable à l'oxydation des matières organiques et de l'azote (Faby, 1999).

Les principaux avantages et inconvénients de traitement biologique par les lits d'infiltration-percolation sur sable, sont cités dans le tableau suivant (tableau III.6):

Tableau III.6: Avantages et inconvénients du traitement biologique par les lits d'infiltration-percolation sur sable.

Avantages	Inconvénients
-Procédé simple à gérer en alimentation gravitaire (pas d'éléments électromécaniques). -Rendements importants sur la dégradation de la matière organique : 90 à 95 % sur DCO, DBO₅ et MES. -Capacité de décontamination intéressante -Nitrification importante des composés azotés. -Superficie nécessaire bien moindre que pour un lagunage naturel.	-Nécessité d'un ouvrage de décantation primaire efficace. -Risque de colmatage à gérer. -Nécessité d'avoir à disposition de grandes quantités de sable, ce qui peut engendrer des investissements importants. -Adaptation limitée aux surcharges hydrauliques.

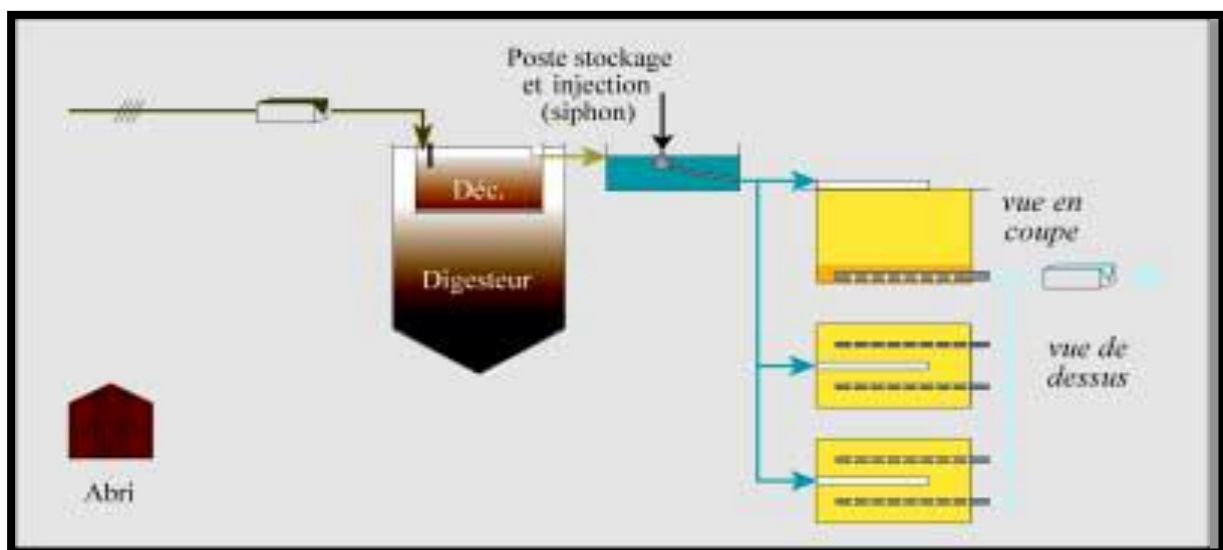


Figure III.8:Schéma du traitement biologique par les lits d'infiltration-percolation sur sable (Alexandre et al, 1997).

B.3. Procédé de lagunage:

Le lagunage est un procédé de traitement biologique, en cultures libres. Les procédés par lagunage sont les méthodes de traitement les plus communes lorsque on dispose de grandes surfaces de terrain, et lorsqu'on ne désire pas assurer en permanence une haute qualité de l'effluent.

 Principe de fonctionnement:

Le lagunage est un procédé d'épuration qui consiste à faire circuler des effluents dans une série de bassins pendant un temps suffisamment long pour réaliser les processus naturels de l'autoépuration. Il est pratiqué dans les régions très ensoleillées, dans des bassins de faible profondeur.

Le principe général consiste à recréer, dans des bassins, des chaînes alimentaires aquatiques. Le rayonnement solaire est la source d'énergie qui permet la production de matières vivantes par les chaînes trophiques.

Les substances nutritives sont apportées par l'effluent alors que les végétaux sont les producteurs du système en matière consommables et en oxygène.

Les bactéries assurent la part prépondérante de l'épuration et la microfaune contribue à l'éclaircissement du milieu par ingestion directe des populations algales et des bactéries (*Dhaouadi, 2008.*) Il y a plusieurs types de lagunage parmi lesquels on distingue :

1. Le lagunage aéré:

Le lagunage aéré est un procédé de traitement biologique principalement aérobie, en cultures libres qui se différencie des boues activées par l'absence de recirculation de la culture bactérienne séparée par décantation avant rejet des eaux traitées. (*Alexandre et al, 1997*).

En fournissant l'oxygène par un moyen mécanique (aérateurs de surface), on réduit les volumes nécessaires et on peut accroître la profondeur de la lagune. La concentration en bactéries est plus importante qu'en lagunage naturel (*Dhaouadi, 2008*).

2. Le lagunage naturel:

Le lagunage naturel est un procédé rustique de traitement des eaux usées domestiques. Les effluents sont dirigés dans des bassins étanches, à l'air libre (*Gaïd, 2007*).

L'épuration par lagunage naturel repose sur la présence équilibrée de bactéries aérobies en cultures libres et d'algues. L'oxygène nécessaire à la respiration bactérienne est produit uniquement grâce aux mécanismes photosynthétiques des végétaux en présence de rayonnements lumineux (*Alexandre et al, 1997*).

Les principaux avantages et inconvénients de traitement biologique par lagunage sont cités dans le tableau suivant (tableau III.7):



Tableau III.7: Avantages et inconvénients du traitement biologique par lagunage.

Avantages	Inconvénients
-Fiabilité et facilité d'exploitation - Bonne adaptation aux à-coups des flux polluants -Investissement modéré si l'on dispose de surfaces en terrains importantes dont la nature, la structure et la topographie sont adaptées -Coût d'exploitation limité et ne nécessite pas la qualification du personnel.	-Nécessité de surfaces importantes en terrains. -Contraintes de sous-sol : terrains imperméables (protection de la nappe). -Risques de prolifération de moustiques et d'odeurs (pour les bassins anaérobies). -Curage périodique indispensable.

III.3.3.2. Décantation secondaire:

A l'issue des traitements, une ultime décantation permet de séparer l'eau épurée et les boues ou résidus secondaires issus de la dégradation des matières organiques. Cette décantation est opérée dans des bassins spéciaux, les clarificateurs. L'eau épurée peut alors être rejetée dans le milieu naturel.

Les boues récupérées en fond d'ouvrage sont pour partie renvoyées vers le bassin d'aération pour y maintenir la concentration voulue en micro-organismes épuratoires et, pour partie, extraites et envoyées sur la ligne de traitement des boues (lits de séchage, silos) (*Boumediene, 2013*).

Le bon fonctionnement de cet ouvrage implique le respect des règles de conception, une gestion rationnelle de la production de boue ainsi que la maîtrise de sa décantabilité.

III.3.4. Traitement tertiaires:

L'expression « traitement tertiaire » peut désigner plusieurs types de traitements ou différentes fonctions en vue d'atteindre un niveau de traitement de qualité supérieure à ce que l'on pourrait normalement attendre d'un traitement secondaire.

Les traitements tertiaires souvent considérés comme facultatif ou complémentaire permettent d'affiner ou d'améliorer le traitement secondaire. De telles opérations sont nécessaires pour assurer une protection complémentaire de l'environnement récepteur ou une réutilisation de l'effluent en agriculture ou en industrie.

Pour satisfaire aux normes de rejet en zones sensibles, des traitements complémentaires ou tertiaires doivent être mis en place. On y distingue généralement les opérations suivantes :



III.3.4.1. Elimination de l'azote et de phosphore:

A. Elimination 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. L'élimination de l'azote est, le plus souvent, des traitements biologiques, de "**nitrification-dénitrification**" ou par **échange d'ions** (traitements physico-chimiques).

A.1. Nitrification-dénitrification:

Nitrification:

La nitrification consiste en la transformation (l'oxydation) de l'ammoniaque en nitrite puis en nitrate, elle est réalisée de façon biologique par les bactéries nitrifiantes. Le temps de rétention des eaux dans le bassin d'aération doit donc être assez long (*Servais, 2006*).

La nitrification s'effectue en deux stades par micro-organismes autotrophes :

- Nitritation : Oxydation de (NH_4^+) en (NO_2^-) par les bactéries des germes Nitrosomonas,
- Nitratation : Oxydation de (NO_2^-) en (NO_3^-) par les bactéries aux germes Nitrobacter.

Dénitrification:

La dénitrification est le processus par lequel les bactéries dénitrifiantes anaérobies convertissent le nitrate en azote gazeux (N_2).

Cette relation est réalisée par le fait que, en absence d'oxygène, ces bactéries sont capables d'utiliser immédiatement l'oxygène des nitrates comme un oxydant. En pratique, cette étape sera réalisée grâce à un bassin tertiaire anaérobie (*Servais, 2006*).

A.2. Les résine échangeuses d'ions:

Cette technique s'applique aux formes minérales de l'azote et du phosphore, et la présence de M.O dans l'eau rend complexe l'utilisation des résines. En effet une partie de ces résines tend à se fixée irréversiblement sur les résines et à diminuer progressivement leur capacité d'adsorption, il importe donc de les éliminer avant le passage de l'effluent sur les résines (*Boumediene, 2013*).

B. Elimination de phosphore:

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

B.1. La déphosphoration biologique:

Repose sur l'accumulation de phosphore à l'intérieur des bactéries, qui, sont évacuées avec les boues en excès. La biomasse est exposée à une alternance de conditions anaérobies et aérobie.



Les bactéries déphosphatantes sont des bactéries aérobies strictes obtenant l'énergie seulement à partir de l'oxygène, ou bien des bactéries aérobies facultatives, tirant l'énergie en priorité de l'oxygène, puis des nitrates en absence d'oxygène. Les mécanismes de la déphosphatation biologique relativement complexe (*Boumediene, 2013*).

B.2. La déphosphoration physico-chimique :

C'est la voie d'élimination du phosphore la plus pratiquée. Il s'agit d'une précipitation des phosphates par des sels de fer ou d'aluminium, ou encore par de la chaux. L'injection des réactifs peut s'opérer de plusieurs manières. Facilement mise en œuvre et ne nécessitant pas de surveillance particulière, la déphosphoration physico-chimique est une technique fiable et les rendements obtenus sont supérieurs à 80 % (*Boumediene, 2013*).

III.3.4.2. Adsorption:

L'adsorption est le processus où des molécules d'une espèce appelée adsorbat (gaz ou liquide) viennent se fixer sur la surface d'un solide, appelé adsorbant.

L'adsorption est largement utilisée pour la dépollution et la purification dans des domaines très variés, par exemple les industries pétrolières, pétrochimiques et chimiques, aux applications environnementales et pharmaceutiques.

Le charbon actif est souvent utilisé comme adsorbant, c'est un matériau obtenu par pyrolyse du bois, noix de coco, charbon, lignine, et en général tout composé organique. L'utilisation de filtres à charbon actif en grains dans les installations de traitement à été mis en œuvre dans le but de retenir, par adsorption, une partie de la pollution organique qui n'a pas pu être éliminée par les premières étapes de traitement.

III.3.4.3. Les procédés de désinfection:

Pour les zones sensibles, il est primordial de rejeter une eau épurée ne contenant pas de concentration élevée en pathogènes. C'est pourquoi un traitement supplémentaire est parfois réalisé : la désinfection. Cette dernière peut s'effectuer par différentes méthodes, notamment par la chloration, les rayons ultraviolets et l'ozonation.

A. La chloration:

Le chlore est un oxydant puissant, leur utilisation est plus ancienne mais elle présente des contraintes de transport et de manutention. Pour agir correctement, le chlore impose d'une part que l'eau soit préalablement bien épurée et, d'autre part, qu'un temps de contact de 30 min soit respecté. Le chlore se combine à l'ammoniac contenu dans l'eau pour former des chloramines qui deviennent alors l'agent désinfectant.



B. L'ozonation:

L'ozone est un procédé de désinfection utilisé aux quelque pays, il est très efficace dans l'élimination des micro-organismes.

L'ozone offre un large spectre d'action. Il est efficace aussi bien contre les virus que contre les bactéries et agit avec un temps de contact de courte durée (10 min). Produit sur site, il nécessite pour son exploitation du personnel qualifié. (*Gaïd, 2007*).

C. Les rayons ultraviolets:

Le traitement par rayons ultraviolets utilise des lampes à mercure disposées parallèlement ou perpendiculairement aux flux d'eau. Leur rayonnement s'attaque directement aux micro-organismes (*Metahri, 2012*).

Le principe d'action des UV repose sur le fait que les rayons ultraviolets sont des ondes électromagnétiques qui correspondent à une gamme de longueur d'onde comprise entre 100 et 400 nm. L'absorption de ces rayons par les micro-organismes provoque une modification de leur ADN qui bloque toute répllication du matériel génétique et engendre leur mort (*Gaïd, 2007*).

✚ A côté de ces procédés, le traitement tertiaire pouvant comporter autres procédés pour élimine et traite les boues final (mise en décharge, valorisation) et les odeurs (La technique le plus souvent appliquée utilise l'absorption gaz liquide).

III.4. Conclusion:

A partir d'une eau usée et grâce aux procédés de l'épuration, il est possible d'obtenir toute une gamme des eaux de qualités différentes. Il y a plusieurs procédés de traitements des eaux usées qui sont très différents au principe de fonctionnement, mais tout fait le même objectif de protéger le milieu récepteur par réduire les concentrations de toutes les charges polluantes, à des niveaux qui sont actuellement considérés comme non dangereux.



Chapitre IV

Lagunage Naturel

IV.1. Introduction:

Le système d'épuration des eaux usées domestiques par lagunage naturel demeure parmi les procédés les plus utilisés dans les pays à climats chauds arides à semi-arides. Le lagunage naturel comme étant la solution technique la plus adaptée au contexte économique et climatique.

La particularité de ce procédé c'est qu'il nécessite un faible coût d'investissement et d'exploitation avec peu d'expertise technique. Par ailleurs, l'utilisation de grandes superficies demeure une contrainte majeure de ce procédé particulièrement dans les zones urbaines où le foncier est coûteux et parfois non disponible.

Le principe de ce chapitre est de donner un aperçu sur l'historique et la définition de lagunage naturel et comment fonctionné, et nous allons donner les principaux facteurs intervenants dans l'épuration par cette procédé, ainsi les différents types de lagune, et puis définir quelques cas de dysfonctionnement et les principales causes de ces cas avec les remèdes possibles. En fin nous allons présenter les avantages et les inconvénients de lagunage naturel.

IV.2. Histoire de 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. Dès 1901, la ville de San Antonio au Texas aménagea un lac artificiel de 275 hectares destiné à l'épuration des eaux usées. Dans les années 1920, le lagunage se développa largement de par le monde, notamment aux États-Unis, au Canada, en Australie, en Suède et en France, où il était déjà utilisé depuis des siècles, mais son optimisation et la mesure scientifique de ses performances ne datent que du début du XXe siècle, avec par exemple les études du professeur Albert Calmette à Lille. En 1960, en Californie, la première lagune à haut rendement fut construite; elle mettait en jeu la culture intensive d'algues.

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

Aujourd'hui, on trouve des bassins d'épuration écologique dans plus de 50 pays du monde et leur nombre augmente tous les jours.



IV.3. Définition de lagunage naturel:

Le lagunage naturel est un procédé de traitement biologique extensif où l'épuration des eaux usées est réalisée dans des bassins à l'air libre et peu profonds, dans les quels les eaux usées s'écoulent naturellement (particulièrement bien adapté aux petites collectivités rurales).

IV.4. Principe de fonctionnement:

Comme dans toute station d'épuration collective, l'eau usée est généralement prétraitée au préalable par un dégrillage (élimination des déchets solides grossiers), un dessablage-déshuilage (décanteur et insufflateur d'air, dimensionnés pour des vitesses ascensionnelles rapides et permettant la décantation du sable et la flottation des graisses). Le prétraitement permet une séparation mécanique simple de certains déchets, il évite ainsi un comblement accéléré des bassins.

L'ensemble de ces phénomènes apparaît dans deux ou trois bassins en série, ce qui autorise l'étagement des phénomènes épuratoires. L'épuration par lagunage est réalisée grâce à un équilibre biologique, auquel participent des bactéries, des zooplanctons, des algues et éventuellement des roseaux.

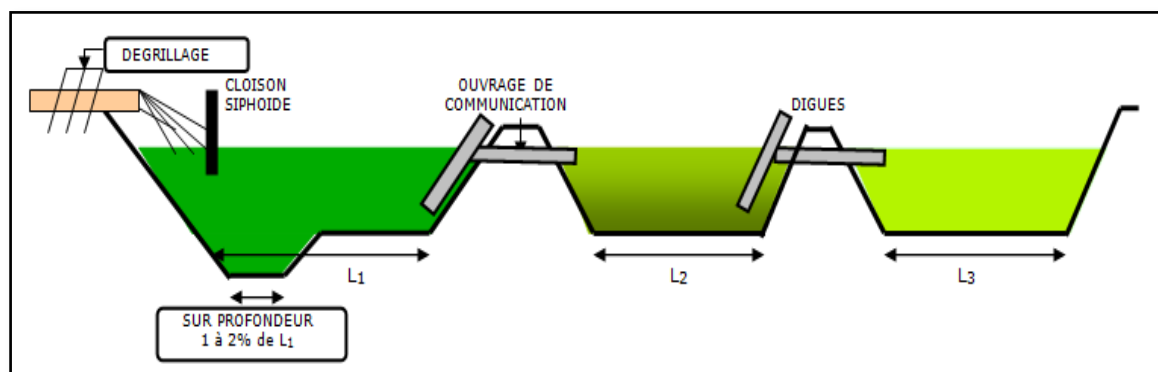


Figure IV.1 : Schéma général de lagunage naturel.

L'épuration par lagunage naturel repose sur la présence équilibrée de bactéries aérobies en cultures libres et d'algues. L'oxygène nécessaire à la respiration bactérienne est produit uniquement grâce aux mécanismes **photosynthétiques** des végétaux en présence de rayonnements lumineux (Alexandre et al, 1997).

La tranche d'eau supérieure des bassins est exposée à la lumière. Ceci permet l'existence d'algues qui produisent l'oxygène nécessaire au développement et maintien des bactéries aérobies. Ces bactéries sont responsables de la dégradation de la matière organique.

Le gaz carbonique formé par les bactéries, ainsi que les sels minéraux contenus dans les eaux usées, permettent aux algues de se multiplier.

Il y a ainsi prolifération de deux populations interdépendantes : les bactéries et les algues planctoniques, également dénommées “microphytes”. Ce cycle s'auto-entretient tant que le système reçoit de l'énergie solaire et de la matière organique.

En fond de bassin, où la lumière ne pénètre pas, ce sont des bactéries anaérobies qui dégradent les sédiments issus de la décantation de la matière organique. Un dégagement de gaz carbonique et de méthane se produit à ce niveau (*Perera et Baudot, 1991*).

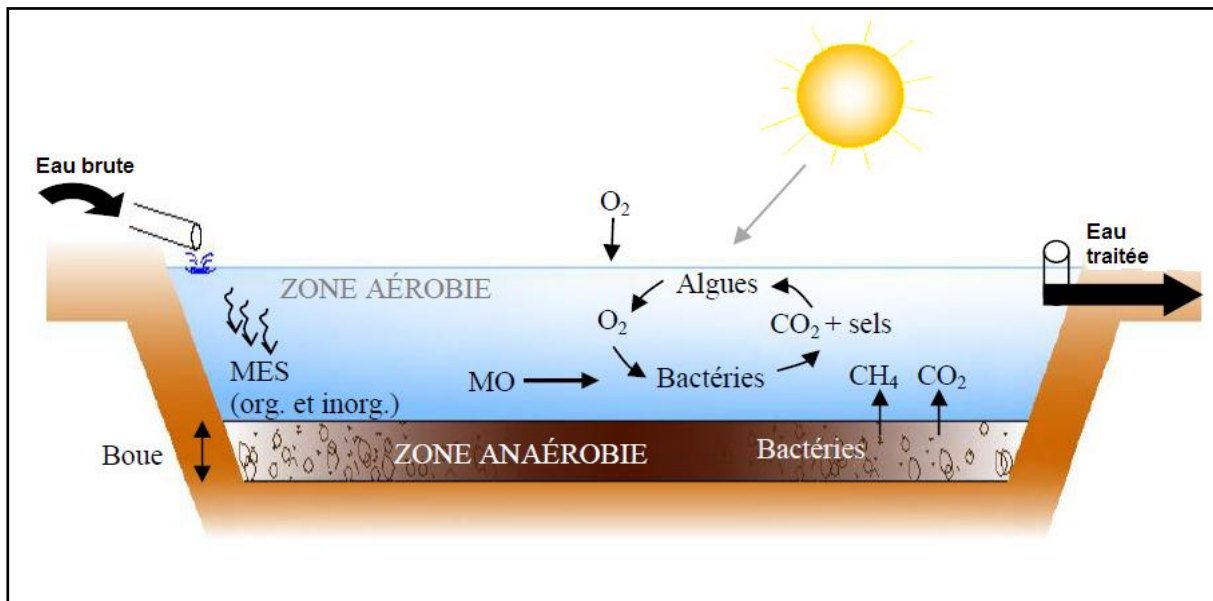


Figure IV.2: Schéma du mécanisme global de l'épuration par lagunage.

L'installation de trois lagunes est fréquente et permet d'assurer un bon niveau de fiabilité de fonctionnement pour l'élimination de la matière organique. Le rôle respectif des différents bassins est le suivant :

A. La première lagune (bassin): est le siège prépondérant de l'abattement de la charge polluante carbonée. En sortie de ce bassin, la concentration en algues microscopiques peut être importante. Dans ce bassin, l'élimination des matières organiques passe par deux voies :

-La voie physico-chimique: naturellement des réactions chimiques ont lieu dans l'eau entre les différents éléments minéraux déjà présents. Ces réactions tendent vers une certaine neutralité entre les différents composés.

-La voie micro- biologique: c'est le moyen le plus efficace où les déchets organiques sont progressivement dégradés par les bactéries.

Les bactéries éliminent les matières organiques par un processus connu sous le nom de **minéralisation**: cela consiste à dégrader de la matière organique complexe en composés minéraux simples grâce à l'activité d'un enchainement de micro-organismes.

Cette minéralisation de la matière organique par les différentes bactéries permet la production d'eau, de sels minéraux (NH_4^+ , NO_2^- , NO_3^- , SO_4^{2-} , PO_4^{3-}) et de gaz (CO_2 , H_2S , CH_4 , NH_3 ...), qui vont progressivement se diriger vers le second bassin (*Ecosite, 2004*).

B. La deuxième lagune (bassin): permet un abattement de l'azote, du phosphore et une réduction de la concentration en algues (*Alexandre et al, 1997*).

Après la dégradation des matières organiques, les plantes vont intervenir pour fixer les produits issus de la minéralisation (sels minéraux) pour leur croissance, il se développe alors des micro-organismes qui se nourrissent des plantes elles-mêmes (*Ecosite, 2004*).

C. La troisième lagune (bassin): continue l'abattement obtenu dans la deuxième lagune. Elle permet aussi de conserver une bonne qualité de traitement lors d'un incident (dysfonctionnement) ou d'une opération d'entretien (curage) survenant sur le premier bassin (*Alexandre et al, 1997*).

IV.5. Les facteurs intervenants dans l'épuration par lagunage naturel:

L'épuration dans ces bassins de lagunage naturel dépend de plusieurs facteurs que sont d'ordre climatique, physico-chimique et biologique.

IV.5.1. Les facteurs climatiques:

Les facteurs climatiques jouent un rôle très important dans l'épuration par lagunage car cette technique de traitement est soumise à l'action des agents atmosphériques, qui influent directement sur la vitesse de dégradation de la charge organique et le développement bactérien.

IV.5.1.1. La température:

Les variations de température du milieu lagunaire influent sur le bon fonctionnement de la lagune puisqu'elles affectent la production d'oxygène par photosynthèse et agissent sur le mécanisme de croissance et de survie des micro-organismes qui peuplent ces bassins. L'optimum de production d'oxygène se situe vers 20°C. Le lagunage ne peut fonctionner normalement qu'entre 5°C et 35°C.

Des températures très basse (<5°C), s'accompagnant ou non de formation de glaces superficielles arrêtent la photosynthèse, la lagune passe alors en anaérobiose. Des températures supérieures à 35°C entraînant une diminution de la vitesse de la photosynthèse. Par contre, l'activité bactérienne et corrélativement la demande en oxygène augmentent ; ce qui peut provoquer un passage vers l'anaérobiose (*Achouri, 2003*).



IV.5.1.2. Le vent:

Le vent cause des turbulences qui assurent un brassage de la masse d'eau et favorise l'oxygénation et la répartition de la température des eaux dans les bassins, mais qui peuvent aussi dégrader les digues par batillage. Il permet également le renouvellement de la pellicule d'air située immédiatement au dessus de la surface d'eau évaporant et collabore aux échanges d'azote sous forme de N_2 ou de NH_3 (Achouri, 2003).

IV.5.1.3. L'éclairement:

La lumière solaire est indispensable à la photosynthèse qui est la principale source de production d'oxygène nécessaire à la dégradation de la matière organique (Achouri, 2003).

Les rayons solaires ultraviolets possèdent des propriétés germicides importantes qui les font souvent considérer comme des bons agents naturels de désinfection. L'importance exacte que ces radiations jouent effectivement dans l'élimination des germes dans les bassins de lagunage est cependant difficile à évaluer (Dahou et Brek, 2013).

IV.5.1.4. Evaporation:

L'évaporation est un phénomène important essentiellement en été conjuguée à une infiltration intense, elle influence le bon fonctionnement des lagunes et doit être prise en compte lors des calculs de dimensionnement des différents bassins car elle diminue la quantité des effluents à traiter et augmente le temps de passage (Achouri, 2003).

IV.5.2. Les facteurs physico-chimique:**IV.5.2.1. La géométrie et la conception:**

La forme des bassins doit être hydrodynamique pour faciliter la circulation des effluents et éviter aussi les zones mortes. La profondeur agit directement sur la pénétration de la lumière qui favorise la photosynthèse. Le volume des bassins permet avec les débits de fixer un temps de séjour optimum dépendant de la charge admise et de la dépollution souhaitée (Dahou et Brek, 2013).

IV.5.2.2. Le temps de séjour:

Le temps de séjour désigne le temps nécessaire que doivent séjourner les eaux usées dans chaque bassin pour permettre leur épuration. Il varie en fonction des conditions climatiques et donc indirectement affecte les rendements attendus. Les fortes évapotranspirations rencontrées pendant les saisons chaudes peuvent augmenter considérablement le temps de séjour et, par voie de conséquence, le rendement. Le gel d'une tranche d'eau supérieure en hiver, au contraire, réduit le temps de séjour (Perera et Baudot, 1991).



IV.5.2.3. pH:

Le pH est un facteur très important qui conditionne le pouvoir épuratoire. Le pH le plus favorable à la vie aquatique se situe entre 6,5 et 8,5. Tout abaissement ou toute élévation excessive de pH entraînera des modifications de l'équilibre ionique. L'activité photosynthétique entraîne des fortes variations de pH, celui-ci peut monter jusqu'à 9.8 de jour en été, du fait de la consommation de CO_2 par les algues, l'activité anaérobie vient équilibrer cette alcalinité au moyen des acides volatiles entraînent une chute de pH suivit de l'inhibition de la production de CH_4 et l'échappement de produits odorants (*Achouri, 2003*).

IV.5.2.4. Oxygène dissous:

Le taux d'oxygène dissous dans l'eau est un facteur très important pour une bonne épuration des effluents pour éviter certaines nuisances (couleurs, odeurs,...), cet oxygène du milieu lagunaire est assuré d'une part par l'action photosynthétique des algues, et d'autre part par l'atmosphère à travers l'interface air-eau de la lagune. En France, les maxima semblent être de l'ordre de 30mg/l en climat extrême mais peuvent atteindre 20mg/l en période ensoleillée (*Achouri, 2003*).

IV.5.2.5. Les matières organiques:

La matière organique se compose essentiellement de cinq (5) atomes qui sont le carbone, l'hydrogène, l'oxygène, l'azote et le phosphore qu'on retrouve dans les eaux polluées et dans la composition des cellules algales et bactériennes (*Achouri, 2003*).

La charge de ces matières a son poids dans le pouvoir épuratoire. Il faut la choisir de façon à répondre aux exigences des micro-organismes sans dépasser le seuil de surcharge ou un manqué de charge (*Dahou et Brek, 2013*).

IV.5.3. Les facteurs biologiques:**IV.5.3.1. Le phytoplancton:**

Représenté essentiellement dans le lagunage naturel, par des algues qui sont des plantes microscopiques mono ou pluricellulaires dont la taille varie entre 1 à $2\mu\text{m}$ et $500\mu\text{m}$. Elles peuvent être planctoniques (dispersées dans la masse d'eau), benthiques (déposées à la surface des sédiments) ou épiphytiques (fixées sur des supports immergés).

Les algues jouent un rôle multiple et complexe dans le processus d'épuration des eaux usées. Dans le lagunage naturel, l'activité algale intense qui s'y développe en été s'accompagne d'une augmentation de pH suite à l'assimilation photosynthétique du gaz carbonique (*Achouri, 2003*).



IV.5.3.2. Zooplancton:

Le rôle du zooplancton est d'assurer la finition de l'épuration des eaux. Ils vont jouer un rôle important comme consommateur de micro-algues, et donc comme régulateur de ces populations phytoplanctoniques (*Ecosite, 2004*).

Cependant, la faune a une importance essentielle dans le fonctionnement des lagunes car elle favorise l'abattement du taux des matières en suspension (filtration de la biomasse phytoplanctonique). Les principaux organismes sont:

Les protozoaires (constituent le seul zooplancton hivernal réellement abondant dans les derniers bassins de lagunage), les rotifères, les copépodes, les cladocères (le rôle de ce dernier est intéressant car elles favorisent l'abattement du taux des matières en suspension) (*Achouri, 2003*).

IV.5.3.3. Les bactéries:

Les bactéries sont des micro-organismes unicellulaires et procaryotes (une seule cellule sans noyau). Elles se reproduisent généralement par une simple division cellulaire.

En effet, dans une lagune, les parties superficielles riches en oxygène dissous contiennent des bactéries aérobies strictes ou facultatives qui se développent dans les eaux usées en absence d'oxygène dissous. Dans la partie aval, particulièrement oxygénée, apparaissent des bactéries autotrophes du cycle de l'azote qui réalisent la nitrification.

Au fond des bassins (milieu anaérobie), on y trouve donc des bactéries anaérobies strictes ou facultatives qui transforment les matières organiques en méthane (CH_4) et réduisent les sulfates en sulfures (*Achouri, 2003*).

IV.5.4. Les sédiments:

La formation des sédiments est due à la décantation des matières en suspension de l'eau brute ainsi qu'à la décantation du phytoplancton. Les sédiments sont donc constitués de matériaux abiotiques organiques et inorganiques et de biomasse diversifiée.

Un écosystème avec une température des sédiments élevée présente un abattement de la demande chimique en oxygène (DCO) plus important que le système à basse température des sédiments alors que c'est l'inverse qui se produit pour les nutriments. D'autre part, selon de nombreux auteurs, le rendement en gaz est plus important à haute température qu'à basse température. Le rôle des sédiments dans l'élimination de l'azote ainsi que la quantification du flux d'ammonium des sédiments vers l'eau surnageant et l'évaluation des pertes d'azote par dénitrification restent une préoccupation actuelle (*Achouri, 2003*).



IV.6 .Classification des lagunes:

Il y a plusieurs type des bassins de lagunage sont classés selon leur type de végétation ou en fonction de l'environnement biologique prédominant existe.

IV.6.1. Classification selon les types de végétation:

On peut classer les lagunes selon leur type de végétation a :

IV.6.1.1. Lagune à microphytes :

Ce sont des bassins à biomasse végétale constitue par des algues microscopique nommer des **phytoplanctons** ces algues bleues, vertes ou brunes produisent l'oxygène dissous O_2 ; leur peuplement varie en fonction de plusieurs facteurs, tels que la profondeur de l'eau, la température, la charge organique,....., etc. Ce type de bassin est caractérisé par une faible profondeur et un long temps de séjour (*Achouri, 2003*).

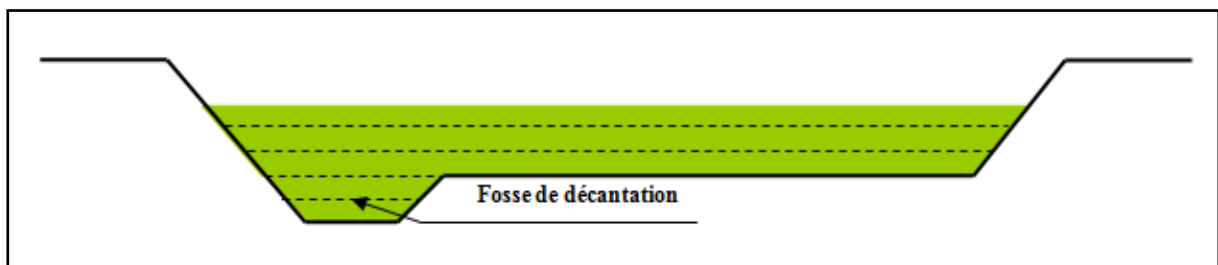


Figure IV. 3: Schéma de lagunes microphytes.

IV.6.1.2. Lagunes à macrophytes:

Les lagunes à macrophytes se situent généralement en position finale d'un système d'épuration par lagunage. Il est caractérisé par la présence de plantes visibles à l'œil nu, il est constitué de plantes immergées ou émergées, enracinées ou non telles que les roseaux, les massettes, les joncs, les scirpes, les laïches, les lentilles d'eau ou les jacinthes d'eau... Les bassins sont alors généralement de plus faible surface et moins profond (0,6 à 0,8 m) où la charge polluante est plus faible (*Ecosite, 2004*).

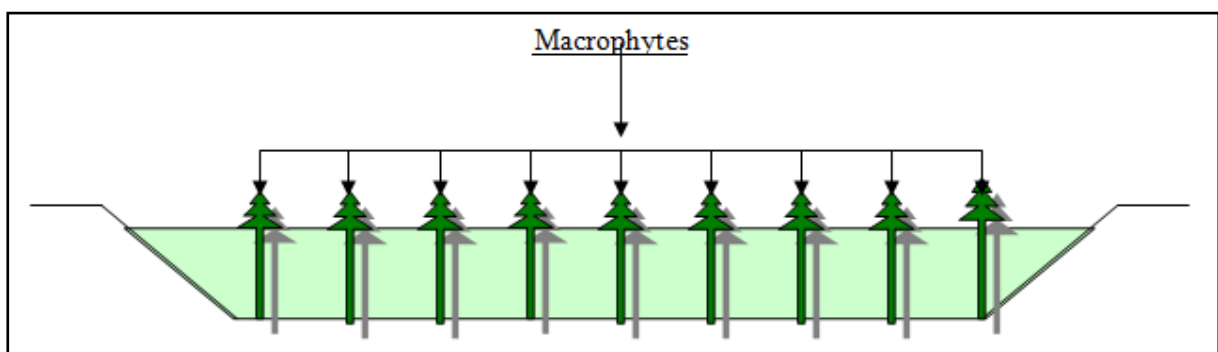


Figure IV. 4: Schéma de lagunes macrophytes.

IV.6.1.3. Lagunes composites (mixte) :

Ce type des bassins fait associer une partie composée des microphytes et une partie plantée en macrophytes, pour pouvoir assurer un faucardage régulier des végétaux il faut bien dimensionner, aménager et localiser les zones de plantées (Achouri, 2003).

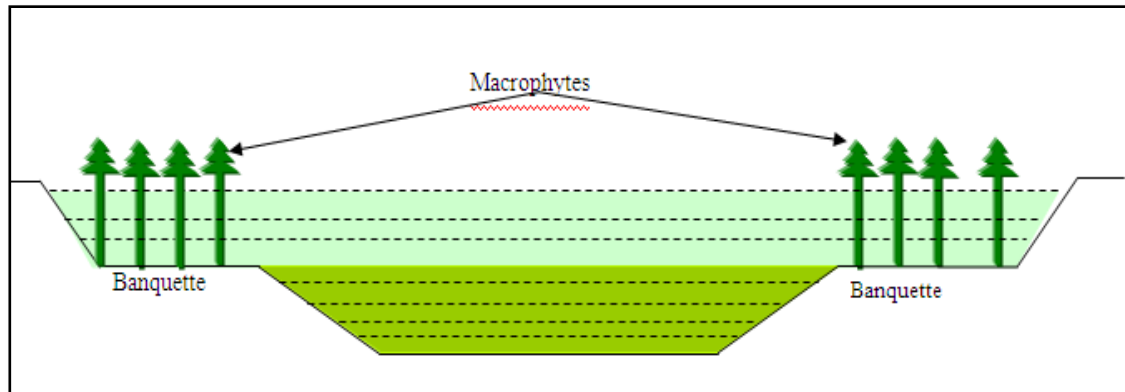


Figure IV.5: Schéma de lagunes composites (mixte).

IV.6.2. Classification en fonction de l'environnement biologique:

En fonction de l'environnement biologique on distingue les types de lagune suivant :

IV.6.2.1. Lagune aérobie:

Les étangs aérobies servent à accélérer la décomposition des matières organiques par les bactéries aérobies et facultatives, et favoriser la croissance des algues pour éventuellement produire des protéines. Dans ce type de bassins, la profondeur est très faible (0.2 à 0.5m) afin de permettre à la lumière du soleil de pénétrer dans toute la profondeur et d'avoir de l'oxygène dissous dans toute colonne d'eau. L'utilisation des étangs aérobies se limite généralement aux régions ensoleillées et chaudes, là où il n'y a aucun risque de couverture glacée (L'UNESCO, 2008).

IV.6.2.2. Lagune anaérobie:

Les lagunes anaérobies sont utilisées en tête d'installation dans le cas d'un effluent concentré, qui en plus d'une décantation primaire, sont le siège d'un traitement bactérien anaérobie d'autant plus efficace que la température est élevée (Achouri, 2003).

La lagune anaérobie bassin profond (profondeur de l'ordre de 3 à 4 m) dans lequel s'établit un processus de fermentation anaérobie allant jusqu'à la méthanisation et entraînant un abattement partiel de la matière organique soluble. Le temps de séjour de l'eau y est de l'ordre de 3 à 10 jours sous nos climats selon les objectifs (Racault, 1997).

IV.6.2.3. Lagune facultative:

La lagune facultative est un bassin peu profond (1 à 1,5 m localement) comportant une zone anaérobie en fond de bassin et une zone aérobie en surface dont l'épaisseur varie en fonction des conditions météorologiques et suivant la saison. Le temps de séjour est de 15 à 30 jours (*Racault, 1997*).

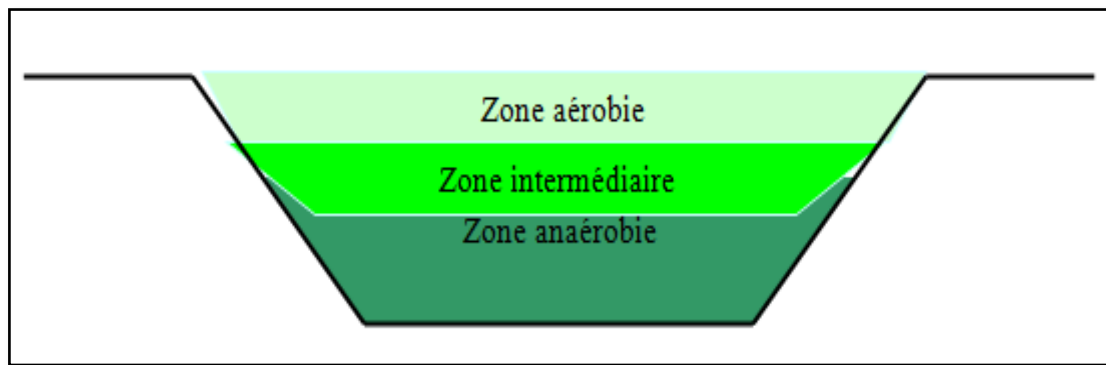


Figure IV. 6: Schéma de lagune facultative.

IV.6.2.4. Lagune de maturation:

La lagune de maturation concerne un bassin peu profond (environ 1 m) où la faible charge organique appliquée permet, en période diurne, l'établissement d'une zone aérobie couvrant une large fraction de la hauteur d'eau. L'objectif de cette lagune est de détruire les micro-organismes pathogènes. Leur temps de séjour varie entre 4 à 12 jours (*Racault, 1997*).

IV.7. Performance épuratoire de lagunage naturel:

Le lagunage naturel se caractérise essentiellement par un temps de séjour très élevé, et par des mécanismes de fonctionnement biologique fortement liés à la température et aux saisons. Ce caractère spécifique rend l'évaluation des performances de ce procédé sensiblement différent de celui des procédés conventionnels.

La notion de rendement est délicate et fait souvent l'objet de discussions. Afin de tenir compte du non conservation des débits entrée-sortie (phénomènes d'infiltration et d'évaporation spécifiques des bassins de lagunage), les rendements ont été calculés sur les flux. Un bassin normalement conçu peut donner les résultats suivants :

- Abattement de la pollution organique: le rendement en flux (non filtré) de DCO est supérieur à 75 % ; avec concentration en DCO filtrée est proche de 125 mg/l (*Alexandre et al, 1997*).

L'abattement en DBO_5 est de l'ordre de 40% en conditions hivernales, à charge égale il peut atteindre 50 à 60% en période estivale dans le lagunage anaérobie, mais la présence des algues rend la mesure de la DBO_5 aléatoire même sur un échantillon filtré (passage possible des micro-algues à travers le filtre) (Achouri, 2003).

La teneur en matières en suspension de l'effluent traité reste élevée et varie de façon très sensible suivant les saisons de 50 à 150 mg/l. Les MES sont réduites par sédimentation dans le système de lagunage principalement dans le bassin anaérobie.

- Abattement de la pollution azotée et phosphorée: pour l'azote, les performances épuratoires s'avèrent très instables et dépendent de la saison, l'abattement sur l'azote global est en moyenne de 60 à 70 % avec une influence saisonnière très marquée. On ne trouve pas de nitrates en sortie, sauf exceptionnellement et en quantité très faible.

Le même pour le phosphore, le niveau d'élimination est instable, l'abattement sur le phosphore est en moyenne de 60 à 70 %. Son élimination décroît généralement avec l'âge des installations et l'accumulation des boues dans les bassins (Alexandre et al, 1997).

-Germes pathogènes : en ce qui concerne l'élimination bactériologique, ce procédé conduit à une réduction très importante des germes, cette élimination des germes constitue un des avantages le plus important. Des nombreux auteurs mentionnent des taux d'abattement du lagunage naturel très élevés allant jusqu' à l'élimination presque totale. Cette bonne élimination des germes est essentiellement liée au temps de séjour de l'effluent (Achouri, 2003).

IV.8. Dysfonctionnement du lagunage naturel:

Le problème de dysfonctionnement attribué à des causes diverses (surcharge, nature des effluents, lentilles d'eau, défaut d'entretien,...).

IV.8.1. Détection des dysfonctionnements et conséquences:

Deux indicateurs étroitement liés signalent que le bassin de tête subit une crise dystrophique: l'apparition d'odeurs nauséabondes et le changement de couleur (ou virage) du plan d'eau. Parmi les dysfonctionnements on cite :

- ✓ La disparition des algues et la prédominance des bactéries provoquent l'apparition d'une couleur brune, grise. Le bassin devient complètement anaérobie favorisant les métabolismes réducteurs avec dégagement notamment d' H_2S , et donc d'odeurs.
- ✓ Lorsque la concentration en H_2S est forte, le développement des bactéries photosynthétiques du soufre prédomine et le bassin prend une couleur rouge, rose, ocre ou marron. A ce stade, on note une baisse des odeurs puisque le soufre est consommé.
- ✓ La coloration verte traduit un retour à une situation normale.



- ✓ La couleur rouge peut induire un abaissement du rendement global de l'installation, l'épuration étant alors davantage réalisée par les bassins suivants (*Racault, 1997*).

IV.8.2. Causes de dysfonctionnement:

Les causes de dysfonctionnement sont plusieurs parmi lesquelles on distingue:

IV.8.2.1. Taux de charge:

Les surcharges permanentes sur le premier bassin ($> 10 \text{ g DBO}_5 / \text{m}^2 \cdot \text{j}$) s'accompagnent de dysfonctionnements plus prolongés, pouvant apparaître à n'importe quelle saison. Les surcharges saisonnières (périodes estivales) sont aussi responsables de dysfonctionnements (*Racault, 1997*).

IV.8.2.2. Nature des effluents:

La concentration de l'effluent brut est un facteur prépondérant du dysfonctionnement des bassins, par ce que cette technique est plutôt mieux adaptée au traitement d'effluents peu concentrés ($\text{DBO}_5 < 300 \text{ mg/l}$ en moyenne annuelle).

L'apport d'eaux usées concentrées s'accompagne presque inmanquablement d'un passage en anaérobiose avec émission d'odeurs, et d'un virage de couleur des bassins (*Racault, 1997*).

IV.8.2.3. Facteurs saisonniers:

La plupart des cas (69 %) répertoriés de dysfonctionnement apparaissent en automne-hiver. Le vent y jouant en particulier un rôle généralement plus important que sur les bassins de petite taille. L'oxygénation naturelle de surface peut atténuer le risque d'anaérobiose des bassins en hiver (*Racault, 1997*).

IV.8.2.4. Conception:

Plusieurs défauts de conception peuvent être à l'origine du dysfonctionnement, par exemple:

- ✓ Le dimensionnement du premier bassin inférieur à 50 % de la surface totale de plan d'eau peut favoriser une surcharge organique locale.
- ✓ Une profondeur excédant 1 m favorise la tranche anaérobie.
- ✓ Un premier bassin très allongé induisant un fonctionnement partiellement en piston, favorise une surcharge en tête (*Racault, 1997*).

IV.8.3. Remèdes pour des cas de dysfonctionnement:

Un suivi technique plus approfondi permettra de bien cerner les causes de dysfonctionnement, et donc de déterminer les solutions les mieux adaptées. Le tableau suivant fournit une aide au diagnostic et résume les remèdes possibles.



Tableau IV.1: Les remèdes possibles pour des cas de dysfonctionnement du lagunage naturel.

Phénomènes observés	Causes	Remèdes possibles
-Odeurs quasi permanentes; -Couleur grise ou rose;	-Surcharges permanents	Augmentation de capacité
-Virage rose. -Odeurs en été ou début automne.	Surcharge saisonnière	- Prétraitement pendant la période de surcharge - Mise en place d'un traitement primaire - Augmentation de capacité
- Prolifération de lentilles (grave à partir 2 / 3 de couverture)	- Faible charge - Faible vent	- Traitement préventif * chimique * sédentarisation de canards
- Odeurs localisées perceptibles en été	- Mauvaise entretien du dégraisseur ou du piège à flottants - Forte accumulation de boues en tête de bassin	- Extraire plus fréquemment les graisses - Extraire 1 ou 2 fois par an les boues en tête du bassin
Bassins vides -Remplissage difficile -Pas de débit en sortie -Baisse notable du niveau en période sèche	-Infiltrations dues à une étanchéité insuffisante -Interaction avec la nappe phréatique -Présence récupérée d'un ancien drainage Installation sous chargée hydrauliquement	Réaliser une étude de sol sérieuse (forage, excavation....) -Respecter une marge de 20 cm au moins entre le niveau le plus bas du terrassement et le niveau haut de la nappe en sous-sol -Imperméabiliser le fond des bassins (argile, géomembrane,...) -Ajouter un apport d'eau claire
-Dégradation des berges	-Erosion due à l'absence de gazon	-Ne pas utiliser de désherbants pour l'entretien des berges

IV.9. Avantages et inconvénients du lagunage naturel:

Le principe de traitement biologique des eaux usées par la méthode du lagunage naturel semble être une très bonne solution à développer qui connaît cependant certaines limites. En effet, malgré les immenses avantages que le lagunage peut procurer, le système présente cependant des failles qui peuvent limiter son utilisation.

IV.9.1. Avantages:

Le lagunage naturel présente de nombreux avantages par rapport aux procédés classiques parmi lesquels en distingue :

- ✚ Coûts d'investissement limités (en absence de forte contrainte d'étanchéité) ;
- ✚ Faibles coûts d'exploitation;
- ✚ Raccordement électrique inutile;
- ✚ Système respectueux de l'environnement;
- ✚ Elimine une grande partie des nutriments : phosphore et azote (en été) ;
- ✚ Très bonne élimination des germes pathogènes en été (4-5 logs), bonne en hiver (3 logs) ;
- ✚ Bien adapté au réseau unitaire (les eaux pluviales jouant un bon rôle de dilution pour de fortes charges ponctuelles);
- ✚ S'adapte bien aux fortes variations de charge hydraulique ;
- ✚ Les boues peu fermentescibles;
- ✚ Les boues de curages sont bien stabilisées (sauf celles présentes en tête du premier bassin) et faciles à épandre sur sol agricole.

IV.9.2. Inconvénients:

- ✚ Forte emprise au sol;
- ✚ Variation saisonnière de la qualité de l'eau traitée;
- ✚ Difficulté et coût important de l'extraction des boues;
- ✚ Sensibilité aux effluents septiques et concentrés;
- ✚ En cas de mauvais fonctionnement ou de mauvais entretien : risque d'odeurs, de développement d'insectes (moustiques), de dysfonctionnement (perforation des digues par les rongeurs).

IV.9.3. Contraintes d'exploitation:

- ✚ Contraintes de la nature du sol et d'étanchéité;
- ✚ Faucardage des roseaux tous les ans (hiver), s'ils sont présents;
- ✚ Passage de l'exploitant une à deux fois par semaine;



- ✚ Matière en suspension importante en rejet (organismes planctoniques) problématique pour de petits milieux récepteurs;
- ✚ 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.10. Conclusion:

Le système par lagunage naturel est d'une grande simplicité, lorsque les terrains nécessaires sont disponibles, l'établissement d'un ensemble des bassins de stabilisation présente des nombreux avantages, par rapport à une station conventionnelle, le processus biologique d'épuration par lagunage dépend de plusieurs facteurs (température, vent éclaircissement,..., etc), et le non contrôle de ces facteurs d'épuration et leurs variations dans le temps rend la qualité d'épuration variable suivant la saison.



PARTIE II

EXPRIMENTALE

Chapitre V

Matériels et Méthode

V.1. Introduction:

Pour la conception d'une station d'épuration des eaux usées il est nécessaire d'effectuer des analyses de l'eau usée brute afin de déterminer les différentes caractéristiques physicochimiques et bactériologiques qui permettent d'évaluer le niveau de la pollution et le risque engendré par ces effluents, pour faire un bon choix du procédé d'épuration, et dimensionner les ouvrages de la filière projetée.

Nous avons donné dans ce chapitre un aperçu sur les principales analyses faites sur les échantillons des eaux usées pour connaître les principaux polluants de ces eaux. Pour cela, différents appareils et méthodes d'analyses sont utilisées.

V.2. Objectif principale:

L'objectif principal de ce travail est de faire les analyses des eaux usées de la commune de M'rara pour connaître les paramètres des ces eaux usées, et prévoir la faisabilité de l'épuration par un système de lagunage naturel de ces eaux.

V.3. Prélèvement et échantillonnage:

Le prélèvement d'un échantillon d'eau est une opération délicate à laquelle le plus grand soin doit être apporté. L'échantillon doit être homogène, représentatif et obtenu sans modifier les caractéristiques physicochimiques de l'eau (gaz dissous, matières en suspension, etc.). Le transport des échantillons se fait en glacière à 4°C.

V.4. Matériels et méthodes d'analyses:

• **Paramètres étudiés :** Afin de déterminer la qualité des effluents à traiter, des analyses seront effectuées aux principaux points de rejet, les paramètres considérés sont les suivants :

- Température et le potentiel hydrique (pH) de l'eau.
- La conductivité électrique, l'oxygène dissous.
- Les matières en suspension (MES).
- Demande biochimique en oxygène (DBO₅).
- Demande chimique en oxygène (DCO).

V.4.1. Détermination des pH et Température:**A. Principe:**

La température influe sur la quantité d'oxygène, la décomposition de la matière organique, le développement des parasites responsables de certaines maladies, et la prolifération d'algues bleues qui libèrent des toxines.



Le potentiel hydrogéné (pH) est en relation avec la concentration des ions hydrogéné présent dans l'eau ou les solutions.

B. L'appareil utilisé: PH mètre EUTECH pH 510.



Photo V.1: pH mètre (pH 510) (ONA, 2015).

C. Mode opératoire:

- Pendre environ = 100 ml d'eau à analyser;
- Allumer le pH mètre;
- Rincer l'électrode avec de l'eau distillée;
- Tremper l'électrode de pile dans la solution tampon pH=7;
- Laisser stabiliser un moment jusqu'à affichage du standard;
- Enlever l'électrode et la rincer abondamment avec l'eau distillée.

Etalonner dans la même manière avec les solutions tampon pH=10 ou pH=4.

D. Expression des resultants: La valeur est lue directement sur l'écran de l'appareil.

V.4.2. Détermination de la conductivité électrique:

A. Principe:

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

La température et la viscosité influent également sur la conductivité car la mobilité des ions augmente avec l'augmentation de la température et diminue avec celle de la viscosité. La conductivité électrique d'une eau s'exprime généralement en La conductivité s'exprime en micro-siemens par centimètre ($\mu\text{S}/\text{cm}$).

B. L'appareil utilisé: Conductimètre terminal 740 WTW.



Photo V.2: Conductimètre (Terminal 740) (ONA, 2015).

C. Mode opératoire:

- Vérifier le calibrage de l'appareil,
- Plonger l'électrode dans la solution à analyser;
- Lire la conductivité et la salinité et la température lorsqu'il stabilise.
- Bien rincer l'électrode après chaque usage et conserver l'électrode toujours dans l'eau déminéralisée.

D. Expression des résultats: La valeur est lue directement sur l'écran de l'appareil en milli-siemens par centimètre (mS/cm).

V.4.3. Détermination de l'oxygène dissous:

A. Principe:

La concentration réelle en oxygène dépend de la température, de la pression de l'air, de la consommation d'oxygène due à des processus microbiologique de décomposition ou une production d'oxygène, par exemple, par les algues. Actuellement, la mesure électrochimique est la méthode reconnue par les différentes normes pour déterminer la concentration en oxygène des eaux.

B. L'appareil utilisé: Oxy-mètre INOLABO-OXI 730 WTW.



Photo V.3: Oxy-mètre (INOLABO-OXI 730 WTW) (ONA, 2015).

C. Mode opératoire:

- Allumer l'oxymétrie;
- Rincer l'électrode avec de l'eau distillée;
- Prendre environ 100 ml d'eau à analyser;
- Tremper l'électrode dans le bécher;
- Laisser stabiliser un moment;
- Lire la concentration de l'oxygène dissous;
- Rincer bien l'électrode après chaque usage avec l'eau distillée.

D. Expression des résultants: Le résultat est donné directement en mg/l.

V.4.4. Détermination des matières en suspension (MES):

A. Principe:

L'eau est filtrée, la vaporisation de l'échantillon à une température de 150° pendant 2 heures, et puis la détermination des matières en suspension par pesée différentielle. Dans les eaux d'une faible concentration en MES, on utilise des filtres.

B. Matériel utilise:

- Papier filtre en verre diamètre 47 mm ;
- Rampe de filtration sous vide ;
- Pompe à vide ;
- Etuve chauffé (105°C) ;
- Balance (0.001 g de précision);
- Le dessiccateur.



Photo V.4: Etuve chauffée (ONA, 2015).



Photo V.5: Dessiccateur (ONA, 2015).



Photo V.6: Ensemble de filtration (ONA, 2015).



Photo V.7: Balance électrique (TP-303) (ONA, 2015).

C. Mode opératoire:

- Mouiller le filtre avec de l'eau distillée ;
- Mettre le filtre pendant quelque minute dans l'étuve chauffée à 105°C préalablement ;
- Laisser refroidir les filtres dans dessiccateur quelque minutes après l'étape précédente ;
- Peser le filtre sur la balance (soit P_0 en mg) ;
- Placer le filtre dans la rampe de filtration et la connecter à pompe à vide;
- Filtrer un volume (V ml) de l'échantillon, puis rincer l'éprouvette graduée avec environ 20 ml d'eau distillée, et rincer les parois internes de l'entonnoir avec un autre volume de 20 ml d'eau distillée ;
- Retirer avec précaution le filtre de l'entonnoir à l'aide de pinces à extrémités plates si nécessaire. Le filtre peut être pile ;
- Placer le filtre dans l'étuve à (105 ± 2) °C pendant 2 heures ;
- Laisser s'équilibrer à température ambiante dans le dessiccateur sans le contaminer et le peser comme précédemment (soit P_i en mg).

D. Expression des résultats:

On calcule la teneur de la Matière En Suspension d'après l'expression :

$$\text{MES (mg/l)} = (P_i - P_0 / V) * 1000$$

$P_i - P_0$: Poids de la matière retenue par le filtre sec.

V : Volume de la prise d'eau en (ml).

V.4.5. Détermination de la demande biochimique en oxygène (DBO₅):**A. Principe:**

L'échantillon d'eau introduit dans une enceinte thermo-stabilisée est mis sous incubation. On fait la lecture de la masse d'oxygène dissous, nécessaire aux microorganismes pour la dégradation de la matière organique biodégradable en présence d'air pendant cinq (5) jours. Les microorganismes présents consomment d'oxygène dissous qui est remplacé en permanence par l'oxygène de l'air, contenu dans le flacon provoquant une diminution de la pression au-dessous de l'échantillon cette dépression sera enregistrée par une OXI TOP.

B. Matériel utilisés:

- Réfrigérateur conservant à une température de 20°C;
- Flacons d'incubation à bouchons rodés de 510ml;
- Barreau-magnétique

- Pastilles de KOH.



Photo V.8: Réfrigérateur conservant (ONA, 2015).

C. Mode opératoire:

- Mettre le Barrou-magnétique dans la bouteille de DBO;
- Mettre le volume (V) dans la bouteille de DBO;
- Mettre le support d'alcalin (caoutchoute) sur la bouteille;
- Ajouté 3 ou 4 pastilles de KOH sur le support d'alcalin en évitant la chute d'une masse de KOH dans l'eau a analysée;
- Fermé bien la bouteille par DBO sensor.
- Régler la DBO sensor à partir de la gamme;
- Appuyer sur le bouton (A) et (B) au même temps pour changé le programme ;
- Appuyer sur le bouton (A) pour réglé la gamme ;
- Appuyer sur bouton (B) jusqu'à l'affichage de (00).

D. Expression des résultants: Lecteur de la valeur après 5 jours.

$$\text{DBO}_5 \text{ (mg/l)} = \text{Lecteur} \times \text{Facteur.}$$

V.4.6. Détermination de la demande chimique en oxygène (DCO):**A. Principe:**

Dans des conditions définies, certaines matières contenues dans l'eau sont oxydées par un excès de dichromate de potassium en milieu acide et en présence de sulfate d'argent et de sulfate de mercure. L'excès de dichromate de potassium est dosé par le sulfate de Fer et d'ammonium,

B. Matériel utilise:

- Thermo réacteur (CR 2200);
- Spectrophotomètre,
- Réactifs: Produit chimie de la DCO sur une bouteille (tube de réactif DCO)



Photo V.9: Spectrophotomètre (ONA, 2015).



Photo V.10: Thermo réacteur (CR 2200) (ONA, 2015).

C. Mode opératoire:

- Agiter le tube à essai pour amener le résidu en suspension;
- Ajouter 2 ml d'échantillon en tube de réactif DCO;
- Boucher hermétiquement le tube avec le bouchon fileté;
- Mélanger énergiquement le contenu de tube. Toujours saisir le tube par son bouchon;
- Chauffer le tube pendant 120 minutes à 148°C dans le thermo réacteur portoir;
- Retirer le tube brulant du thermo réacteur et le laisser refroidir dans un portoir;
- Au but de 10 minutes, agiter le tube et le remettre dans le portoir jusqu'à refroidissement à température ambiante (temps de refroidissement au moins 30 minutes). Ne pas refroidir à l'eau froide;
- Mesurer l'échantillon dans le photomètre (la valeur mesuré est longtemps stable).

D. Expression des résultants: Le résultat est donné directement en mg/l.

V.5. Interprétation des résultats:**V.5.1. Résultats:**

- **Lieu de prélèvement les échantillons:**

Nous avons pris l'échantillon de la région au point de rejet de réseau d'assainissement de chef lieu M'rara. Le point de rejet de ces derniers est dans l'oued R'TEM qui se trouve a la sortie de la ville, c'est-à-dire après l'évacuateur artificiel « **Mefleg** ».

Les analyses de l'échantillon ont été effectuées le même jour du prélèvement dans le laboratoire de la station d'épuration (STEP) N°1 de Kouinine, ce dernier répond parfaitement à nos espérances en matière d'équipements et du personnel qualifié. Les résultats obtenus sont résumés dans le tableau suivant:

Tableau V.1: Les résultats d'analyses.

Les paramètres	1 ^{er} Echantillon	2 ^{eme} Echantillon	La moyenne	Normes de rejet
Conductivité (ms/cm)	2,47	2,81	2.64	-
Salinité	1,4	1,4	1.4	-
L'oxygène dissous (O₂) (mg/l)	2	0,5	1.25	5
pH	7,06	7,17	7.11	6,5-8,5
Température °C	7,7	13,8	10.75	30
MES (mg/ l)	86,7	29,17	57.93	20
DCO (mg/ l)	120	113	116.5	90
DBO₅ (mg/ l)	90	170	130	30
Rapport DCO/ DBO₅	1.33	0.66	0.89	-
Azote Total (Nt) (mg/l)	24	-	-	10-15
Phosphate(Pt) (mg/l)	3.3	-	-	2
Nitrite (NO₂⁻) (mg/l)	0.125	-	-	1
Nitrate (NO₃⁻) (mg/l)	0.5	-	-	<1

V.5.2. Interprétation:

Dans cette partie nous avons étudiés la qualité de l'eau brute de la commune de M'rara.

D'après les résultats d'analyses obtenues, nous avons pu déduire ce qui suit:

Le potentiel hydrique pH:

Les valeurs du pH mesurées sont entre 7 et 7.20, ce qui montre que l'échantillon a une valeur de pH caractéristique des eaux usées urbaines et sont propices à une bonne épuration biologique (pH des eaux naturelles).

Température:

La température de l'eau usée analysée oscille entre 7°C et 20 °C ce qui lié à la période et l'heure du prélèvement, néanmoins les valeurs de la température sont raisonnables, se sont des valeurs adéquates pour la vie des bactéries.

La conductivité:

La valeur de la conductivité de l'eau usée analysée est balance entre 2 à 3 ms/cm, ce sont des valeurs moyennes.

Oxygène dissous:

Les valeurs du oxygène dissous mesurées sont entre 0.5 à 2mg/l, ce sont des valeurs indique que il y a une diminution moyenne de la concentration d'O₂. Toutefois, les valeurs de l'oxygène dissous influencé par le prélèvement et la conservation de l'échantillon.

Matières en suspension (MES):

Les valeurs obtenues confirment que les eaux usées analysés sont des eaux peu chargés en matières en suspension. La valeur moyenne étant de 57.93 mg/l.

La demande biochimique en oxygène (DBO₅):

La demande biochimique en oxygène (DBO₅) correspond à la quantité d'oxygène nécessaire pour décomposer les matières organiques seulement biodégradables contenus dans une eau usée. Les valeurs obtenues de la DBO₅ l'eau usée analysée oscille entre 90 à 170 mg/l, ces valeurs montrent que la teneur en matière organique biodégradable .est moyenne importante.

La demande chimique en oxygène (DCO):

La demande chimique en Oxygène (DCO) représente la quantité d'oxygène nécessaire pour obtenir une bonne oxydation des matières organiques et minérales présentes dans l'eau usée. Les résultats obtenus pour les échantillons analysés font ressortir que la valeur moyenne de la DCO mesurée est égale à 116.5 mg/l.Ceci confirme que la teneur en matière organique total est peu élevée.



V.6. Conclusion:

L'évaluation de la quantité de la pollution arrivant en tête de station d'épuration dépend du prélèvement de l'échantillon. Au laboratoire, l'analyste identifie les échantillons et applique rigoureusement le protocole de chaque paramètre à mesurer et dresse ensuite les résultats sur une fiche récapitulative.

Le rapport de DCO /DBO₅ est dans tous les cas inférieur à 2. Il montre bien la nature urbaine de ces eaux. Les résultats obtenus montrent que la majorité des rejets contiennent pratiquement que des matières organiques biodégradables, alors le traitement biologique par lagunage naturel sera possible.

Chapitre VI

Conception et dimensionnement du lagunage naturel

VI.1. Introduction:

Le procédé choisi est un procédé extensif basé sur une épuration biologique par le lagunage naturel. Cette technique de dépollution consiste à faire séjourner l'eau usée dans un ou plusieurs bassins durant un temps permettant le développement d'une flore bactérienne aérobie et anaérobie, celles qui contribuent à la dégradation de la matière organique des eaux usées.

Le dimensionnement de ce type de station d'épuration dépend de la charge à l'entrée, qui est fonction du débit, et des concentrations moyennes des paramètres de pollution (DBO_5 , DCO, MES...).

Dans ce présent chapitre, nous allons donner une note de calcul complète concernant le dimensionnement des ouvrages constituant le lagunage naturel du rejet étudié, en se basant sur l'évolution de cette agglomération et son besoin futur en matière d'assainissement. En effet, l'estimation des débits à évacuer a été faite pour l'horizon de 2039.

VI.2. Étude préliminaire (préalable):

Le lagunage naturel est un procédé d'épuration rustique, toute fois la conception d'une installation de lagunage exige des études approfondies de faisabilité préalable. Les études qui doivent être faites pour construire une station d'épuration sont :

VI.2.1. Étude hydro climatologique:

L'étude hydro climatologique consiste en l'étude des paramètres de climat qui doivent être pris en considération lors de dimensionnement des bassins. Les caractéristiques du climat sont établies par des séries chronologiques de mesures des éléments fondamentaux : la température de l'air, la pluviométrie, l'évaporation, et la vitesse du vent.

VI.2.2. Détermination d'effluents à épurer:

Toutefois avant de concevoir un procédé d'épuration, il est impératif de caractériser l'eau à traiter quantitativement et qualitativement, une étude particulière sur les flux de pollution est indispensable. En effet la nature de diverses substances polluantes et le débit de leur rejet doivent être connus avec le maximum de précision et l'origine des effluents collectés. La population et les industries raccordées sont rassemblées dans un tableau.

Il est indispensable de donner des renseignements suffisamment précis pour trois périodes différentes (court, moyen, et long terme).

VI.2.3. Reconnaissance des terrains:

Cette reconnaissance doit permettre de préciser la structure du terrain en place et les caractéristiques des matériaux qui le composent. Dans cette reconnaissance nous



distinguerons trois parties : la géologie qui décrit les matériaux rencontrés, la géotechnique qui détermine les caractéristiques physiques des matériaux au moyen d'essais de laboratoire et l'hydrogéologie qui étudie le comportement de la nappe dans le sol (*D'ornano et Mehaignerie, 1979*).

VI.2.3.1. Étude hydrogéologique :

Elle est utile pour confirmer l'épaisseur de la couche étanche et pour découvrir d'éventuelles couches perméables. L'importance de cette étude est donc la détermination de type d'étanchéité à effectuer, dans le cas des terrains très perméables, un apport d'argiles compactées ou la mise en place d'un film en plastique doit être envisagée.

Une étude piézométrique et de la vulnérabilité de la nappe superficielle nécessaire pour connaître le niveau de la nappe et ses fluctuations pour pouvoir apprécier les risques de contamination des eaux souterraines surtout si la nappe est exploitée.

VI.2.3.2. Étude géotechnique:

Une étude géotechnique permettra de définir l'aptitude du terrain à la réalisation des bassins, par des reconnaissances sur site, des formations superficielles, classifications des sols, pour estimation de degré de tassement et de cohésion. Cette étude est relativement simple et comprendra-en habituellement :

- Analyse granulométrie (tamisage pour les éléments de taille supérieur à 0.08mm).
- Analyse de la teneur en eau des argiles pour déterminer l'aptitude de terrain au compactage.
- Appréciation de la perméabilité des sols avec essais en place.

VI.2.3.3. Étude géologique:

Au cours de la reconnaissance de surface on essaiera de trouver la structure géologique du terrain en repérant les affleurements rocheux que l'on reportera sur une carte où l'on indiquera aussi ses caractéristiques : nature de la roche, pendage des couches,... A partir de ce levé on cherchera à faire une interprétation de la géologie, cette interprétation consiste à imaginer comment les différents affleurements peuvent être reliés entre eux.

Lorsque les affleurements sont inexistantes ou trop éloignés du site, l'interprétation ne peut plus être réalisée. Les conclusions de cette reconnaissance géologique devront principalement porter sur :

- La position des zones humides ou des sources,
- Les risques de fuites dans les terrains et le rocher de substratum,

- La présence ou non de blocs qui gêneront les travaux de terrassement et la profondeur de substratum rocheux,
- Les zones, de terrains meubles qui paraissent les plus aptes à servir de ballastières.

Elles permettront de définir les zones de terrains les plus favorables à la réalisation des lagunes. L'étude géologique devra donc être réalisée avant que soit arrêté définitivement le choix du terrain destiné à la station d'épuration (*D'ornano et Mehaignerie, 1979*).

VI.2.4. Choix de site d'implantation:

Le choix du lieu de la station d'épuration est l'une des phases importantes et difficiles dans la conception. Différentes propositions sont proposées afin d'obtenir une solution raisonnable qui parfaitement assure les aspects techniques et économiques. La nécessité de la mise en place d'une station d'épuration passe par un ensemble de dispositions qui sont à prendre en considération dans l'élaboration du projet. Pour choisir le site d'implantation on doit tenir compte des conditions suivantes :

- Éviter de construire à proximité d'une zone urbaine, une zone industrielle et un environnement touristique (200 m comme une distance minimale);
- Étude du plan futur (PDAU) qui détermine le sens de l'extension de l'agglomération étudiée à l'avenir ;
- L'existence des réseaux électrique, lignes téléphoniques, gaz, pétrole (existant ou programmés).
- Système d'égout (séparatif ou unitaire) et la forme générale de réseaux d'assainissement (tendance des collecteurs, le sens global de drainage des bassins versants).
- La qualité de l'eau évacuée vers le rejet.
- Un espace suffisant pour mettre les installations.
- Les pentes suffisantes pour assurer un écoulement par gravité, (le niveau de la région sélectionnée au-dessus du niveau de l'avenir de l'eau.
- L'activité sismique de la région doit être prise en considération, et éviter des obstacles naturels lors de choisir l'emplacement de la station.

VI.3. Conception du lagunage naturel:

Afin d'assurer de bons résultats par le lagunage et d'atteindre des rendements épuratoires satisfaisants, la conception des lagunes doit respecter certaines règles.



VI.3.1. Le prétraitement de lagunage naturel:

a)- Dégrillage:

Si l'arrivée est gravitaire, un dégrillage manuel, surdimensionné pour permettre des visites espacées (une fois par semaine par temps sec et des nettoyages supplémentaires en cas d'orage sur réseaux unitaires), est la solution minimale. Un dégrillage mécanisé est souhaitable et aisément amortissable si la station d'épuration n'est pas trop éloignée des lieux de raccordement électrique (*Racault, 1997*).

b)- Dessablage:

Sauf cas très particuliers, le dessablage n'est pas nécessaire. Il pourra être prévu lorsque le réseau est susceptible de transporter des quantités particulièrement élevées de sable (*Racault, 1997*).

c)- Dégraissage:

En général, le lagunage devant être réservé à des effluents domestiques, un dégraisseur séparé n'est pas nécessaire. Un dégraisseur simplifié (une cloison siphonée peut suffire) sera implanté en tête du premier bassin pour éviter la présence de flottants divers.

La surface devra permettre une vitesse ascensionnelle en pointe comprise entre 10 et 20 m / h. La conduite d'arrivée d'eau étant ménagée par un culotte ($\alpha = 45^\circ$) disposée à une trentaine de cm pour éviter les risques de bouchage (*Racault, 1997*).

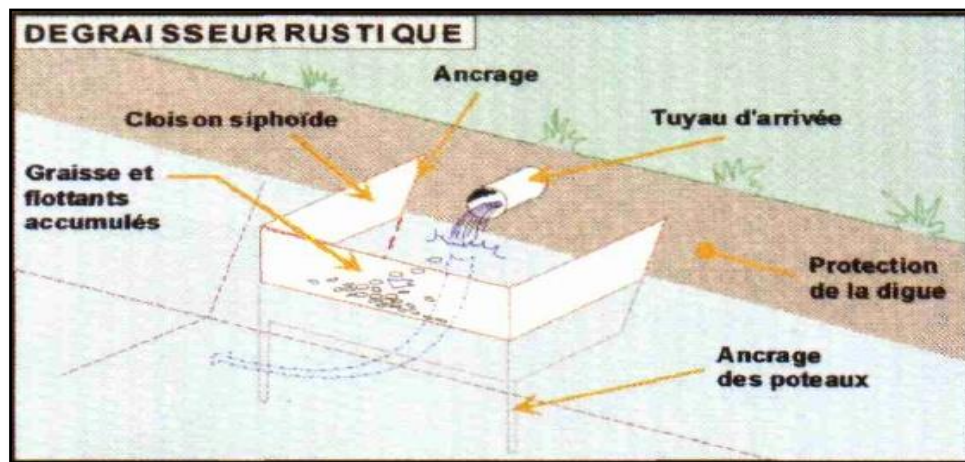


Figure VI.1. Schéma de principe d'un dégraisseur (*Racault, 1997*).

VI.3.2. Les lagunes:

a)- Nombre de lagune:

Une fiabilité de fonctionnement comparable à celle d'autres procédés présentant un caractère de rusticité comparable n'est obtenue qu'en prévoyant l'installation de trois lagunes en série.

Par ailleurs, la présence de trois bassins permet, lors du curage des boues du premier, de maintenir une bonne qualité de traitement (*Racault, 1997*).

b)- Forme des bassins:

La forme des bassins doit être régulière. Les formes anguleuses sont en effet le siège de dépôts importants et favorisent les zones mortes réduisant le volume actif. Une forme et une disposition de l'entrée et de la sortie des bassins judicieusement choisies permettent de lutter contre les cheminements d'eau préférentiels et les courts-circuits. Un soin particulier doit être accordé à la conception de la première lagune ; une forme ramassée (longueur/largeur < 3) est nécessaire pour ne pas favoriser une surcharge en-tête et donc une croissance bactérienne aux dépens de celle des algues (*Alexandre et al, 1997*).

c)- Les digues:

Les digues, qui délimitent les bassins, doivent satisfaire à certaines règles : une largeur de crête de 4 m permet l'accès des véhicules de chantier et d'entretien. Une largeur plus importante doit être prévue pour les zones de manœuvre d'engins. Une pente de 2.5/1 à 3/1 est requise pour la mise en place des matériaux et l'obtention d'une étanchéité par compactage de terrains ; une pente plus forte (de 1/1.5 à 2/1) est acceptable en cas d'étanchéité par géomembrane (*Alexandre et al, 1997*).

VI.3.3. Ouvrages annexes et de communication:

a)-Canalisation d'arrivée des eaux :

La canalisation d'arrivée doit déboucher à proximité du bord de façon à faciliter le curage localisé du cône de sédimentation et éventuellement la prise d'échantillons. Une faible chute d'eau est probablement la meilleure solution (*Racault, 1997*).

b)-Ouvrages de communication entre les bassins:

La communication entre les lagunes peut être assurée par des canalisations permettant le transfert des eaux d'une lagune à une autre et à travers les ouvrages de régulation, l'écoulement s'effectue en charge entre les lagunes est de préférence à mi-hauteur du plan d'eau.

c)- Ouvrages de by-pass:

L'installation de by-pass fixes devrait faciliter les opérations de curage et éviter la mise en place de tuyaux temporaires, difficilement maniables dans le cas des lagunages de grandes capacités (fortes longueurs).

Il peut être utile d'ajouter à ces ouvrages un dispositif de trop plein, pour pallier à d'éventuels dysfonctionnements d'une canalisation de sortie de lagune (*Alexandre et al, 1997*).



d)- Ouvrages de vidange:

Les moyens fixés de vidange seront en général exclus, sauf si la topographie locale s'y prête. Dans ce cas particulier, les systèmes de communication peuvent être avantageusement remplacés par des moines de pisciculture. Dans le cas général, les vidanges complètes ou partielles devront être effectuées à l'aide d'un moyen de pompage mobile (*Racault, 1997*).

e)- Local d'exploitation:

L'ouvrage doit être situé en un point bas, à un emplacement où les vents dominants contribuent à aérer la tranche d'eau superficielle. Il ne doit pas y avoir d'arbre à moins de 10 mètres, les racines pouvant engendrer des cheminements préférentiels au niveau des digues. Par ailleurs, la chute de feuilles dans les bassins peut générer une surcharge organique ainsi qu'un risque d'obstruction des ouvrages de communication.

Le terrain doit être de type limono-argileux. Le sous-sol ne doit surtout pas être karstique ou fissuré. Cependant, si un sol plus imperméable est disponible dans une plus haute position, l'emploi d'une pompe peut être envisagé (*Perera et Baudot, 1991*).

VI.4. Dimensionnement de lagunage naturel:**VI.4.1. Évolution des débits des eaux usées:**

La quantité des eaux entrant la station diffère selon l'usage d'eau qui dépend aussi à le niveau de vie et l'accroissement de la population, et les équipements de la zone, c'est pour ça qu'il faut étudier cette variation du nombre d'habitants et des besoins en eau potables des équipements existants et projetés surtout les différents débits des eaux usées à épurées.

VI.4.1.1. Estimation de la population:

L'accroissement de la population a été estimé selon un taux d'accroissement moyen de 2.8%. Les données de base utilisées pour le calcul de l'évolution théorique de la population sont illustrées dans le tableau suivant :

Tableau VI.1: Données de base pour l'estimation de nombre d'habitants futur.

Paramètre	Valeurs
Population au dernier recensement (2014)	4553 hab.
Taux d'accroissement	2.8%
Horizons de l'étude à court terme	2019
Horizons de l'étude à moyen terme	2029
Horizons de l'étude à long terme	2039

L'accroissement de la population de notre ville aux horizons définis ci-dessous est déterminé à partir de la formule suivante : $P_N = P_0 (1 + T)^n$

Avec : P_N : Population future.

P_0 : Population résident à l'année considérée comme référence.

n : Nombre d'année séparant l'année de référence et l'année prise en compte.

T : Taux d'accroissement %.

L'évolution théorique de la population à l'horizon envisagé est représentée dans le tableau suivant :

Tableau VI.2: Évolution de nombre d'habitants de centre de M'rara.

Horizons	2014	2019	2029	2039
Taux d'accroissement	2.8%	2.8%	2.8%	2.8%
Population (Hab)	4553	5227	6889	9080

VI.4.1.2. Estimation des débits des eaux usées:

Pour dimensionner les ouvrages de station on définit les différents débits :

- Débit journalier d'eau usée : « Q_j » (m^3/j)
- Débit moyen horaire: « Q_m » (m^3/h)
- Débit moyen diurne : « Q_d » (m^3/h)
- Débit de pointe par temps sec : « Q_p » (m^3/h)
- Débit max : « Q_{max} » (m^3/j)

a)-Débit journalier des eaux usées (Q_j):

❖ Débit moyen journalier d'eau potable:

Pour le calcul de débit journalier en eau potable pour une agglomération il faut connaître premièrement la dotation d'AEP, dans notre cas on adopte une dotation de 200 l/hab/j pour l'agglomération de M'rara. Leur estimation se représente par la formule suivante :

$$Q_{domj} = \frac{N \times D}{1000} (m^3/j)$$

Avec: Q_{domj} : le débit moyen journalier domestique (m^3/j).

D : dotation (l/hab/j).

N : nombre d'habitant à l'horizon étudié.

-Le débit moyen total d'eau potable est :

$$Q_{moyjEP} = Q_{domj} + Q_{éqj} \text{ (m}^3 / \text{j)}$$

Avec: Q_{moyjEP} : le débit moyen journalier de l'eau potable (m³/j).

$Q_{éqj}$: le débit moyen journalier des équipements (m³/j) qui estimé à 15% du débit domestique $Q_{éqj} = 0.15 \times Q_{domj}$

➤ **Débit journalier des eaux usées (Qj):**

$$Q_j = Q_{moyjEP} \cdot K$$

Ou: Q_{moyjEP} : le débit moyen journalier de l'eau potable (m³/j)

K : le coefficient des eaux usées (taux de réduction) : k =0,8 (80%).

b)- Débit moyen horaire (Qm):

C'est le débit moyen observé au cours de la journée à l'arrivée de la station d'épuration exprimé par la relation suivante :

$$Q_m = \frac{Q_j}{24} \text{ (m}^3 / \text{h)}$$

Avec: Qj: Débit journalier des eaux usées (m³/j).

c)- Débit diurne (Qd):

Correspond à la période diurne ou la station reçoit le plus grand volume d'eau usée. Il tient compte de fait que le maximum de pollution (eau usée) arrive sur 14 à 18 heures à la station. Le chef lieu de M'rara est une petite agglomération, pour cela on prendra un maximum sur 14 heures.

$$\text{Le débit diurne pour 14 heures: } Q_d = \frac{Q_j}{14} \text{ (m}^3 / \text{h)}$$

Avec: Qj: Débit journalier des eaux usées (m³/j).



e)- Débit de pointe par temps sec (Qp):

Le débit de pointe au temps sec conduit à définir un coefficient de pointe. On peut calculer ce débit à partir du débit moyen horaire comme suit:

$$Q_p = K_p \times Q_m$$

Avec: K_p : Coefficient de pointe.

Q_m : Débit moyen horaire des eaux usées m^3/h .

Le coefficient de pointe peut être estimé à partir du débit moyen horaire Q_m en l/s :

$$K_p = 1.5 + \frac{2.5}{\sqrt{Q_m}}$$

f)- Débit max (Qmax):

Le réseau d'assainissement de notre cas est de type unitaire pour cela le débit max est égale au débit par temps de pluie: $Q_{max} = Q_{tp}$.

❖ Débit de point par temps de pluie (Qtp):

$$Q_{tp} = Q_m + (\text{Taux de dilution} \times Q_m) \quad (m^3/h)$$

Le taux de dilution est varié entre 2 à 5 (on prend un taux de dilution de 2 fois), alors:

$$Q_{max} = Q_{tp} = 3Q_m \quad (m^3/h)$$

g)-L'équivalent habitant:

Un équivalent habitant correspond à la population quotidienne que génère un individu. C'est une unité conventionnelle pour mesurer la pollution moyenne rejetée par habitant et par jour.

$$N_{EH} = \frac{Q_j}{q} \quad (\text{Hab ou EH})$$

Avec : Q_j : débit journalier des eaux usées m^3/j .

$$q = D \times \text{taux de réduction (80\%)}$$

Ou: D : dotation ($m^3/\text{hab}/j$).

L'estimation de différents débits des eaux usées sont représentées sur le tableau suivant :

Tableau VI.3: Récapitulatif de différents débits des eaux usées.

Données	Horizon			
	Année 2014	Année 2019	Année 2029	Année 2039
Type de réseau	Unitaire			
Débit journalier m ³ /j	837.75	961.76	1267.57	1670.72
Débit moyen horaire m ³ /h	34.90	40.07	52.81	69.61
Débit moyen diurne m ³ /h	59.83	68.7	90.54	119.33
Coefficient de pointe	2.3	2.25	2.15	2.06
Débit de point par temps sec m ³ /h	80.28	90.16	113.55	143.39
Débit max m ³ /h	104.7	120.22	158.44	208.84
Nombre d'équivalent habitant	5235	6011	7922	10442

VI.4.2. Dimensionnement de la station de lagunage:

La filière de traitement projetée pour épurer les eaux usées de l'agglomération de M'rara comprend les étapes suivantes :

a). Le prétraitement :

- Un dégrilleur.
- Un dessableur-déshuileur.

b). Le traitement biologique :

- Un bassin anaérobie.
- Un bassin facultatif.
- Un bassin de maturation.

VI.4.2.1. Calcul des charges polluantes:

Les résultats des analyses de deux prélèvements (mois de Mars et Avril), qui ont été faites au laboratoire de l'ONA montre que les eaux usées de la ville de M'rara sont caractérisés par des valeurs moyennes comme suit :

$$\text{DBO}_5 = 130 \text{ mg/l.} \quad \text{DCO} = 116.5 \text{ mg/l.} \quad \text{MES} = 57.93 \text{ mg/l.}$$

Alors le rapport $K = \text{DCO}/\text{DBO}_5 = 0.89$

- Le rapport $K < 3$ alors la majorité des rejets contiennent pratiquement que des matières organiques biodégradables, alors le traitement biologique est possible.

Les charges polluantes sont calculées pour l'horizon 2039, en utilisant les formules suivantes :

❖ **Charge journalière DBO₅:**

$$\text{Charge DBO}_5 = \text{DBO}_5 \text{ (mg/l)} \times Q_j = (130 \times 1670.72)/1000 = 217.19 \text{ kg/j}$$

❖ **Charge journalière DCO:**

$$\text{Charge DCO} = \text{DCO (mg/l)} \times Q_j = (116.5 \times 1670.72)/1000 = 194.63 \text{ kg/j}$$

❖ **Charge journalière MES:**

$$\text{Charge MES} = \text{MES (mg/l)} \times Q_j = (57.93 \times 1670.72)/1000 = 96.78 \text{ kg/j}$$

VI.4.2.2. Dimensionnement des ouvrages de prétraitement:

Les eaux usées urbaines subissent, à leur passage dans le système d'épuration par lagunage naturel, à une série d'opérations mécaniques et physiques dont l'objectif est d'éliminer au maximum des éléments de taille ou de nature qui pourraient constituer une gêne pour les étapes ultérieures de traitement.

a)- Le dégrillage:

Il existe deux catégories de dégrillage : dégrillage grossier et dégrillage fin. Dans notre cas, on propose d'utiliser un dégrillage fin. L'ouvrage de dégrillage fin est un canal en béton armé équipé d'une grille à nettoyage manuel et l'utilisation d'un râteau est indispensable.

La grille est dimensionnée avec une vitesse de passage de l'eau brute (V) au débit max (débit de pointe par temps de pluie) (Q_{tp}).

Soit :

- Espacement entre les barreaux (E = 20 mm)
- Épaisseur des barreaux (e = 10 mm)
- α : Angle des grilles par rapport à l'horizontale : 60°

❖ **La surface de la grille:**

La surface immergée de la grille est estimée par la formule suivante :

$$S = Q_{tp} / (v \times c \times (1-B))$$

Avec: Q_{tp}: débit par temps de pluie (m³/s).

V: vitesse de passage de l'eau brute à travers les grilles doit être comprise entre 0,6 et 1 m/s, on prend v = 1 m/s (grille fin).

B: Coefficient de la section libre: $B = e/(e+E)$

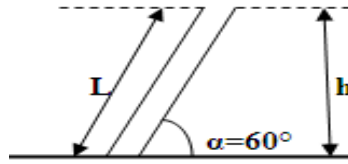
$$\Rightarrow B = 0.33 \quad 1-B = 0.67$$

C: Coefficient de colmatage C = 0.25 (grille manuelle).

$$\text{Alors : } S = (143.39/3600)/(1 \times 0.25 \times 0.67) = 0.24 \text{ m}^2$$

❖ **Calcul la longueur (L) et la largeur (l) de la grille:**

Soit : $S = L \times l$, On choisit une hauteur d'eau $h = 0,4$ m, et $\alpha = 60^\circ$



$$\sin(\alpha) = h/L \quad \text{alors : } L = h / \sin(\alpha) = 0,4 / \sin(60) = 0,46\text{m}$$

$$\text{Alors : } l = S/L = 0,24/0,46 = 0,52 \text{ m}$$

$$L = 0,46 \text{ m}, \quad l = 0,52 \text{ m}, \quad h = 0,4 \text{ m}.$$

❖ **La perte de charge:**

Les pertes de charge à travers la grille se calculent par la formule suivante :

$$\Delta H = \beta (e / E)^{4/3} \times (V^2 / 2g) \times \sin \alpha \quad (\text{Formule de Kirschmer})$$

Avec : g : accélération de la pesanteur ($g = 9,81 \text{ m/s}^2$)

e : épaisseur des barreaux : 0,01 m

E : espacement barreaux : 0,02 m

V : la vitesse de passage (m/s) de l'eau entre 2 barreaux : 1 m/s

α : Angle des grilles par rapport à l'horizontale : 60°

β : Facteur de forme : 2,42 pour une section rectangulaire des barreaux.

$$\Delta H = 2,42 \times (0,01 / 0,02)^{4/3} \times ((1^2) / 2 \times 9,81) \times \sin(60) = 0,042 \text{ m} \quad \Delta H = 0,042 \text{ m}$$

❖ **Le refus annuel de dégrillage fin par (EH/an):**

Le volume annuel refus est estimé par (NEE, 2011):

$V_R (l/EH.an) = 12/d$ à $15/d$ (d : espacement entre les barreaux en cm).

$$V_R = 12/d = 12/2 = 6 \text{ l/EH.an}$$

$$\text{Pour } 10442 \text{ EH : } V_R = 10442 \times (6/1000) = 62,65 \text{ m}^3/\text{an}$$

$$V_{R'} = 15/d = 15/2 = 7,5 \text{ l/EH.an}$$

$$\text{Pour } 7850 \text{ EH : } V_{R'} = 10442 \times (7,5/1000) = 46,98 \text{ m}^3/\text{an}$$

Donc le volume varie de 46,98 à 62,65 m^3/an , avec un volume moyen des refus de 54,81 m^3/an .

Tableau VI.4: Les caractéristiques du dégrilleur.

Désignation	Unité	Valeur
Débit Q	m ³ /s	0.04
Vitesse de passage	m/s	01
Section minimale	m ²	0.24
Largeur l de la grille	m	0.52
Longueur oblique mouillée L	m	0.46
Tirant d'eau h _{max}	m	0.4
Perte de charge ΔH	m	0.042
Angle d'inclinaison α °	-	60°
Epaisseur des barreaux	mm	10
Espacement des barreaux	mm	20
Résidu du dégrillage	m ³ /an	54.81

b)- Le dessableur-déshuileur:

Nous préconisons un dessableur-déshuileur de type rigole. Cet ouvrage est de forme rectangulaire. Il permet de retenir les grains de diamètre supérieur à 0,2 mm. Ce qui réduira la teneur de la partie minérale des MES et évitera l'ensablement de la première lagune. Le dessableur-déshuileur à prévoir dans notre cas sera de type longitudinal de type aéré.

Le dessableur aéré est un canal, à section rectangulaire. Ce type d'ouvrage comprend une zone aérée (avec insufflation par le bas) suivi d'un compartiment de sédimentation latéral calculé pour une vitesse ascensionnelle de 15 à 20m/h, dans laquelle on ralentit la vitesse de l'eau à moins de 0,3 m/s.

Cette opération nous conduit à prévoir deux dessableurs parallèles fonctionnant alternativement. C'est à dire l'un en fonctionnement et l'autre en nettoyage. Le sable sera extrait manuellement du canal longitudinal à l'aide d'une pelle manuelle.

Soit : -Une vitesse ascensionnelle de 15 m/h = $4,16 \cdot 10^{-3}$ m/s

-Un temps de séjour de 10 min

❖ **Volume du canal:** $V = Q_{tp} \times T_s$

D'où : Q_p = Débit de pointe par temps de pluie m³/h

T_s = temps de séjour

$$V = 143.39 \times (10/60) = 23.89 \text{ m}^3$$

$V = 23.89 \text{ m}^3$

❖ **Surface du canal:** $S = Q_{pt} / V_{asc}$

D'où : Q_p = Débit de pointe par temps de pluie m^3/h

V = vitesse ascensionnelle m/h

$$S = 143.39 / 15 = 9.56 m^2$$

$S = 9.56 m^2$

❖ **La hauteur:** $H = V_{asc} \times T_s$

D'où : V_{asc} = vitesse ascensionnelle m/h

T_s = temps de séjour de 10 min

$$H = (15/60) \times 10 = 2,5 m$$

$H = 2,5 m$

❖ **Calcul la longueur (L) et la largeur (l):** $S = l \times L$

$$L = 2.1 \text{ alors } S = 2.1^2$$

$$l = \sqrt{S/2} = 2.18 m$$

$$L = 2l = 4.36 m$$

Nous adopterons deux dessableur-déshuileurs de dimensions unitaires suivantes :

Largeur = 1.09m, Longueur= 4.36m, Hauteur =2.5m

Surface=4.78 m^2 , Volume=11.94 m^3

c)- Ouvrage de répartition et by-pass:

Il est prévu des ouvrages en béton armé pour l'équi-répartition du débit vers les différents ouvrages de traitement biologique, ainsi que des by-pass pour la nécessité d'exploitation (curage).

VI.4.2.3. Traitement biologique:

Il existe actuellement plusieurs modèles de calcul pour le dimensionnement des bassins de lagunage. Les modèles peuvent être classés en deux grandes catégories : méthodes rationnelles et méthodes empiriques.

a)-Méthode rationnelle:

Les méthodes rationnelles sont des modèles cinétiques de dégradation de la matière organique fondés sur l'existence d'un système homogène.

Le traitement est réalisé dans un ensemble de bassins creusés dans le sol ; une lagune primaire d'une profondeur de 4 m, une lagune secondaire d'une profondeur de 1,5 m, une lagune tertiaire d'une profondeur égale à 1,2 m.

Les calculs de capacité des lagunes sont faits sur la base des données de départ suivantes :

-Débit moyen journalier de calcul des eaux usées à l'horizon de l'an 2039 :

$$Q_{2039} = 1670.72 \text{ m}^3/\text{j}.$$

-DBO₅ à l'entrée de la station = 130 mg/l.

a)-1. Dimensionnement du bassin anaérobie:

Le bassin anaérobie est alimenté en eau prétraitée. Ce bassin est utilisé pour la décantation et la dégradation des matières organiques. Les bassins anaérobies permettent de réduire **40 à 60%** de la charge en DBO initiale avec un temps de séjour relativement court. La profondeur de ces bassins peut aller de 3 à 4 m (NEE, 2011).

❖ Calcul du temps de séjour du bassin anaérobie:

La durée de séjour dans les bassins anaérobies varie suivant la saison entre 2,5 à 3 jours en été et 5 à 7 jours en hiver, généralement entre 3 à 10 jours. Ces variations dépendent de divers facteurs physiques tels que la lumière et la température. Le temps de séjour des eaux usées dans le bassin de lagunage anaérobie.

Pour calculer le temps de séjour, on utilise les formules suivantes : $L_f = L_0 e^{-kT_s}$

$$K = 0,056.1,036^{(T-20)}$$

$$T_{s,an} = -\frac{\ln L_f / L_0}{k}$$

Avec: L_0 : charge organique à l'entrée du bassin (DBO₅);

L_f : charge organique à la sortie du bassin (DBO₅);

K : constante de la vitesse de dégradation des polluants organiques

Pour les bassins de lagunage à aération naturelle la température des eaux usées $T=22,2^\circ\text{C}$ est adoptée.

$$K = 0,056.1,036^{(T-20)} \quad \text{alors } K = 0.060 \text{ j}^{-1}$$

L_0 = DBO_{totale} des eaux usées brutes, DBO_{totale} = 130 mg/l

L_f = DBO_{totale} résiduelle des eaux usées épurées à la sortie du bassin anaérobie, on a adapté ce bassin de réduire de 40 % de la charge en DBO initiale.

$$L_f = 130 \times 0.6 = 78 \text{ mg/l}$$

$$\text{Alors: } T_{s,an} = -[\ln (78/130) / 0.06] = \mathbf{8 \text{ jours}}$$

❖ Le volume du bassin anaérobie :

$$V_{an} = Q_{2039} \times T_{s,an} = 1670.72 \times 8 = \mathbf{13365.76 \text{ m}^3}$$

❖ La surface du bassin anaérobie :

Nous allons prendre la profondeur $H = 4 \text{ m}$, donc :

$$S_{an} = V / H = 14201.1 / 4 = \mathbf{3341.44 \text{ m}^2}$$



Avec, un ratio longueur/largeur =2, notre bassin aura les dimensions suivantes :

Largeur = 40.87m, Longueur = 81.75 m, Profondeur = 4 m

a)-2. Dimensionnement du bassin facultatif:

Dans ce type de bassin, les surfaces sont importantes et la profondeur varie de 1 à 1.5 m. Ces bassins jouent un rôle important pour la réduction des bactéries ainsi que la charge polluante. Ils permettent de réduire 30 à 50 % de la charge en DBO.

Le degré de dégradation des matières polluantes dans le bassin facultatif est adopté égal à 50% de $DBO_{\text{totale des eaux usées sortant du bassin anaérobie}}$:

$$L_{s,f} = L_{s,an} \times 0,5 = 78 \times 0,5 = 39 \text{ mg/l}$$

Avec: $L_{s,f}$: DBO_5 à la sortie du bassin facultatif.

$L_{s,an}$: DBO_5 à la sortie du bassin anaérobie.

❖ Calcul du temps de séjour du bassin facultatif:

Le temps de séjour des eaux usées dans le bassin de lagunage facultatif T_s , est calculé par

la formule suivante: $T_{s,f} = -\frac{\ln L_f / L_0}{k}$ jours

Alors: $T_{s,f} = -[\ln (39/78) / 0.06] = 12 \text{ jours}$

❖ Le volume du bassin facultatif :

$$V_f = Q_{2039} \times T_{s,f}$$

$$V_f = Q_{2039} \times T_{s,f} = 1670.72 \times 12 = 20048.64 \text{ m}^3$$

❖ La surface du bassin facultatif :

Nous fixons la profondeur à $H=1,5$ m, donc :

$$S_f = V / P = 20048.64 / 1.5 = 13365.76 \text{ m}^2$$

Pour le calcul des dimensions, le ratio optimal pour un bon fonctionnement des lagunes facultatives longueur/largeur = 3.

Donc, notre bassin aura les dimensions suivantes :

Largeur =66.74 m, Longueur = 200.26m, Profondeur = 1.5m

a)-3. Dimensionnement du bassin de maturation:

Les bassins de maturation reçoivent les effluents des bassins facultatifs. Ce sont des bassins entièrement aérobies, avec une faible profondeur (ne dépasse pas 1,5 m). Ces bassins assurent une bonne élimination des éléments pathogènes et ainsi les eaux épurées seront favorables à une éventuelle utilisation en agriculture. L'abattement de la DBO est beaucoup plus lent que dans les autres bassins.



Le degré de dégradation des matières polluantes dans le bassin de maturation est adopté égal à 20% de DBO_{totale} des eaux sortant du bassin facultatif:

$$L_{s,m} = L_{s,f} \times 0,8 = 39 \times 0,8 = \mathbf{31.2mg/l}$$

❖ **Calcul du temps de séjour du bassin de maturation:**

Le temps de séjour des eaux usées dans le bassin de lagunage maturation $T_{s,m}$ est calculé par

la formule suivante : $T_{s,m} = -\frac{\ln L_f / L_0}{k}$ jours

Alors: $T_{s,m} = -[\ln (31.2/39) / 0.06] = \mathbf{4journs}$

❖ **Le volume du bassin de maturation:**

$$V_m = Q_{2039} \times T_{s,m}$$

$$V_m = V = Q_{2039} \times T_s = 1670.72 \times 4 = \mathbf{6682.88 \text{ m}^3}$$

❖ **La surface du bassin de maturation:**

Nous fixons la profondeur à $H = 1,2 \text{ m}$, donc : $S_m = V_m / H_m = 6682.88 / 1.2 = \mathbf{5569.06 \text{ m}^2}$

Avec un ratio longueur/largeur de 2, les dimensions sont :

Largeur = 52.76m, Longueur = 105.55m, Profondeur = 1.2m

On récapitule les caractéristiques des bassins dans le tableau suivant :

Tableau VI.5: Les caractéristiques des bassins de lagunage.

Bassin	Temps séjour	Surface (m ²)	Profondeur (m)	Largeur (m)	Longueur (m)	Volume (m ³)
anaérobie	8jours	<u>3341.44</u>	4	40.87	81.75	13365.76
facultatif	11jours	<u>13365.76</u>	1,5	66.74	200.26	20048.64
maturation	4jours	<u>5569.06</u>	1,2	52.76	105.55	6682.88

b)- Méthodes empirique:

Le modèle de calcul qu'on a retenu pour le dimensionnement des ouvrages d'épuration des eaux usées est celui proposé dans le cadre méditerranéen C'est le modèle retenu pour le dimensionnement des lagunes en Algérie (ONA, 2011). Nous avons utilisé cette méthode de dimensionnement à titre de comparatif.

Les méthodes empiriques sont basées sur la charge superficielle s'exprimant en Kg DBO₅/ha /jour ou basées sur la charge organique volumique qui s'exprimant en (gDBO/m³.j). Ces méthodes découlent du suivi expérimental des bassins en service.

b)- 1. Dimensionnement du bassin anaérobie:

Le bassin anaérobie est dimensionné sur la base de la charge organique volumique V , qui est donnée par la formule: $V_a = (DBO_5 \cdot Q_a) / \lambda_a$

Avec: $DEBO_5$: Concentration initiale (mg/l)

Q_a : Débit journalier d'eaux usées (m^3/j)

λ_a : Charge volumique (g DBO/ $m^3.j$)

La charge organique volumique applicable dépend de la température moyenne de l'eau selon le tableau suivant :

Tableau VI.5: La charge organique volumique applicable (ONA, 2011).

Température (°C)	Charge organique volumique (g/ $m^3.j$)
<10	100
10-20	20T-100
20-25	10T+100
>25	350

❖ **Calcul du volume de la lagune anaérobie :**

D'après le tableau précédent, la charge organique volumique à appliquer dans le cas de notre étude est 100 g/ $m^3.j$.

Avec : - la concentration en $DBO_5 = 130$ mg/l

- Débit moyen journalier d'eaux usées $Q_{mj} = 1670,72$ (m^3/j)

$$V_{an} = 130 \times 1670,72 / 100 = 2171.94 \text{ m}^3$$

❖ **Calcul du temps de séjour:**

$$t_{an} = \frac{V_{an}}{Q_{mj}}$$

$$t_{an} = 2171.94 / 1670.72 = 1.3 \text{ jour}$$

❖ **Calcul de la surface de la lagune anaérobie:**

Nous fixons la profondeur à 4m, donc,

$$S_{an} = \frac{V_{an}}{h_{an}}$$

$$S_{an} = 2171.94 / 4 = 542.98 \text{ m}^2$$

Avec un ratio longueur / largeur = 2, notre bassin aura les dimensions suivantes :

- Largeur = 16.47m, Longueur = 32.95 m, Profondeur = 4 m.



❖ Performances des lagunes anaérobies:

Les pourcentages d'élimination de la DBO_5 est peut être calculé selon le tableau suivant :

Tableau VI.6: Les pourcentages d'élimination de la DBO_5 (ONA, 2011).

Température (°C)	DBO_5 éliminée %
< 10	40
10-20	$2T+20$
20-25	$2T+20$
> 25	70

- Application numérique:

Le rendement d'élimination de la DBO_5 par la lagune anaérobie à une température de 10 °C est de l'ordre de 40%. Donc la concentration de l'effluent à la sortie de cette lagune est calculée comme suit :

$$DBO_{5\text{ s.an}} = DBO_{5\text{ inf}} (1 - \%/100)$$

$$DBO_{5\text{ s.an}} = 130 (1 - 0,4) = 78 \text{ mg/l}$$

$$DBO_{5\text{ s.an}} = 78 \text{ mg/l}$$

b)-2. Dimensionnement du bassin facultatif:

Il y a plusieurs modèles empiriques de dimensionnement pour le dimensionnement de la lagune facultative, dans ce type de bassin, les surfaces sont importantes et la profondeur varie de 1 à 2 m. le modèle empiriques basé sur la charge organique surfacique notée λ_s exprimée en (g $DBO_5/m^2.j$) qui est donnée par la formule :

$$\lambda_s = 10 \times [(DBO_5 \times Q)/S_f]$$

Avec : λ_s = charge organique surfacique (g $DBO_5/m^2.j$)

DBO_5' = concentration de la DBO_5 à l'entrée du bassin facultatif en (mg/l)

Q = Débit des eaux usées à traiter (m^3/j).

S_f = surface du bassin facultatif.

La valeur de la charge organique surfacique applicable au dimensionnement du bassin facultatif dépend de la température, elle est calculée selon la formule suivante :

$$\lambda_s = 350 (1,107 - 0.002 \times T)^{(T-25)}$$

Avec : λ_s : charge organique surfacique (g $DBO_5/m^2.j$).

T : température minimale en °C.

Pour les besoins de nos calculs, nous concèderons que la température minimale du mois le plus froid de l'année est de 8,7°C.

La température de l'eau en hiver est supposée supérieure à celle de l'air de 2 à 4°C, donc
 $T^\circ = 8,7 + 4 = 12,7^\circ$.

❖ **Calcul de la charge organique surfacique applicable:**

$$\lambda_s = 350 (1,107 - 0,002 \times 8,7)^{(12,7-25)}$$

$$\lambda_s = 114,7 \text{ g DBO}_5 / \text{m}^2 \cdot \text{j}$$

❖ **Calcul de la surface du bassin facultatif:**

En adoptant la charge organique surfacique et la $\text{DBO}_{5\cdot\text{an}}$ calculée, on aura la surface nécessaire pour la lagune facultative.

$$S_F = 10 \times [(\text{DBO}_5 \times Q) / \lambda_s]$$

$$S_F = 10 \times [(76,7 \times 1670,72) / 114,7] = 11172,12 \text{ m}^2$$

❖ **Calcul des dimensions du bassin facultatif:**

Pour le calcul des dimensions, le ratio optimal pour un bon fonctionnement des lagunes facultative longueur/largeur = 3. Donc, notre bassin aura les dimensions suivantes :

- Largeur = 61,02 m, Longueur = 183,08 m, Profondeur = 1,5 m

❖ **Calcul du volume de lagune facultative:**

Le volume du bassin est calculée en fonction de la profondeur choisie selon la formule ci-dessous, en général, la profondeur (H_f) est prise égale à 1,5 m.

$$V_f = S_f \times H_f$$

$$V_f = 11172,12 \times 1,5 = 16758,18 \text{ m}^3$$

❖ **Calcul du temps de rétention du bassin facultatif:**

Le temps de séjour sera calculé par la formule suivante :

$$t_s = 2S_f H_f / (2Q_f - 0,001eH_f)$$

Avec: t_s : Temps de séjour hydraulique j;

Q_f : Débit à traiter m^3/j ;

e : Taux d'évaporation mm/j ;

S_f : Surface du bassin m^2 ;

-Application numérique : $t_s = 10$ jours

❖ **Calcul du débit d'eau sortant de la lagune facultative à la température maximale:**

$$Q_{s,f} = Q_{mj} - (0,001 \times e \times S_f)$$

$$Q_{s,f} = 1670,72 - (0,001 \times 7,45 \times 11172,12)$$

$$Q_{s,f} = 1587,48 \text{ m}^3/\text{j}$$



b)-3. Dimensionnement du bassin de maturation:

Le temps de séjour étant pris égale à 4 jours, la superficie de la lagune serait de :

$$S_m = 2 Q_m t_m / 2H_m + 0,001et_m$$

$$S_m = (2 \times 1587.48 \times 4) / (2 \times 1, 2) + (0,001 \times 7, 45 \times 4) = 5226.2 \text{ m}^2$$

Avec un ratio longueur/largeur de 2, les dimensions sont:

Largeur =51.11m, Longueur =102.25m, Profondeur = 1,2m

On résume les résultats de calcul pour les deux méthodes dans le tableau suivant :

Tableau VI.7: Comparaison entre la méthode rationnelle et la méthode empirique.

Bassin	Temps séjour		Surface (m ²)		Pr (m)	Volume (m ³)	
	Ratio-	Empi-	Ratio-	Empi-		Ratio-	Empi-
anaérobie	8jours	1,3	<u>3341.44</u>	542,98	4	13365.76	2171,94
facultatif	11jours	10	<u>13365.76</u>	11171,54	1,5	20048.64	16758,18
maturation	4jours	4	<u>5569.06</u>	5226,2	1,2	6682.88	6271,19

D'après ces résultats, nous pouvons constater que les dimensions des deux bassins (facultatif et maturation) sont plus ou moins proches en utilisant les deux méthodes. Par contre pour le premier bassin anaérobie les dimensions sont différentes, comme témoignent les valeurs du temps de séjours.

VI.5. Conclusion:

Dans ce chapitre nous avons donné un détail de calcul de tous les ouvrages formant le système d'épuration par lagunage, en se basant sur le développement de la ville, l'évolution du nombre d'habitant et l'augmentation des débits des eaux usées évacuées.

Nous avons basé sur la méthode rationnelle pour le calcul de tous les bassins. Une méthode empirique à été étudiée à titre comparatif.

La comparaison entre les deux méthodes a indiqué une bonne concordance des dimensions pour le bassin facultatif et le bassin de maturation.

Les résultats obtenus indiquent une bonne élimination de la charge polluante exprimée en DBO₅, avec un temps de séjour presque de 23 jours, sur une superficie d environ de 2,23 hectares.



Chapitre VII
Réalisation et exploitation
du lagunage

VII.1. Introduction:

Après calcul et dimensionnement de différents ouvrages de la station, nous passons à une étape très importante c'est la réalisation et l'exploitation de la station d'épuration .

Nous étudions dans ce chapitre l'implantation de la station et les propriétés du site qui recevant l'eau traitée (site de projet). Ainsi les techniques et les critères influençant la réalisation d'une station d'épuration par le lagunage naturel. En fin nous avons donné les principales techniques utilisés pour une meilleure exploitation de ce projet.

VII.2. Propriétés du site recevant de l'eau traitée:

Les eaux usées après le processus de traitement seront rejetés dans la vallée de oued R'etm et qui est caractérisé par un cours rectiligne avec de rares courbures, la largeur du lit majeur peut atteindre localement plusieurs centaines de mètres. Il est érigé dans un ensemble topographique plat qui est entrecoupé par des reliefs sous forme de dômes à surface calcaire-gypseuses.

❖ Lieu et espace attribuées :

Nous avons estimé l'espace qui leur est alloué par 4 hectares qui sont assez pour créer tous les équipements et installations de la station mentionnées dans cette étude.



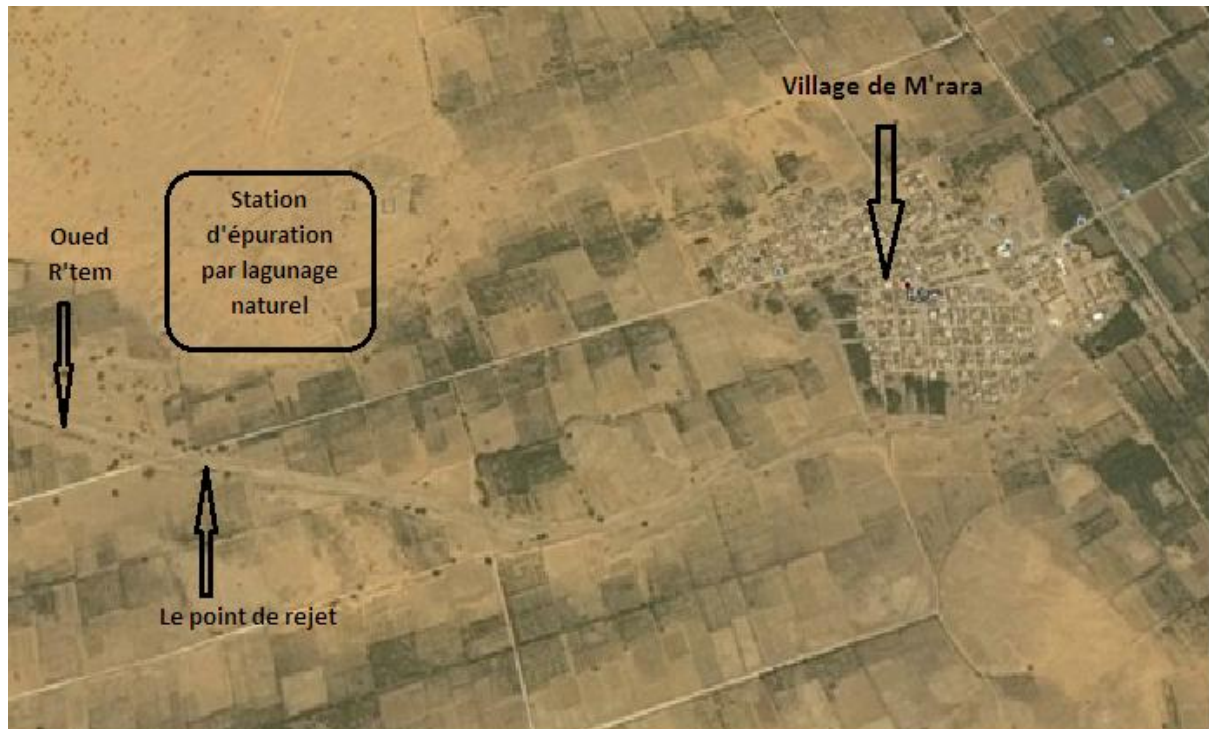


Figure VII.1: Proposition du site de la station d'épuration.

VII.3. Recommandations lors de la réalisation:

VII.3.1. Les digues:

Les digues sont caractérisées par leur faible hauteur et leur grand développé, leur réalisation nécessite les mêmes précautions que pour les petits barrages en terre. Elles peuvent être réalisées par différentes méthodes.

La stabilité des digues est assurée avec des pentes allant de 1/1 à 3/1 en fonction de :

- La nature du sol en place.
- La qualité des remblais utilisés.
- La profondeur des bassins.

Lors des constructions des digues il est indispensable d'éviter les terrains vaseux ou trop humides pour le corps de la digue vu leur grande compressibilité.

Le profil retenu pour les digues dépend des matériaux reconnus lors des travaux de reconnaissance et des conditions générales du chantier.

Les solutions adoptées sont donc très variables, mais lors de leur définition il faudra toujours se préoccuper de l'économie d'ensemble du projet. Parmi ces solutions on distingue (*D'ornano et Mehaignerie, 1979*).



❖ Dignes homogènes sur horizon étanche:

Cette solution peut être adoptée lorsque la quantité de matériau étanche disponible est suffisante. Elle conduit à des ouvrages très simples et économiques. Il faut seulement s'assurer que la liaison entre le terrain naturel et le remblai ne soit pas une zone de circulation d'eau préférentielle.

Pour ceci, et après décapage, on prévoira une tranchée d'ancrage remplie de matériau étanche compacté. Sa profondeur comprise entre 0,2 m et 0,5 m dépendra de la hauteur d'eau dans les bassins. Pour les faibles charges (jusqu'à 1,5 m) on pourra parfois se contenter d'une bonne scarification du terrain de fondation (*D'ornano et Mehaignerie, 1979*). (Voir annexe VII.1)

❖ Dignes à zone sur terrain à couverture de sable de faible épaisseur:

Lorsque le site retenu ne correspond pas à des terrains de couvertures homogènes il est intéressant d'utiliser le maximum de matériaux disponibles dans la cuvette et de prévoir un ouvrage à zones. La nécessité qu'il y a de prévoir une clef d'étanchéité conduit à une augmentation légère du coût de la digue (*D'ornano et Mehaignerie, 1979*).

❖ Dignes étanches par membrane ou tapis d'argile:

Dans certains cas les matériaux disponibles sur le site ne permettent pas d'assurer l'étanchéité des bassins. Il faut alors utiliser soit des étanchéités en membranes à base de bitume ou d'élastomères, soit des tapis en matériaux argileux compactés. Dans ce dernier cas et pour des raisons de mise en place, la pente des talus ne peut dépasser la valeur de 3,5/1.

L'utilisation de membranes conduit à un coût élevé des bassins et elle n'est généralement prévue que pour les bassins aérés mécaniquement.

En l'absence d'eau la stabilité des talus est pratiquement toujours assurée lorsque leurs pentes sont de 2,5/1 pour les sables, et 2/1 pour les argiles compactées. En présence d'eau (talus côté lagune) la stabilité des talus en terre argileuse compactée est assurée avec une pente de 2,5/1 (Voir annexe VII.2) (*D'ornano et Mehaignerie, 1979*).

VII.3.2. Travaux d'étanchéité des bassins de lagune:

L'étanchéité des bassins de lagunage est un paramètre essentiel pour le bon fonctionnement des lagunes. Une mauvaise étanchéité risque d'entraîner une pollution de la nappe phréatique par percolation des eaux usées (*Alexandre et al, 1997*).

Ces travaux sont réalisés en fonction de la perméabilité des terrains. On cherche à atteindre une perméabilité des fonds des bassins inférieure à $K=10^{-2}$ m/s. Pour réaliser l'étanchéité des fonds de bassins, on utilise des apports de matériaux argileux, des recouvrements à la



Bentonite, des recouvrements à la Bitume (goudron minéral) ou des poses de géo-membranes et dans de rares cas, du béton.

Plusieurs solutions permettent de réaliser une bonne étanchéité, au meilleur cout, en fonction des résultats obtenus lors de l'étude géotechnique :

VII.3.2.1. Etanchéité par compactage:

Le compactage des sols constitue souvent la solution la plus économique pour réaliser l'étanchéité des fond de bassins lorsque les matériaux s'y prêtent et sont disponible à proximité.

La perméabilité d'un sol est très liée à son degré de compacité. Il existe différent types d'étanchéité par compactage :

- ❖ Si le terrain naturel est perméable dans son état et suffisamment étanche une fois compacté, de supprimer la couche supérieure de la terre végétale et compacter le terrain en place ainsi découvert. Si l'étanchéité de ce terrain est à la limite admissible, il faudra procéder par deux passages : une couche supplémentaire de 20 cm est décapée puis mise en place avec compactage après avoir compacté la couche inférieure (*D'ornano et Mehaignerie, 1979*).
- ❖ Si le terrain naturel est trop perméable même après compactage, il faut apporter une étanchéité extérieure qui peut être constituée de deux couches de terre compactée de 15 cm chacune. On met deux couches de terre compactée pour garantir la continuité de l'étanchéité. Lorsque le terrain en place est moyennement perméable, on peut se contenter d'une seule couche de 20 cm. Il faudra veiller dans ce cas à ce que cette couche ne soit pas percée par l'affouillement dû aux turbines dans le cas d'un lagunage aéré ou par les engins utilisés pour le curage(*D'ornano et Mehaignerie, 1979*).

VII.3.2.2. Pose d'une géomembrane:

S'il n'y a pas de terre suffisamment étanche disponible à proximité, on peut utiliser des étanchéités artificielles en PVC, néoprène ou feutres imprégnés de bitume, etc.... Pour les PVC, il faut choisir les meilleures qualités et si possible des feuilles armées. Le coût de l'étanchéité est alors important.

Pour la pose de ces membranes, il faudra prendre les précautions retenues habituellement pour ces procédés dont les principales sont :

- Bonne soudure des lés,
- Bonne planéité du sol (elle dépend du typé de membrane),
- Ancrage sur les rives,



-Absence de sous-pressions (par bonne gestion ou drainage).

Sur les surfaces planes, on peut envisager l'utilisation de bentonite mélangée au terrain, mais il faut que le terrain s'y prête et que des essais de laboratoire aient défini les doses à utiliser. (Il faut que la granulométrie du terrain soit fine et régulière) (*D'ornano et Mehaignerie, 1979*).

VII.4. L'exploitation des lagunages:

Un des intérêts principaux des lagunages est la simplicité de l'exploitation. Cette simplicité ne saurait cependant aller jusqu'à une absence d'entretien qui se traduirait à terme par un abandon pur et simple des installations. Trois types d'interventions peuvent être distingués :

- Surveillance générale.
- Entretien du prétraitement et des lagunes.
- Curage de bassins et élimination des boues.

VII.4.1. Surveillance générale:

La surveillance générale est indispensable pour déceler les éventuelles anomalies sur l'installation telles que l'érosion des digues, la présence de rongeurs, l'obstruction des ouvrages de communication, le développement des lentilles d'eau.

L'exploitant devra en particulier vérifier les points suivants :

- Le bon écoulement de l'eau ;
- L'absence de flottants ;
- La couleur de l'eau ;
- L'absence d'odeurs ;
- L'état des digues.

Pour cela, il est indispensable de parcourir toutes les digues (*Racault, 1997*).

VII.4.2. Entretien du prétraitement et des lagunes:

❖ Entretien du Prétraitement:

Un entretien des ouvrages de prétraitement est nécessaire pour :

- Empêcher la mise en charge du réseau ou le by-pass des effluents ;
- Éviter les mauvaises odeurs ou des perturbations sur la première lagune (*Racault, 1997*).

Dans le cas d'un lagunage naturel alimenté gravitaire par voie gravitaire, cette intervention sera limitée au nettoyage de la grille et réalisée tous les deux jours si la grille est bien dimensionnée. Les déchets seront collectés dans des poubelles étanches. Les déchets retirés du prétraitement ne doivent pas constituer une nouvelle source de nuisances (*D'ornano et Mehaignerie, 1979*).



❖ Entretien des lagunes:**- Elimination des flottants:**

En cas d'arrivée d'éléments flottants, il pourra se vérifier utile pour sauvegarder l'aspect esthétique des bassins, de les éliminer à des fréquences pouvant varier de 1 fois par semaine à 1 fois par mois. Ces flottants se rassemblent sous l'effet du vent dans un coin de la lagune. Les hydrocarbures fréquemment présents dans les effluents sont généralement absorbés par les digues et ne présentent donc pas de graves inconvénients. Cependant, en cas d'arrivée trop fréquente, on devra en rechercher l'origine et faire cesser les déversements dans le réseau (*D'ornano et Mehaignerie, 1979*).

- Entretien des digues:

L'entretien des digues portera essentiellement sur la maîtrise de la végétation et la lutte contre les rongeurs éventuels. La tonte de l'herbe et l'élimination des broussailles devront permettre un accès permanent à l'ensemble des berges. On pourra ainsi déceler la présence éventuelle de rongeurs. La présence de végétation aquatique près des berges favorise l'installation de rongeurs aquatiques tels que le ragondin et le rat musqué.

Les problèmes posés par les rongeurs ne sont pas spécifiques aux lagunes et concernent au même niveau de risques tous les autres plans d'eau. Il ne semble pas en particulier que les rongeurs s'installent plus électivement dans les lagunes. Le contrôle de rongeurs sera grandement facilité par l'entretien soigneux des berges.

Les moyens en personnel et en matériel seront réduits. La qualification du personnel et les temps passés seront compatibles avec les moyens les plus limités des petites communes. On doit prévoir en moyenne 2 à 3 heures par semaine et 1 ou 2 journées complètes par mois pour l'entretien des digues (*D'ornano et Mehaignerie, 1979*).

- Lutte contre les lentilles d'eau:

Les lentilles perturbent l'épuration à cause de l'arrêt de la pénétration de la lumière et de l'anaérobiose qui en découle. De plus, en l'absence d'extraction, elles contribuent à l'augmentation importante du volume des sédiments et leur dégradation augmente la charge organique à traiter (*Racault, 1997*).

- Fauchage de la végétation des digues et des berges:

Cette opération constitue un poste important de l'exploitation d'un lagunage. Outre les objectifs de rendre l'accès facile au plan d'eau et de conserver l'aspect esthétique de la station, le fauchage doit permettre de limiter l'installation des rongeurs et de contrôler l'état des



berges. Lors des fauchages, on évitera au maximum l'introduction des végétaux coupés dans les bassins (*Racault, 1997*).

VII.4.3. Curage de bassins et élimination des boues:

❖ Le curage des bassins:

Comme tout dispositif d'épuration, le traitement par lagunage conduit à la production de boues issues de la décantation : soit des MES présentes dans l'effluent, soit des corps algaux et des micro-organismes qui se développent dans les bassins. Les feuilles des végétaux supérieurs présents à la périphérie des bassins ou sur le bassin (lenticilles d'eau) s'ajoutent aux matières décantées.

L'accumulation des dépôts dans les bassins est irrégulière. Quelle que soit la forme des bassins, il existe trois zones où les dépôts sont plus importants : en entrée et en sortie et selon une bande le long des berges. Dans ces zones où les vitesses d'écoulement plus faibles permettent une sédimentation importante, l'épaisseur des dépôts peut fréquemment dépasser 0,40 m alors que sur l'ensemble d'un bassin celle-ci n'atteint en général que 0,10 à 0,15 m.

L'opération de curage doit être réalisée en fonction des contraintes locales (hors pointes de charge, hors étiage, en période d'épandage favorable), et sa durée doit être la plus courte possible. Les curages se font généralement lorsque le volume de boue atteint 30 % du volume du bassin. Le rythme d'accumulation des boues étant très variable suivant les installations, il est difficile de donner un âge moyen ; en pratique, une dizaine d'années la première fois en raison de la sous-charge habituelle des installations (*Racault, 1997*).

Il y a deux méthodes sont habituellement utilisées pour le curage des bassins de lagunage :

- Curage après vidange de l'eau:

Après mise hors circuit du bassin à nettoyer, la lame d'eau couvrant les boues est évacuée par pompage, par siphonage ou par gravité vers le bassin suivant. Les sédiments sont alors homogénéisés manuellement ou avec un engin mécanique, puis pompés avec une tonne à lisier ou avec un camion hydro cureur. Cependant, toute utilisation d'un engin mécanique susceptible de dégrader l'étanchéité du bassin est absolument à proscrire (*Racault, 1997*).

- Curage sous eau:

Le curage sous eau est effectué à l'aide d'une tête de succion supportée par un radeau et reliée à un camion hydrocureur. Le radeau est déplacé depuis la berge à l'aide d'un système de moufle le long d'un câble (*Racault, 1997*).



❖ L'élimination des boues:

La seule destination finale des boues devra être son utilisation agricole. Le curage se fera donc à une époque de l'année où cette utilisation agricole est la plus favorable compte tenu des pratiques culturales, au voisinage de l'installation.

Le cas le plus favorable sera celui où la proximité des terrains sera compatible avec un transport par canalisations. Dans les autres cas, on utilisera du matériel agricole pour le transport et d'épandage. Bien qu'il s'agisse d'une intervention lourde et parfois couteuse, il convient de ne pas en exagérer à priori les difficultés (*D'ornano et Mehaignerie, 1979*).

VII.5. Le suivi technique:

Malgré la simplicité de ce procédé, le lagunage naturel, comme les autres types de station d'épuration, doit bénéficier d'un suivi technique adapté à sa spécificité.

Compte tenu de l'influence des conditions météorologiques saisonnières sur le fonctionnement des lagunages, une visite par trimestre paraît nécessaire pour bien appréhender ce type d'installation. En cas de crainte de dysfonctionnement, les visites pourront être plus rapprochées durant la ou les saisons critiques (*Racault, 1997*).

Le suivi technique comprend trois types d'intervention :

- les visites simples ;
- les visites bilan ;

VII.5.1. Les visites simples :

Le contexte de réalisation de la visite doit être absolument précisé (conditions météo, heure), ainsi que les phénomènes météorologiques marquants qui ont précédé la mesure. La visite permet de contrôler l'intégrité et le bon entretien des ouvrages. Celle-ci comprend des examens visuels :

- Des berges afin d'y détecter la présence de rongeurs, de fuites, d'affaissements et de dégradations par batillage ;
- Des ouvrages annexes (poste de relevage, prétraitements, ouvrages de communication et de vidange).

La visite simple permet d'apprécier la qualité des rejets en concentration et en flux. Les paramètres analysés sont la DCO sur échantillon filtré et les MES. Le lagunage étant un procédé non conservatoire des débits, l'appréciation des rejets en flux est souvent plus importante que celle qui porterait uniquement sur les concentrations.



VII.5.2. Les visites bilan:

En plus des opérations réalisées lors des visites simples, les bilans comportent une série de mesures qui apportent des indications précises sur le fonctionnement du lagunage :

-Mesure sur 24 h des charges reçues en DBO₅, DCO, MES, NK et PT. Celle-ci est réalisée à partir d'une mesure de débit à l'entrée de l'installation et d'un échantillonnage proportionnel au débit. Elle permet d'apprécier le taux de charge de l'installation et son évolution.

-Si le rejet de l'installation doit satisfaire à des normes bactériologiques, il convient de mesurer les niveaux de sortie à partir d'une série d'échantillons ponctuels prélevés lors du bilan.

VII.6. Conclusion:

La conception et la réalisation des bassins de lagunage reposent sur l'application de techniques le plus souvent élémentaires de la mécanique des sols qui sont couramment utilisées en équipement rural pour la création des retenues d'eau.

La réalisation d'un système de lagunage par la collecte et l'élaboration d'une base de donnée sur : la situation et caractéristique de la zone d'étude, la situation de l'assainissement. Un procédé performant est le fruit d'un dimensionnement convenable et d'un bon suivi durant toutes les phases de sa réalisation de l'étude jusqu'à la mise en service. L'exploitation d'un système par lagunage est très simple mais très utile pour garantir un maximum de rendement.



CONCLUSION GENERALE

CONCLUSION GENERALE

L'objectif de notre travail a été d'estimer d'une part le débit des eaux usées à évacué aux années futures, avec identification de la qualité physicochimiques de ces eaux et la charge polluante en termes de matière organique. D'autre part, d'étudier la faisabilité de projet d'un système d'épuration des eaux résiduaires.

Après avoir examiné l'état du lieu et recenser toutes les données sur la région, nous avons étudiée la variante du système d'épuration par lagunage avec des bassins d'épuration à aération naturelle. L'horizon de référence est l'an 2039, où le débit moyen journalier des eaux usées sera $1670.72 \text{ m}^3/\text{j}$ et les valeurs moyennes des charges polluantes sont: $\text{DBO}_5 \text{ totale} = 130 \text{ mg/l}$, $\text{DCO} = 116.5 \text{ mg/l}$, $\text{MES} = 57.93 \text{ mg/l}$. Ces résultats montrent que le lagunage naturel est le procédé le plus adapté à cette région.

Les ouvrages projetés du système épuratoire «type lagunage naturel » représentent les bassins d'épuration aménagés artificiellement dans lesquels les processus d'autoépuration sont effectués par les bactéries, les algues microscopiques et zooplancton grâce à l'aération naturelle. Le degré d'épuration dans les bassins de lagunage I, II et III étages est évalué conventionnellement par la valeur de $\text{DBO}_5 \text{ totale}$ résiduelle des eaux épurées. Les eaux usées qui ont subi une épuration biologique totale doivent avoir la valeur de $\text{DBO}_5 \text{ totale}$ de l'ordre de quelques milligrammes par litre.

Le procédé de lagunage naturel présenté les avantage suivant:

- ✓ Système respectueux de l'environnement;
- ✓ Coûts d'investissement limités;
- ✓ Très bonne élimination des germes pathogènes en été (4-5 logs), bonne en hiver (3 logs);
- ✓ Elimine une grande partie des nutriments : phosphore et azote (en été);
- ✓ Les boues de curages sont bien stabilisées (sauf celles présentes en tête du premier bassin) et faciles à épandre sur sol agricole;
- ✓ S'adapte bien aux fortes variations de charge hydraulique ;
- ✓ Les boues peu fermentescibles;
- ✓ Une simplicité de fonctionnement puisqu'il consiste à faire circuler de l'eau à épurer lentement dans un ou plusieurs bassins, il s'accommode donc parfaitement d'un entretien simplifié.

Conclusion générale

Le système d'épuration par lagunage naturel est d'une grande simplicité ce qui fait plusieurs risques disparaissent, il est toujours nécessaire de rappeler que les dangers existent toujours, et il respect strict des recommandations de sécurité pourra empêcher ces risques de se produire.

Un procédé performant est le fruit d'un dimensionnement convenable et d'un bon suivi durant toutes les phases de l'étude et de sa réalisation jusqu'à la mise en service d'où il est nécessaire que le personnel chargé des études où impliqué dans le suivi de projet de réalisation de système de lagunage, et lors maîtrise les étapes de calculs. L'exploitation d'un système par lagunage est très simple et très utile pour garantir un maximum de rendement.

Références Bibliographiques

Références Bibliographiques

1- Livres :

Alexandre O., Boutin C., Duchène P., Lagrange C., Lakel A., Liénard A., Orditz D., Filières d'épuration adaptées aux petites collectivités (1997).

Boeglin J.C., Traitements biologiques des eaux résiduaires (1998).

Chellé F., Dellale M., Dewachter M., Mapakou F., Vermey L., L'épuration des eaux : pourquoi et comment épurer Office international de l'eau, 15 pages, (2005)

D'ornano M., Mehaignerie P., Lagunage naturel et lagunage aéré procédés d'épuration des petites collectivités (Juin, 1979).

Faby J.A et Brissaud., L'utilisation des eaux usées épurée en irrigation. Office International de l'Eau, 76 pages, (1997)

Faby J.A., l'utilisation des eaux usées épurée en irrigation. Office International de l'Eau, (1999)

Gaïd A., Traitement des eaux usées urbaines, France (2007).

Laurent J.L., L'assainissement des agglomérations: Technique d'épuration actuelles et évolutions, France (Avril 1994)

Perera P et Baudot B., Procédés extensifs d'épuration des eaux usées, France (mai, 1991).

Racault Y., Le lagunage naturel (Les leçons tirées de 15 ans de pratique en France) (1997).

2- Mémoires :

Achouri F., Mémoire d'Etude des performances épuratoires de la station d'épuration par lagunage naturel de l'oued Béni-Messous W. d'Alger en vue de L'obtention du diplôme d'ingénieur d'état en hydraulique, Alger (2003).

Benkadi F et Messaoudi M., Mémoire Les parasitoses dans la région de Djamâa et El-Meghaier : Situation, identification des principales maladies parasitaires et moyens de lutte, Diplôme d'Etudes Supérieures Ouargla, (2007).

Boumediene M.A., Mémoire Bilan de suivi des performances de fonctionnement d'une station d'épuration à boues actives : Cas de la step Ain el Houtz, Diplôme de licence en hydraulique, Tlemcen (2013).

Dahou A et Brek A., Mémoire de Lagunage aéré en zone aride performance épuratoires cas de (Région d'Ouargla), (Jun, 2013)

Djeddi H., Mémoire d'Utilisation des eaux d'une station d'épuration pour l'irrigation des essences forestières urbaines, diplôme de Magistère en Ecologie et Environnement, (2007)

Haouti H., Mémoire Etude de réhabilitation et d'extension de la station d'épuration de la ville Djelfa, diplôme d'ingénieur d'état en hydraulique, Djelfa (2005)

3- Les études :

ANRH., Etude d'Agence National des Ressources hydrique, (2013)

ANRH., Rapport de fine d'étude d'Agence National des Ressources Hydrique, Touggourt (2005)

Aouabed., Les différents procédés de traitement des eaux usées, (2009)

Asano T., Wastewater réclamation and reuse. Water quality management library, 1475 p, (1998)

Baumont S, Camard J.P, Lefranc A, Franconi A., Rapport ORS Réutilisation des eaux usées: risques sanitaires et faisabilité en Île-de-France, 220p, (2004)

Cauchi., Dossier: la réutilisation des eaux usées après épuration. Techniques, Sciences et Méthodes, 2 : 81-118, (1996)

Dhaouadi H., Etude Traitement des eaux usées urbaines (les procédés biologiques d'épuration) Tunis, (2008)

FAO., Etude L'irrigation avec des eaux usées traitées : Manuel d'utilisation. FAO Irrigation and Drainage papier, 65p, (2003)

INRAA., Etude agro – pédologie de la station expérimentale Touggourt, 170p, (2003)

Kolli A et Aissani B., Etude Caractérisation géologique et climatique de M'rara au plateau des daias orientaux dans le bas Sahara, Algérie (Juin 2012).

Koull N., Kherraze M.E., BEN ZAOUI T., Etude Paléo-hydrologie de la région de l'Oued Righ, Touggourt (2010).

L'UNESCO., Fiche Technique: traitement des eaux usées par lagunage, (Aout, 2008).

Martin., Rapport Le problème de l'azote dans les eaux. Ed technique et documentation, Paris (1979)

Metahri., Thèse d'Elimination simultanée de la pollution azotée et phosphatée des eaux usées traitées, par des procédés mixtes cas de la step Est de la ville de Tizi-Ouzou, Diplôme de doctorat, Spécialité Agronomie (Juil, 2012).

OMS., Etude Parasitologie médicale : technique de base pour le laboratoire, 119 p, (2005)

ONA., Rapport de centre de formation aux métiers de l'Assainissement (ONA), thème: conception et dimensionnement d'un système d'épuration par lagunage naturel, (Février, 2011).

Rotbardt A., Rapport final: Réutilisation des eaux usées traitées-perspectives opérationnelles et recommandations pour l'action, (Février, 2011)

Servais., Etude comparative de l'efficacité des traitements d'épuration des eaux usées pour l'élimination des micro-organismes pathogènes, Diplômé d'Etudes Spécialisées en Gestion de l'Environnement (2006).

STUCKY-ENHYD., Etude du schéma directeur d'assainissement et de drainage, Mesures complémentaires de lutte contre la remontée de la nappe phréatique de la zone de l'Oued Righ-06 communes (Mission I/A, Reconnaissance et diagnostic. Réseau d'assainissement urbain, Rapport1-2), Alger (Mars 2009).

STUCKY-ENHYD., Etude d'un système d'évacuation des eaux de crues de L'oued R'tem pour la protection du centre de M'rara (Mission I, étude préliminaire), Alger (Mai 2010)

Tableau des matières des Annexes

ANNEXE II.1	Tableau des normes de l'OMS des eaux rejeté.
ANNEXE II.2	Tableau des normes européenne des eaux rejeté.
ANNEXE II.3	Tableau des normes algérien des eaux usées rejeté.
ANNEXE III.1	Figure de grille mécanique droite.
ANNEXE III.2	Figure de grille mécanique courbe.
ANNEXE VII.1	Figure Digue homogène sur horizon étanche.
ANNEXE VII.2	Figure de Dignes étanches par membrane ou tapis d'argile

ANNEXE II. 1 : Tableau des normes de l'OMS des eaux rejeté.

Caractéristiques	Normes	Unités
PH	6,5-8,5	
Température	<30	°C
DBO ₅	<30	mg/l
DCO	<90 mg/l	mg/l
MES	<20 mg/l	mg/l
NH ⁺ ₄	<0,5 mg/l	mg/l
NO ₂	1 mg/l	mg/l
NO ₃	<1 mg/l	mg/l
P ₂ O ₅	<2 mg/l	mg/l
Couleur	Incolore	
Odeur	Inodore	

ANNEXE II. 2 : Tableau des normes européenne des eaux rejeté.

Paramètre	Normes	Unités
pH	5,5 <pH<9,5	
Température	< 30 °C, un écart de 5°C est toléré	°C
DBO ₅	25	mg/l
DCO	125	mg/l
MES	35	mg/l
Azote	15 mg/l pour une charge brute de pollution entre 600 et 6 000 kg/jour. 10 mg/l pour une charge brute de pollution > 6 000 kg/jour.	Mg/

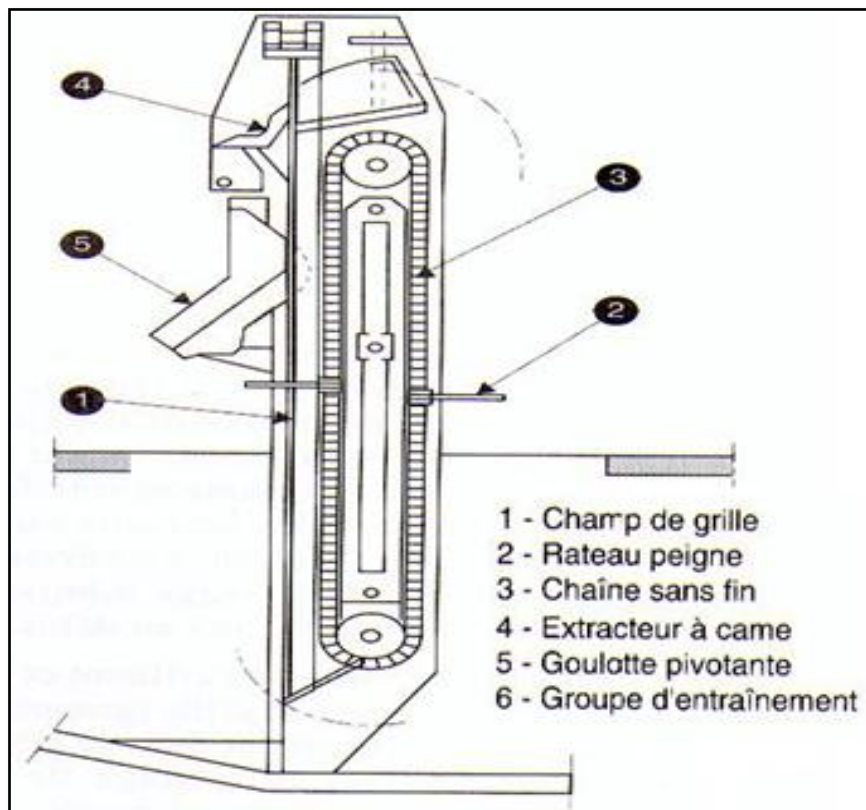
Suite de tableau :

Paramètre	Normes	Unités
Phosphore	2 mg/l pour une charge brute de pollution entre 600 et 6 000 kg/jour. 1 mg/l pour une charge brute de pollution > 6000 kg/jour.	mg/l
Plomb	0,1	g
Hydrocarbures totaux	5	g/jour
Composées phénoliques	5	g/jour

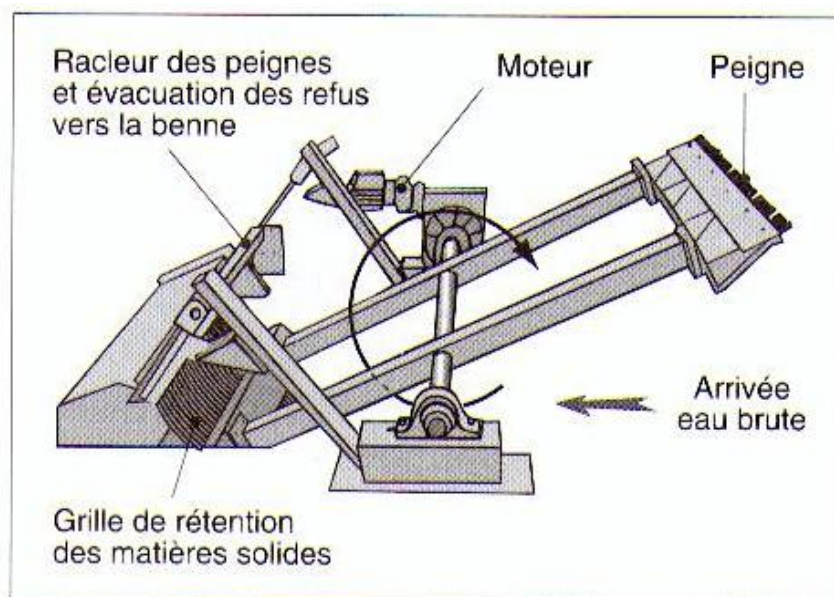
ANNEXE II. 3 : Tableau des normes algérien des eaux usées rejeté.

Paramètre	Normes	Unités
Température	30	(C°)
pH	6,5-8,5	-
O2	5	mg/l
DBO5	30	/
DCO	90	/
MES	30	/
Chrome	0,1	mg/l
Zinc	2	/
Azote	50	/
Phosphates	2	/
Huiles et graisses	20	/
Détergents	1	/
Hydrocarbures	10	/

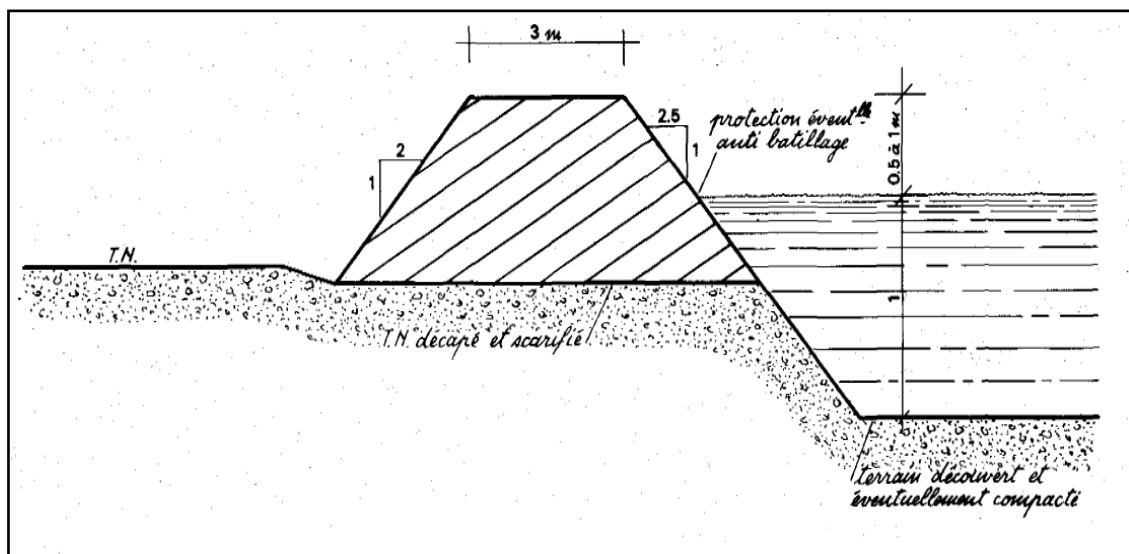
ANNEXE III. 1: Figure de grille mécanique droite.



ANNEXE III.2: Figure de grille mécanique courbe.



ANNEXE VII.1: Figure Digue homogène sur horizon étanche.



ANNEXE VII.2: Figure de Digues étanches par membrane ou tapis d'argile

