

**UNIVERSITE SAAD DAHLAB – BLIDA 1**

**Faculté de Technologie**

Département des sciences de l'Eau et Environnement



## **MEMOIRE DE MASTER**

**Filière : Hydraulique**

**Spécialité : Ressources Hydrauliques**

Thème :

**Réalisation d'une station d'épuration par boue activée  
[SIDI ABDELLAH, MAHALEMA] (Etude bibliographique)**

Présenté par

**KHOUKHOU Redouane**

**NEDJARI Nouha**

Devant le jury composé de :

|                  |                         |              |
|------------------|-------------------------|--------------|
| M.A.GUENDOZ      | Professeur, U. de Blida | Président    |
| Mme.S.BOUZOUIDJA | Professeur, U. de Blida | Examinatrice |
| M.M.BESSENASSE   | Professeur, U. de Blida | Promoteur    |

Promotion 2019/2020

# Remerciements

*Avant tout, nous remercions Allah, le tout puissant qui nous a donné à la fois, le courage et la puissance pour pouvoir mener ce travail à terme.*

*Un grand merci tout spécial à nos parents et à notre famille qui nous ont permis de poursuivre nos études et qui grâce à eux nous sommes là aujourd'hui.*

*Nous adressons nos remerciements à notre respectable encadreur,*

*Monsieur Mohamed Bessenasse. qui a accepté d'encadrer notre travail en nous fournissant ses précieux conseils et encouragements ainsi que sa confiance et patience.*

*Nous tenons à exprimer nos sincères remerciements à tous les enseignants qui nous ont enseigné et qui par leurs compétences nous ont soutenus dans la poursuite de nos études.*

*Nos remerciements vont enfin à toute personne ayant contribué de près ou de loin dans la réalisation de ce modeste mémoire, en espérant qu'il soit à la hauteur et reflète ce que nous avons pu acquérir.*

# Dédicace

*Je dédie ce travail à tous ceux que j'aime mais surtout :*

*A mes parents qui m'ont permis de poursuivre mes études, Je les remercie pour leur soutien depuis ma naissance jusqu'à ce moment, surtout lorsque j'ai fait un accident de voiture en 2018 et leur souffrance avec moi jusqu'à maintenant.*

*A mes sœurs ZINEB et SARAH ;*

*A mes frères MOHAMED, IBRAHIM et ABDELKRIM ;*

*A mes neveux AYOUB, ISLEM et ZAKARIA ;*

*A mes amis RAFIK, KAMEL, YOUNES, BILLAL, DJALIL ;*

*A mon binôme NOUHA ;*

*A toute ma promotion sans exception ;*

*A tout les enseignants du département qui m'ont accompagné durant mes études ;*

*A toute personne utilisant ce document pour un bon usage.*

**Redouane**

# *Dédicace*

*Je dédie ce travail tout d'abord à mes chers parents...*

*Ma mère, mon réservoir de tendresse qui n'a jamais cessé de m'encourager et de prier pour moi...*

*Mon père... je te dis merci pour ton amour inconditionnel, pour ton soutien permanent et pour l'éducation que tu m'as donnée... aujourd'hui tu peux être fier de moi*

*Chers parents, aucune dédicace ne saurait exprimer l'amour, l'estime et le respect que je vous dois.  
Que dieu vous garde pour moi.*

*A ma seule et unique sœur, Nour-El-Houda que j'aime plus que tout au monde et qui a toujours été pour moi, de courage et de générosité. Je la remercie tout particulièrement pour l'aide précieuse qu'elle m'a apportée afin de réaliser ce travail...*

*A mon beau-frère adoré*

*A mes meilleurs amis qui ont toujours été là pour moi : Sanaa , Naila , Yasmine , Sara , Soumia , Assia , Mouloud , houcine , Abdellah et Yacine ... merci infiniment pour votre présence, vos conseils et les bons moments de joie et de folie qu'on a partagé. Je prie dieu pour que notre amitié dure toute la vie.*

*Et finalement à mon binôme Redouane et toute ma promotion .*

***Nedjari Nouha.***

## ملخص

من خلال هذه المذكرة اردنا ان نقوم بدراسة تتضمن إقامة محطة تطهير المياه المستعملة للمدينة الجديدة سيدي عبدالله ولاية الجزائر العاصمة ، يهدف هذا العمل إلى المحافظة على الوسط الطبيعي و حماية الصحة العمومية ضد كل تلوث و إمكانية استعمال هذه المياه المطهرة لتعبئة بحيرة اصطناعية سياحية على مستوى بلدية سيدي عبدالله و استعمال هذه المياه المطهرة أيضا في الفلاحة .

ان دراستنا هذه تتمثل في تجسيد المحطة بقدرة استيعاب على مرحلتين:

المرحلة الأولى : معالجة المياه المستعملة في أفق 2020 ذات قدرة معالجة 20 000 نسمة.

المرحلة الثانية : توسيع المحطة لضمان رفع قدرة الاستيعاب إلى 25 000 نسمة في أفق 2030.

الكلمات المفتاحية : محطة – تطهير – المياه - تلوث

## Résumé

A travers ce travail , nous avons souhaité mener une étude qui inclut la mise en place d'une station d'épuration pour la nouvelle ville de Sidi Abdallah, la wilaya d'Alger. Ce travail vise à préserver le milieu naturel et à protéger la santé publique contre toute pollution et la possibilité d'utiliser cette eau épurée pour remplir un lac touristique artificiel au niveau de la ville sidi Abdallah, et l'utilisation de cette eau purifiée également dans l'agriculture.

Notre étude est représentée en incarnant la station avec capacité en deux étapes:

Première étape: traitement des eaux usées à l'horizon 2020 avec une capacité de traitement de 20 000 personnes.

La deuxième phase: agrandir la station pour faire en sorte que la capacité soit portée à 25000 personnes d'ici 2030 .

Les mots clés : Station - Epuration – Eaux – pollution

## Abstract

Our work consists in establishing a waste water treatment plant in the town of SIDI ABDELLAH, Algiers. This survey aims to preserve the natural environment and protect public health against any pollution and the possibility of using this purified water to shim l an artificial tourist lake at the level of the city of Sidi Abdallah, and the use of this purified water in agriculture.

Our work consists of accurate studies to provide the station with low capacity. The study is divided into two phases:

1-The first phase permits to treat the used water of 20 000 inhabitants till 2020 .

2-The second escapades the station to raise the station capacity for 25 000 till 2030 .

The key words: Station - Treatment - Water – pollution

# Sommaire

|                            |    |
|----------------------------|----|
| Introduction général ..... | 01 |
|----------------------------|----|

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

|  |    |
|--|----|
| Introduction .....   | 03 |
| I.1.Caractéristiques générales de la nouvelle ville de SIDI ABDELLAH .....               | 03 |
| a. situation géographique .....  | 03 |
| I.2. Contexte général du site de la nouvelle ville Sidi Abdellah .....                   | 04 |
| a. Le relief .....   | 04 |
| b. le climat .....   | 04 |
| c.la température .....   | 04 |
| d.les précipitations .....   | 05 |
| e. l'humidité .....  | 05 |
| f. direction et intensité des vents .....  | 06 |
| I.3.La ville nouvelle et le développement durable .....                                  | 07 |
| I.4.Les réseaux de distribution de l'eau et la gestion des eaux usées et pluviales ..... | 08 |
| I.4.1.L'alimentation en eau potable .....  | 08 |
| I.5 : Présentation de Projet de la station d'épuration ( SIDI ABDELLAH ) .....           | 10 |
| Conclusion .....   | 10 |

## **Chapitre II : Les origines des eaux usées**

|  |    |
|--|----|
| Introduction .....                         | 12 |
| I.1.Origine des eaux usées .....           | 12 |
| II.1.1.Les eaux usées domestiques .....    | 12 |
| II.1.2.Les eaux usées industriels .....    | 12 |
| II.1.3.Les eaux de ruissellement .....     | 13 |
| II.1.4.Les eaux agricoles .....            | 13 |
| II.2.Nature de la pollution de l'eau ..... | 13 |
| II.2.1.Pollution organique .....           | 14 |
| II.2.2.Pollution microbiologique .....     | 14 |
| II.2.3.Pollution minérale .....            | 15 |

|   |    |
|---|----|
| II.2.4.Pollution toxique .....                                  | 16 |
| II.3.Effets des eaux usées sur le milieu récepteur .....        | 18 |
| II.4.Caractéristiques des paramètres de pollution étudiés ..... | 18 |
| II.4.1.Les paramètres physiques .....                           | 18 |
| II.4.2.Les paramètres chimiques .....                           | 21 |
| II.4.3.Les paramètres biologiques .....                         | 25 |
| II.5.Estimation des charges polluantes .....                    | 26 |
| II.5.1.Charges en DBO <sub>5</sub> .....                        | 26 |
| II.5.2.Charges en MES .....                                     | 27 |
| II.5.3.Notion d'équivalent habitant (EH) .....                  | 27 |
| II.5.4.Les normes de rejet .....                                | 27 |
| Conclusion .....  | 27 |

### **Chapitre III : Procédés d'épuration des eaux usées**

|   |    |
|---|----|
| Introduction .....  | 31 |
| III.1.Origine des eaux usées .....                              | 31 |
| III.2.Choix de procédé de traitement .....                      | 32 |
| III.3.Le relevage .....   | 32 |
| III.4.Les différentes étapes du traitement des eaux usées ..... | 33 |
| III.4.1.Les prétraitements .....                                | 33 |
| III.4.2.Les traitements primaires .....                         | 37 |
| III.4.3.Les traitements secondaires .....                       | 38 |
| III.4.4.Le Traitement tertiaire .....                           | 43 |
| Conclusion .....  | 44 |

### **Chapitre IV : Procédé d'épuration par boue activées**

|  |    |
|--|----|
| Introduction .....   | 46 |
| IV.1.Composants d'une unité biologique .....                 | 46 |
| IV.1.1.Régime hydraulique d'un procédé à boue activées ..... | 47 |
| IV.1.2.Comparaison entre les deux systèmes .....             | 47 |
| IV.2.Paramètres de traitement .....                          | 47 |
| A. Paramètres de charge .....                                | 47 |
| B. Age des boues .....                                       | 48 |

|  |    |
|--|----|
| C. Indice de Mohlman .....   | 48 |
| D. Indice de Donaldson .....   | 49 |
| IV.3.Besoins en oxygène .....  | 49 |
| *Consommation d'oxygène .....  | 49 |
| *Besoins théoriques en oxygène .....   | 50 |
| IV.4.Principe d'épuration par boue activées .....                              | 50 |
| IV.5.Système d'aération .....  | 53 |
| IV.5.1.Aération de surface .....   | 53 |
| IV.5.2.Aérateurs de fond .....   | 53 |
| IV.5.3.Hydro-éjecteurs .....   | 54 |
| IV.5.4.Aération par air sur pressé .....                                       | 55 |
| IV.6.Avantages et inconvénients du procédé d'épuration par boue activées ..... | 56 |
| Conclusion .....   | 56 |

## **Chapitre V : Traitement des boues**

|  |    |
|--|----|
| Introduction .....                         | 58 |
| V.1.Définition des boues .....             | 58 |
| V.2.Objectif de traitement des boues ..... | 58 |
| V.3.Origine des boues .....                | 58 |
| a. Boues primaires .....                   | 59 |
| b. Boues secondaires .....                 | 59 |
| c. Boues mixtes .....                      | 59 |
| d. Boues d'aération prolongée .....        | 59 |
| e. Boues physico-chimiques .....           | 59 |
| V.4.Etapes de traitement des boues .....   | 59 |
| V.4.1.Epaississement .....                 | 59 |
| V.4.2.Stabilisation .....                  | 60 |
| V.4.3.Conditionnement .....                | 62 |
| V.4.4.Déshydratation .....                 | 62 |
| V.4.5.Le séchage .....                     | 63 |
| V.4.6.Traitements d'hygiénisation .....    | 64 |
| V.4.7.Stockage des boues .....             | 64 |



|                                       |    |
|---------------------------------------|----|
| V.5.Destination final des boues ..... | 64 |
| V.5.1.Principale filières .....       | 64 |
| V.5.2.filières facultatives .....     | 69 |
| Conclusion .....                      | 69 |

## **Chapitre VI : Gestion et exploitation de la station d'épuration**

|   |    |
|---|----|
| Introduction .....  | 71 |
| VI.1.Responsabilité du personnel .....                                    | 71 |
| VI.2.Mesure et contrôles effectués au niveau de station d'épuration ..... | 72 |
| VI.3.Contrôle de fonctionnement .....                                     | 73 |
| VI.3.1.Contrôle journalier .....  | 73 |
| VI.4.Entretien des ouvrages .....   | 74 |
| VI.4.1.Le degriilleur .....   | 74 |
| VI.4.2.Déssableur –Déhuileur .....  | 74 |
| VI.4.3.Bassin d'aération .....  | 74 |
| VI.4.4.Clarification .....  | 75 |
| VI.4.5.Désinfection des eaux épurés .....                                 | 75 |
| VI.4.6.Lits de séchage .....  | 75 |
| VI.4.7.Epaississeur .....   | 76 |
| Conclusion .....  | 76 |
| Conclusion général .....  | 77 |

# Liste des figures

|  |    |
|--|----|
| Figure I-1 : Situation géographique de la ville de Sidi Abdellah.....            | 03 |
| Figure I-2 : L'Entrée de la ville.....   | 04 |
| Figure I-3 : Histogramme de nombre de jours par mois .....                       | 05 |
| Figure I-4 : Répartition saisonnière des vents .....                             | 07 |
| Figure I-5 : La ville de Sidi Abdellah .....                                     | 08 |
| Figure I-6 : La situation géographique du projet .....                           | 10 |
| Figure III-1 : Les étapes de traitement des eaux usées .....                     | 36 |
| Figure III-2 : La grille manuelle .....  | 37 |
| Figure III-3 : Dégraisseur automatique .....                                     | 38 |
| Figure III-4 : Fonctionnement des lits bactériens .....                          | 43 |
| Figure III-5 : Schéma du traitement par disques biologiques .....                | 45 |
| Figure III -6 : Coupe d'un bassin de lagunage .....                              | 47 |
| Figure IV -1 : Schéma d'une station de traitement par boue activées .....        | 52 |
| Figure IV-2 : Eléments de base d'une station d'épuration par boue activées ..... | 57 |
| Figure IV-3 : Les différents types de bassins par boue activées .....            | 58 |
| Figure IV-4 : Schéma simplifié de développement d'une culture bactérienne .....  | 59 |
| Figure IV-5 : Aérateur de surface .....  | 60 |
| Figure IV-6 : Aérateur de fond .....   | 61 |
| Figure IV-7 : Ventoxal d'air liquide .....                                       | 62 |
| Figure V-1 : Flottation .....  | 67 |
| Figure V-2 : Epaissement statique gravitaire.....                                | 68 |
| Figure V-3 : Différentes étapes de traitement des boues avant épandage .....     | 72 |
| Figure V-4 : Les principales phases de processus de méthanisation .....          | 74 |
| Figure VI-1 : Le plan de la station de SIDI ABDELLAH .....                       | 80 |

# Liste des tableaux

|  |    |
|--|----|
| Tableau I-1 : Nombre de jours par mois .....   | 05 |
| Tableau I-2 : Fréquences et directions des vents de Mahalema .....                         | 06 |
| Tableau II-1 : Origines et maladies provoquées par les organismes dans les eaux usées..... | 15 |
| Tableau II-2 : Classification des pollution .....  | 17 |
| Tableau II-3 : Degré de minéralisation de l'eau en fonction de la turbidité .....          | 20 |
| Tableau II-4 : Le mode de traitement en fonction de la valeur de K .....                   | 23 |
| Tableau II-5 : Les normes de rejet .....   | 31 |
| Tableau IV-1 : Avantages et inconvénients du procédés d'épuration par boue activé .....    | 63 |
| Tableau V.1 : Composition di biogaz .....  | 75 |

# Liste des planches

Plan N°01 : Le Plan de la Station d'épuration SIDI ABDELLAH (**COSIDER CHERRAGA**).

# Liste des abréviations

**STEP** : station d'épuration.

**PDAU** : plan directeur d'aménagement.

**MES** : Matières en suspension .

**CE** : Conductivité électrique.

**MVS** : Matières volatiles en suspension.

**MMS** : Matières minérales en suspension.

**MD** : Matières décantables.

**MND** : Matières non décantables.

**PH** : Potentiel d'hydrogène.

**EH** : Equivalent d'habitant.

**DBO** : Demande biologique en oxygène.

**DCO** : Demande chimique en oxygène.

**NK** : Azote KJELDAHL.

**Cm** : Charge massique.

**Cv** : Charge volumique.

**MO** : Matières organique .

**IM** : Indice de Mohlman .

**ID** : Indice de Donaldson .

**EAC** : Exploitation Agricoles collectives.

# Introduction générale

L'eau sur terre est essentielle pour tous les organismes vivants connus, C'est le milieu de vie de la plupart des êtres vivants, et c'est la base de tout développement qu'il soit domestique ou agricole ou industriel. Mais après son utilisation dans les différents domaines elle devienne polluée et chargée des matières organiques et minérales et d'azote...etc., et cela engendre la pollution et le déséquilibre des milieux récepteurs comme les rivières et les cours d'eau ce qui peut nuire a la santé publique en provoquant des maladies.

De nos jours, les besoins en eau potable varient entre 100 et 250 litres par habitant et par jour, et les besoins en eau pour les activités industrielles sont énormes ceci génère une pollution supplémentaire à celle produite par les activités humaines. Cette eau polluée se déverse quotidiennement dans les lacs et les rivières.

Le rejet des eaux usées chargées en substances polluantes dans le milieu naturel récepteur sans aucun traitement préalable est un motif de préoccupation compte tenu des effets indésirables qu'elles peuvent engendrer.

Aujourd'hui, la population exige alors des équipements de dépollution lui apportant un confort identique à celui qui existait déjà en milieu urbain.

Notre travail consistera à étudier la station d'épuration qui se réalisera à la ville de Sidi Abdellah à la wilaya d'Alger qui sera d'un impact très important vu que les eaux usées se déverse directement dans l'oued Mazafran qui finit son écoulement sur la mer qui se constitue d'un beau littoral qui doit être protéger contre toute pollution pour garder la belle image de l'environnement dans cette région qui s'inspire du tourisme et des campements de vacances .

Pour réaliser ce projet, notre étude est présentée comme suit :

- Le premier chapitre représente la zone d'étude.
- Le second chapitre : Les origines des eaux usées.
- Dans le troisième chapitre nous allons donner les procédés d'épurations des eaux usées.
- Dans le quatrième chapitre on a parlé de procédé d'épuration par a boue active.
- Le traitement des boues dans le cinquième chapitre.
- Enfin nous allons nous intéresser a la gestion et l'exploitation d'une station d'épuration.

Vue le COVID-19 et le manque des données on a fait juste la partie bibliographique

# **Chapitre I :**

Présentation de la zone d'étude

### Introduction

Un système d'épuration est le maillon ultime « d'un système d'assainissement » ; il implique un ensemble d'actions en vue d'amener l'eau à un degré de qualité suffisant pour que son rejet dans le milieu récepteur le laisse compatible avec les usages ultérieurs que l'on veuille lui donner.

Un système d'épuration se conçoit, après enquête de pollution sur le terrain et contrôle de la qualité physico-chimique des eaux usées à traiter. Des fluctuations peuvent, cependant, surgir et affecter cette qualité mais elles seront acceptables dans des limites bien déterminées.

Le choix à entreprendre pour un système d'épuration n'est pas évident, il implique la connaissance approfondie de différents paramètres et les interrelations qui les lient entre eux.

### I.1 : Caractéristiques générales de la nouvelle ville de SIDI ABDELLAH :

#### a. Situation géographique

la ville fait partie du Sahel d'Alger, compris entre la plaine de la Mitidja (au Sud ) et la plaine littorale (au Nord). Il englobe deux communes chefs-lieux (Mahelma et Rahmania) et deux agglomérations secondaires (Douar Sidi Abdellah et Douar Zaâtria). Le principe d'aménagement s'est appuyé sur les centres urbains existants et la topographie. La voirie existante forme la structure de relation entre les nouveaux quartiers.



**Figure I.1** : Situation géographique de la ville de Sidi Abdella [20] .

Le territoire de l'agglomération est divisé en 23 quartiers (unités urbaines) déterminés essentiellement soit par le site, soit par le tissu déjà existant.

Ils sont conçus en continuité les uns avec les autres.

Toutefois, l'option de base reste d'occuper les reliefs topographiques avec les trames urbaines denses.



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

Le programme comporte également les équipements structurants et d'accompagnement indispensables (centres commerciaux et de services, équipements scolaires, sanitaires et culturels). Elle est aussi dotée de parcs d'activités (un pôle économique et universitaire) et d'un parc urbain de 150 hectares situé au cœur de la ville nouvelle.

A l'extérieur du périmètre d'urbanisation, il y a l'espace rural. Il s'étend sur une superficie estimée à 4000 hectares. Et afin de conserver sa vocation, la proposition d'aménagement adoptée est basée sur la délimitation d'un périmètre de protection dont l'objectif est de :

- Préserver les terres de forte potentialité agricole, · Maintenir le cachet rural, Stabiliser la densité d'occupation des sols.

Actuellement en cours d'aménagement, la première tranche de cette agglomération. Elle comporte un parc d'activités et un programme de 3200 logements dont 1000 logements et leurs viabilités sont en cours de réalisation [12].

### I.2 : Contexte général du site de la nouvelle ville de SIDI ABDELLAH :

#### a. Le relief :

La zone est caractérisée par un relief mamelonné représenté par un ensemble de collines dénudées et ravinées d'altitude moyenne de 100 m.. Le réseau hydrographique de la région est constitué essentiellement par les Oueds Sidi Bennour et Errabaï, compliqué par un système de thalwegs et rus. A l'écoulement Nord-Sud, vers la plaine de la Mitidja [12].

#### b. Le climat :

Le climat de la région est méditerranéen tempéré avec un hiver doux et humide et un été chaud et sec. Il règne une température moyenne de 17°C. La région bénéficie d'une pluviométrie moyenne de l'ordre de 600 mm/an. Les vents sont généralement de direction Ouest - Nord - Ouest, leur vitesse peut atteindre des pointes de 120 km/h. Aperçu hydrogéologique Les niveaux aquifères dans le Sahel s'établissent essentiellement au-dessus des argiles sahéliennes. Les quelques niveaux sableux inférieurs du Pliocène, relativement potentiels ne suffisent pas pour constituer des nappes importantes. En effet, leur faible épaisseur et leur extension sporadique et restreinte dans la région de Sidi Abdellah ne permet d'alimenter que de rares puits creusés aux voisinages des anciennes fermes. Par conséquent les terrains de cette zone sont classés de très faible perméabilité avec absence d'aquifère souterrain [12].



Figure I.2 : L'Entrée de la ville [21] .

**c. Température**

L'analyse de la variation mensuelle de la température fait ressortir que la période chaude s'étale du mois de juin au mois de septembre. Le mois le plus chaud est celui d'août avec une température moyenne mensuelle de 25°C, mais des températures journalières maximales pouvant dépasser les 35°C. Les mois les plus froids sont ceux de janvier et de février, qui enregistrent respectivement 10°C et 11°C (mesures sous abri). Comme cité ci-haut le climat de la zone d'étude est caractérisé par le climat méditerranéen avec des températures douces d'une moyenne annuelle de 17°C. Donc le climat de la zone d'étude est caractérisé par le climat méditerranéen avec des températures douces d'une moyenne annuelle de 17°C [13].

**d. Les précipitations**

Les précipitations de la région de MHALEMA sont irrégulières durant les saisons. Elles sont abondantes en automne et en hiver et se caractérisent souvent par des orages et des tempêtes de vent. Elles sont variables et incertaines au printemps ; elles sont nulles et irrégulières en été.

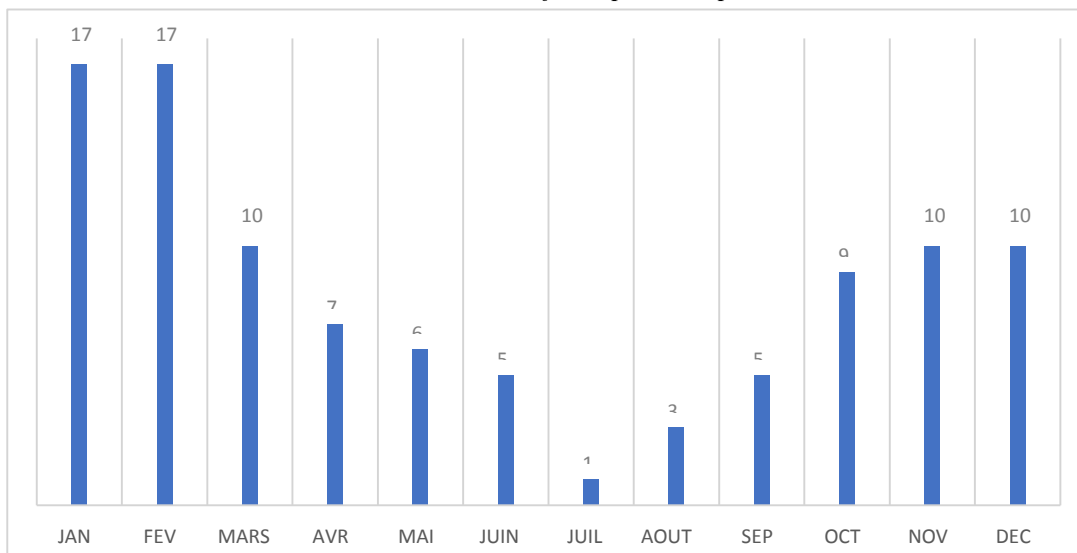
La valeur moyenne des précipitations est de l'ordre de **670 mm** [14].

L'analyse des précipitations mensuelles indique que le nombre de jours de pluie est de 100 jours/an. Elles se produisent essentiellement durant la période hivernale, du mois de novembre au mois de mars. La période avril - octobre se caractérise par des pluies peu fréquentes mais parfois abondantes.

Le système d'assainissement de MAHELMA étant unitaire, il est important d'étudier la pluviométrie et de prévoir son impact sur la STEP en termes de dimensionnement et de fonctionnement [14].

| Mois         | JAN | FEV | MARS | AVR | MAI | JUIN | JUIL | AOU | SEP | OCT | NOV | DEC |
|--------------|-----|-----|------|-----|-----|------|------|-----|-----|-----|-----|-----|
| Jrs pluvieux | 17  | 17  | 10   | 7   | 6   | 5    | 1    | 3   | 5   | 9   | 10  | 10  |

*Tableau I- 1. Nombre de jours pluvieux par mois [14].*



**Figure I.3 : Histogramme de nombre de jours pluvieux par mois [14].**

**e. L'humidité**

La mesure de l'humidité consiste à déterminer la valeur de la quantité de vapeur d'eau condensable existant dans l'atmosphère, ce facteur est important car il joue un rôle déterminant dans le phénomène de l'évapotranspiration.

Le taux d'humidité relative dans l'air (dans la Mitidja le Sahel) varie entre 77 et 80 %. Il diminue en direction des montagnes. En outre, l'humidité est plus faible vers midi que le matin et le soir. Toutefois, les variations diurnes restent limitées [13].

**f. Direction et intensité des vents**

Il s'agit d'un facteur important dans l'élaboration du système de protection de la STEP. Le vent se détermine par sa vitesse et sa direction.

Ce paramètre intervient dans l'envol des poussières lors des opérations de transport des déblais et de remblais vers le centre de transfert, ainsi que la dispersion des odeurs lors du fonctionnement de la station d'épuration.

La dominance des vents est de direction Nord (Nord, Nord-Est). Pour l'Automne, l'hiver et le printemps, la dominance des vents est de direction Sud (Sud-Ouest, Sud), La vitesse moyenne du vent est inférieure à 3 m/s pour toute l'année [13].

Le **Tableau I- 2** illustre les fréquences et les directions des vents :

| Direction | N    | NE   | E   | SE  | S    | SO   | O    | NO  |
|-----------|------|------|-----|-----|------|------|------|-----|
| Saison    |      |      |     |     |      |      |      |     |
| Hiver     | 7    | 3.8  | 2.6 | 1.8 | 11.5 | 25.3 | 15.5 | 5.4 |
| Printemps | 14.3 | 12.8 | 7.1 | 1   | 5.7  | 14.4 | 11.5 | 7.3 |
| Eté       | 19.3 | 22.2 | 5.1 | 1   | 3    | 7.1  | 5.6  | 5.7 |
| Automne   | 11.3 | 11.2 | 4.4 | 1.3 | 8.4  | 17.2 | 9.5  | 7.3 |

**Tableau I- 2.** Fréquences et directions des vents de MHALEMA [13] .

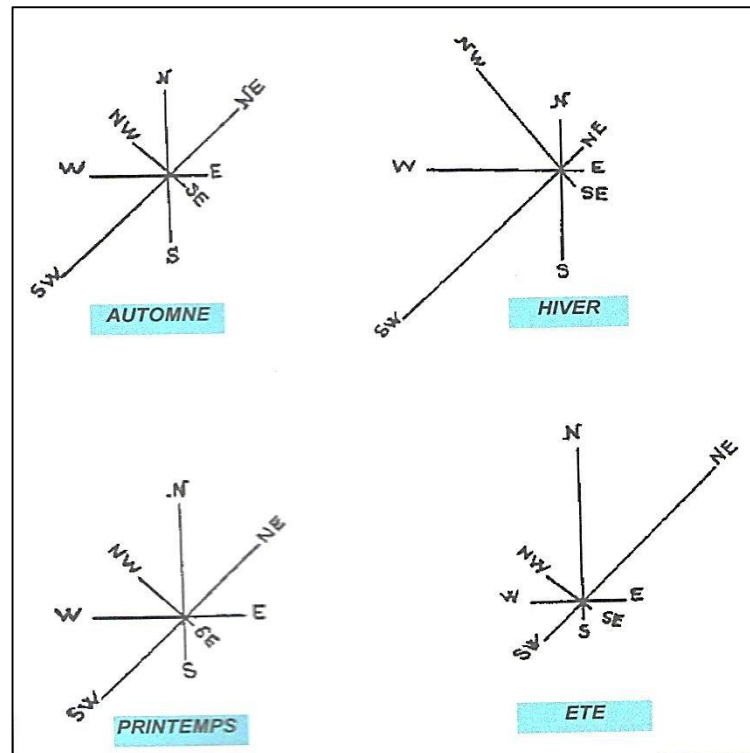


Figure I4 Répartition saisonnière des vents [13].

### I.3 : la ville nouvelle et le développement durable :

Pour parvenir à un développement durable, la protection de l'environnement doit faire partie intégrante du processus de développement et ne peut être considérée isolément. Intégrer cette notion de durabilité dans notre projet implique une maîtrise totale des actions à entreprendre vis-à-vis de l'environnement. Elles peuvent se résumer en des actions concrètes dans des domaines aussi variés mais complémentaires, tels que l'aménagement, l'architecture des édifices, l'écologie urbaine, la maîtrise de l'énergie, la gestion des déchets et le transport public, l'alimentation en eau potable et la gestion des eaux usées et l'optimisation des eaux pluviales.

Le principe adopté dans l'élaboration des schémas directeur d'adduction de l'eau potable et l'assainissement des eaux usées et pluviales était d'utiliser les potentialités du site. Le schéma directeur de la ville nouvelle, s'est fait en intégrant les réseaux, la gestion des eaux urbaines et les infrastructures hydrauliques dans l'aménagement [12].



**Figure I.5:** La ville de Sidi Abdellah [22].

### **I.4 : les réseaux de distribution de l'eau potable et la gestion des eaux usées et pluviales :**

#### **I.4.1 : L'alimentation en eau potable**

Actuellement les besoins des agglomérations existantes (Mahelma et Rahmania) sont pris en charge par les forages, les puits individuels et sources. Cependant, les zones éparses restent déficitaires en la matière. Le bilan hydrogéologique montre une variation de réserve négative qui témoigne d'un déséquilibre entre les apports et les sorties d'eau. Ceci veut dire que nous sommes dans une situation où il faut faire appel aux réserves dites permanentes pour répondre à une production d'eau imposée.

Ces réserves sont localisées au Sud du périmètre de la ville nouvelle dans le quaternaire sous la plaine de la Mitidja où il y a lieu de prévoir d'autres forages.

Les potentialités permettent la projection de nouveaux forages à proximité du forage déjà existant pour satisfaire à moyen terme cette demande et celle des populations futures [15].

#### **Les besoins en eau.**

Les estimations des besoins en eau selon les termes effectués sur une dotation de 200 litres/jour par habitant sont de l'ordre de 690 l/s (horizon 2017) [15].

#### **Le système d'adduction de l'eau potable.**

L'idée principale du système d'adduction adopté consiste à relever l'eau en provenance des points d'eau du complexe hydraulique Ben Chaâbane, puis acheminée vers les stations relais, l'eau est ensuite relevée vers des complexes hydrauliques locaux projetés dans les zones de Zaâtria, Mahelma, Rahmania et Sidi Abdellah. La gestion des eaux usées Le périmètre de la ville nouvelle se situe dans la partie Nord Est du Mazafran et ne présente pas des oueds importants [15].

**Les deux oueds de la zone d'étude sont :** oued Mahelma, oued El Agar qui déversent vers la mer et les oueds : Sidi Bennour et Errabaï qui alimentent la nappe de la Mitidja.

Tous ces oueds sont souvent réduits à sec pendant la période d'étiage.

L'alimentation de la nappe superficielle provient dans sa quasi-totalité des infiltrations directes des précipitations.

Dans le projet de la ville nouvelle, notre réflexion consistait à rationaliser les ressources en eau dans le région par la mise en place d'un schéma hydraulique reposant sur la mobilisation des ressources en eau superficielles [16].

### **Les principales orientations s'articulaient autour des points suivants :**

Développer la petite hydraulique par la réalisation des retenues d'eau destinées à l'irrigation, l'arrosage des espaces verts et l'entretien des espaces publics, Réutiliser les eaux épurées, après leur transfert dans les retenues d'eau.

La récupération des eaux usées pour les usagers urbains, industriels et agricoles contribue à la fois à l'amélioration de l'environnement et à la réduction du coût de l'approvisionnement. Dans ce cadre, le projet d'agglomération nouvelle tente de mettre en place des systèmes d'évacuation et des procédés d'épuration qui sont techniquement et économiquement faciles à réaliser et à gérer d'une part, et de procéder au traitement primaire des eaux au niveau des zones d'activités d'autre part.

Dans le cas de la ville nouvelle de Sidi Abdellah, les débits des eaux pluviales et usées ainsi que la pollution générée par l'imperméabilisation de l'aire d'étude, à cause de son urbanisation et sa viabilisation, et par l'apport de la population en plus de celle déjà existante et son évolution, à titre indicatif en l'an 2017 le nombre de la population sera de 175 000 habitants et le nombre d'équivalent habitants de 235 585, milite pour la projection d'un système d'assainissement assurant le transport de ces effluents dans des conditions topographiques et hydrauliques optimales mais aussi leur épuration avant leur rejet dans le milieu naturel.

En effet, les réseaux d'assainissement de la partie Sud et Nord de l'aire d'étude, auront leur exutoires respectifs (après traitement) au niveau de la plaine de la Mitidja où existe l'aquifère du quaternaire, notamment le champ de captage (de production d'eau) du Mazafran et l'agglomération de Zeralda (Station balnéaire).

Pour l'établissement du schéma directeur de l'assainissement, le choix d'un système pseudo séparatif fût décidé, compte tenu de la présence de plusieurs zones d'activités, mais aussi afin de récupérer les eaux pluviales (retenue d'eau) pour être utilisé à des fins agricoles ou d'entretien des espaces verts et pour l'enrichissement de la nappe phréatique.

Les eaux usées du versant Sud seront collectées vers la station d'épuration Sud et les eaux usées du versant Nord vers la Station Nord [16].

#### **Débit des eaux usées**

Le débit moyen des eaux usées est de 370 l/s Débit des eaux pluviales

Le débit des eaux pluviales est de 150 m<sup>3</sup>/s

#### **Le réseau d'assainissement.**

Le principal souci de la projection du réseau d'assainissement est d'intégrer les rejets des eaux usées existants ainsi que ceux projetés dans le cadre du Plan Directeur d'Aménagement et d'Urbanisme (PDAU), par conséquent, les oueds retrouveraient leur vocation naturel de véhiculer les eaux claires (eaux de ruissellement), préserver la santé des habitants, protéger le littoral et valoriser le potentiel paysager du site [16].

#### **Type de traitement des eaux usées**

Les eaux usées de l'agglomération nouvelle répondent aux critères d'une eau usée urbaine à prédominance domestique.

Compte tenu de la charge massique (faible charge), les eaux usées urbaines nécessitent un traitement biologique à boues activées par aération prolongée.

L'épuration des eaux usées permettra d'assurer la sauvegarde de la qualité des eaux des milieux récepteurs suivants :

- **Les nappes phréatiques superficielles** : les eaux usées rejetées dans les oueds après épuration seront moins chargées, et par conséquent, ces nappes seront moins polluées, ceci mettra fin aux maladies à transmission hydrique susceptibles d'apparaître ;
- **Les champs de captage de Mazafran** : situé au sud de l'agglomération ;
- **La mer** : l'épuration conduira dans une large mesure à préserver le milieu marin.

### La gestion des eaux pluviales

Le projet de ville nouvelle génère systématiquement une urbanisation, celle-ci accroît les quantités d'eau qui ruissellent ; chaque type de construction entraîne une imperméabilisation qui lui est propre.

Les surplus d'eau qui en résultent doivent être récoltés sur place donc dans des espaces ouverts (espace vert, aire de jeu ou de sport,).

C'est ainsi que nous avons considéré que le cycle de l'eau peut constituer un élément intégrateur des équilibres écologiques capable d'orienter les opérations d'aménagement.

Pour cela, on a dès le début des études, évalué les quantités d'eau présentes dans les différentes phases du cycle de l'eau (pluviométrie, ruissellement, évaporation,), évalué la capacité d'infiltration du sol, la capacité de stockage de la nappe pour aboutir à la mise en place d'un système d'assainissement urbain, limitant au maximum les rejets immédiats des eaux [17].

### I.5 : Présentation de Projet de la station d'épuration ( SIDI ABDELLAH )

Le site d'implantation de la station d'épuration comme nous voyons sur le plan de situation ci-dessus, est localisé sur la côte Est de la wilaya d'Alger au nord du territoire de la commune de Mahelma à côté de la nouvelle ville de Sidi Abdellah et la résidence d'état, au niveau de l'EAC Merzoug. Cette région, bénéficie d'un climat méditerranéen caractérisé par un été sec et chaud et un hiver doux, relativement humide [19].



Figure I.6 : La situation géographique du projet [20].

### Conclusion

Dans ce chapitre nous avons défini les données nécessaires concernant la zone de MAHALEMA, du point de vue climatologique, géographique ainsi que la situation hydrogéologique...etc. Ces données vont nous servir de base pour l'élaboration du projet de l'épuration des eaux rejetées à l'exutoire de la zone d'étude.

## **Chapitre II :**

L'origine des eaux usées



## Introduction

L'eau, propre est potable à l'origine, mais subit une altération et une dégradation par les multiples usages que l'on en fait dans les habitations, dans les établissements publics et dans les usines.

On appelle pollution de l'eau toute modification des caractéristiques de l'eau ayant un caractère gênant ou nuisible pour les usages humains, la faune ou/et la flore. Au cours de son utilisation, l'eau s'appauvrit ou s'enrichit de substances de toutes sortes. Les pollutions qui en résultent se retrouvent dans les réseaux d'assainissements avant d'être rejetées dans le milieu naturel (cours d'eau, mers, lacs...).

Dans le chapitre présent, nous proposons de définir les différentes origines et natures de pollution des eaux usées.

### II.1.Origines des eaux usées

On distingue quatre principales origines qui sont :

- ☼ Les eaux domestiques ;
- ☼ Les eaux industrielles ;
- ☼ Les eaux de ruissellement ;
- ☼ Les eaux agricoles.

#### II.1.1.Les eaux usées domestiques

Elles proviennent des différents usages domestiques de l'eau et sont essentiellement porteuses de pollution organique.

Ces eaux sont réparties comme suit :

☼ Eaux ménagères : qui ont pour origines les salles de bains et les cuisines, sont généralement chargées de détergents, de graisses, de solvants et de débris organiques...

☼ Eaux vannes : sont les rejets des toilettes, chargés de matières organiques azotées et de germes fécaux.

#### II.1.2.Les eaux usées industrielles

Elles sont très différentes des eaux usées domestiques, leurs caractéristiques varient d'une industrie à une l'autre.

Les eaux évacuées par les industries sont :

- ☼ Les eaux de fabrication qui dépendent de la nature de l'industrie ;
- ☼ Les eaux de refroidissement qui dépendent de taux de recyclage ;

### ☀ Les eaux de lavage des machines.

En plus de matières organiques et les éléments nutritifs, les eaux usées industrielles peuvent contenir des produits toxiques, des solvants, des métaux lourds, des micropolluants organiques et des hydrocarbures...

Certaines d'entre elles font l'objet d'un prétraitement de la part des industriels avant d'être rejetées dans les réseaux de collecte. Elles ne sont mêlées aux eaux domestiques que lorsqu'elles ne présentent plus de danger pour les réseaux de collecte et ne perturbent pas le fonctionnement des usines de dépollution(STEP).

### **II.1.3.Les eaux de ruissellement**

Elles englobent essentiellement les eaux issues de précipitation (pluie, fonte de neige) ou de ruissellement urbain (lavage des chaussées, des rues...).

Elles peuvent, elle aussi, constituer une source de pollutions importantes des cours d'eau, notamment pendant les périodes orageuses. L'eau de pluie se charge d'impuretés au contact de l'air (fumées industrielles), puis en ruissellement, se polluent par les résidus déposés sur les toits et les chaussées des villes (huiles de vidange, carburants, résidus de pneus et métaux lourds...).

La pollution entraînée est maximale en début de la précipitation et elle décroît fortement en cas de pluie persistante

### **II.1.4.Les eaux agricoles**

L'agriculture est une source de pollution des eaux non négligeable car elle apporte les engrais et les pesticides. Elle est la cause essentielle de pollutions diffuses. Les eaux agricoles issues de terres cultivées chargés d'engrais nitrés et phosphatés, sous une forme ionique ou en quantité telle, qu'ils ne seraient pas finalement retenus par le sol et assimilés par les plantes, conduisent par ruissellement à un enrichissement en matières azotées ou phosphatées des nappes les plus superficielles et des eaux des cours d'eau ou des retenues.

## **II.2.Nature de la pollution de l'eau**

La pollution de l'eau est une dégradation physique, chimique ou biologique, provoquée par le rejet de substances indésirables qui perturbent les conditions de vie et l'équilibre du milieu aquatique et induisent d'importantes nuisances : mauvaises odeurs, fermentations, des risques sanitaires qui se répercutent, à court terme, sur notre organisme à travers la chaîne alimentaire de laquelle nous dépendons.

La pollution se manifeste généralement sous quatre formes principales :

- ☀ Pollution organique ;
- ☀ Pollutions microbiologique ;
- ☀ Pollution minérale ;
- ☀ Pollution toxique.

A chacune de ces formes de pollution correspond nécessairement une modification du milieu récepteur qui se traduit indirectement et à plus ou moins long terme, par des conséquences néfastes sur l'individu

### **II.2.1.Pollution organique**

La pollution organique constitue souvent la fraction la plus importante par rapport aux autres pollutions. Cette forme de pollution peut être considérée comme résultant de diverses activités (urbaines, rurales, industrielles et artisanales). Aussi, chaque activité rejette des composés spécifiques biodégradables ou pas.

Lorsque la concentration de ces polluants est élevée, elle engendre un stress important dans la biocénose des milieux aquatiques, ce qui peut conduire à l'inactivation des mécanismes potentiels de la biodégradation. C'est le cas par exemple, des huiles ou des graisses, qui engendrent la formation de films superficiels qui empêchent l'oxygène dans les cours d'eau et provoquer des effets d'intoxication sur les microorganismes et les poissons.

### **II.2.2.Pollution microbiologique**

L'eau peut contenir des microorganismes pathogènes (virus, bactéries...), qui sont dangereux pour la santé humaine, et limitent donc les usages que l'on peut faire de l'eau (industrie, utilisation domestique...).

Les concentrations observées sont d'environ 1 million de germes (bactéries, virus, parasites) dans 1 litre d'eau de ruissellement et 1 milliard de bactéries fécales dans 1 litre d'eaux usées domestique.

Le tableau suivant représente les maladies provoquées par les organismes présents dans les eaux usées ;

| Organismes                  | maladies                         | Origines                             |
|-----------------------------|----------------------------------|--------------------------------------|
| Shigelles                   | Dysenterie bacillaire            | Eaux usées                           |
| Brucella                    | Brucellose                       | Eaux usées, lait                     |
| M.tuberculosis              | Tuberculose                      | Eaux des sanatoriums et des hôpitaux |
| Entamoeba histolytica       | Dysenterie amibienne             | Engrais, eaux contaminées            |
| Salmonelles                 | Fièvre typhoïde et paratyphoïdes | Eaux usées                           |
| Vibrio cholerae             | Choléra                          | Eaux usées                           |
| Virus :-Entrovirus<br>-Echo | Poliomyélite<br>Diarrhées        | Eaux usées                           |
| Insecte vecteur             | Filariose urbaine                | Eaux usées                           |

**Tableau II.1:** Origines et maladies provoquées par les organismes dans les eaux usées.

### II.2.3.Pollution minérale

Il s'agit principalement d'effluent industriels qui contiennent des substances minérales telles que :  
les sels, les nitrates, les chlorures, les phosphates, les ions métalliques le cuivre le mercure...

Ces éléments peuvent avoir des conséquences néfastes à savoir :

- ☼ Perturber l'activité bactérienne en station d'épuration ;
- ☼ Nuire à la santé publique ;
- ☼ Affecter le développement des cultures.

### **II.2.4.Pollution toxique**

Les matières toxiques sont constituées de micropolluants minéraux (métaux lourds tels le mercure, le plomb, le cadmium, le chrome) ainsi que d'autres substances telles que les cyanures ou les molécules organiques présentant une action d'inhibition des mécanismes biologiques. Même à des doses très faibles, ils sont dangereux en raison de leur persistance et leur bioaccumulation.

Le tableau ci-dessus représente les différents types de pollution citée, leurs constituants et origine ainsi leur mode de traitement.

| <b>Pollution</b>                               | <b>Constituants</b>  | <b>Origine</b>   | <b>Traitement</b>  |
|--|--|--|--|
| Organiques<br>(biodégradables)                 | Plantes mortes,<br>excréments, protéines,<br>lipides et corps gras<br>(huiles, graisses, et<br>savon) glucides | -Organismes vivants<br><br>- Industries agro-<br>alimentaires (laiteries,<br>fromageries, abattoirs,<br>sucreries)<br><br>- Eaux ménagères | -Assainissement<br>individuel<br><br>- lagunage<br><br>-Epuration biologique<br><br>- Traitement<br>physico-chimique                 |
| Organique<br>(Difficilement<br>biodégradables) | - Fibres, bois   | - Papeteries<br><br>- Industries textiles<br><br>- Tanneries   | - Lagunage<br><br>- Epuration biologique<br>et traitement physico-<br>chimique   |
| Toxiques                                       | Détergents, phénols,<br>hydrocarbure,<br>pesticides,<br>engrais synthétiques                                   | - Industries chimiques<br>et pétrochimiques<br><br>- Raffineries de pétrole<br><br>- Agriculture   |  |
| Minérales                                      | Substances toxiques<br>acides ou basiques,<br>mercure, chrome,<br>cyanures, plomb, fer,<br>cuivre              | Produits chimiques,<br>Métallurgies,<br>traitement<br>de surfaces des métaux   | - Transformation en<br>composés insoluble,<br>précipitations<br><br>- Transformation en<br>composés inoffensives,<br>oxydo-réduction |
| Bactériologiques                               | - Germes pathogènes :<br>Escherichia Coli,<br>streptocoques, virus<br>divers.                                  | - Activités humaines et<br>minérales, effluents des<br>hôpitaux Et des<br>abattoirs  | Filtration et<br>stérilisation   |

**Tableau II.2** : classification des pollutions.

### II.3.Effets des eaux usées sur le milieu récepteur

D'une manière générale, diverses substances toxiques, minérales ou organiques, peuvent être contenues dans les eaux résiduaires industrielles, peuvent détruire la faune des rivières ou mettre en question l'utilisation de l'eau des rivières pour l'alimentation humaine.

Ainsi, en 1975, le déversement de cyanure dans la Moselle détruit 40 tonnes de poissons, alors que le rejet dans le Rhin d'un insecticide entraîna la mort de 50% des poissons.

En effet, les oueds véhiculent de fortes charges polluantes et leur capacité de dilution et d'autoépuration ne suffit plus à résorber la charge polluante, ils sont transformés, pour la plupart, en égouts à ciel ouvert, notamment en été où leur débit baisse naturellement.

En Algérie, le nombre de STEP est très insuffisant et les eaux usées sont généralement déversées à l'état brut, soit directement à la mer, soit vers les oueds, entraînant des problèmes de pollution biologique et chimique. Les cours d'eau fortement pollués qui traversent ou passent à proximité d'agglomérations urbaines et de zones industrielles majeures tels que (oued EL-HARRACH à ALGER, oued SOUMMAM à BEJAIA, oued RHUMEL à CONSTANTINE et oued HABRA à MASCARA), causant ainsi beaucoup de problèmes sanitaires et d'insalubrité aux riverains.

### II.4.Caractéristiques des paramètres de pollution étudiés

Les normes de rejet des eaux usées, fixent des indicateurs de qualité physico-chimique et biologique. Ce potentiel de pollution généralement exprimés en mg /l, est quantifié et apprécié par une série d'analyses. Certains de ces paramètres sont indicateurs de modifications que cette eau sera susceptible d'apporter aux milieux naturels récepteurs. Pour les eaux usées domestiques, industrielles et les effluents naturels, on peut retenir les analyses suivantes :

#### II.4.1.Les paramètres physiques

##### II.4.1.1.La température

La température de l'eau joue un rôle important sur la solubilité des sels et des gaz dont, l'oxygène nécessaire à l'équilibre de la vie aquatique. Aussi, la température accroît les vitesses des réactions chimiques et biochimiques d'un facteur 2 à 3 pour une augmentation de température de 10 degrés Celsius (°C). L'activité métabolique des organismes aquatiques est donc également accélérée lorsque la température de l'eau s'accroît.

##### II.4.1.2.La turbidité

La turbidité est inversement proportionnelle à la transparence de l'eau, elle est de loin le paramètre de pollution indiquant la présence de la matière organique ou minérale sous forme colloïdale en suspension dans les eaux usées. Elle varie suivant les matières en suspension(MES) présentes dans l'eau.

##### II.4.1.3.L'odeur et couleur

L'odeur est signe de pollution ou de présence des matières organiques en décomposition.

☀ La couleur de l'eau est due aux éléments qui s'y trouvent à l'état dissous ou colloïdales, on distingue :

☀ La couleur grisâtre de l'égout est d'origine domestique, une couleur noire indique une décomposition partielle ;

☀ les autres nuances indiquent un apport d'eaux résiduaires industrielles.

#### II.4.1.4. La conductivité électrique (CE)

La conductivité est la propriété que possède une eau à favoriser le passage d'un courant électrique. Elle fournit une indication précise sur la teneur en sels dissous (salinité de l'eau). La conductivité s'exprime en micro Siemens par centimètre et elle est l'inverse de la résistivité qui s'exprime en ohm par centimètre. La mesure de la conductivité permet d'évaluer la minéralisation globale de l'eau. Sa mesure est utile car au-delà de la valeur limite de la salinité correspondant à une conductivité de 2500µS/cm, la prolifération de microorganismes peut être réduite d'où une baisse du rendement épuratoire.

Le tableau suivant, nous renseigne sur la minéralisation de l'eau en fonction de la conductivité

| Conductivité                | Degré de minéralisation          |
|-----------------------------|----------------------------------|
| Conductivité <100 µs/cm     | Minéralisation très faible       |
| 100 µs/cm < CE < 200 µS/cm  | Minéralisation faible            |
| 200 µs/cm < CE < 333 µS/cm  | Minéralisation moyenne accentuée |
| 333 µs/cm < CE < 666 µS/cm  | Minéralisation moyenne           |
| 666 µs/cm < CE < 1000 µS/cm | Minéralisation importante        |
| Conductivité > 1000 µS/cm   | Minéralisation excessive         |

**Tableau II.3 :** Degré de minéralisation de l'eau en fonction de la turbidité.

#### II.4.1.5. Les charges pondérales

##### a. Les matières en suspensions(MES)

Les matières en suspensions comprennent toutes les matières minérales (MMS) ou organiques (MVS) qui ne se solubilisent pas dans l'eau. Elles incluent les argiles, les sables, les limons, les matières organiques de faible dimension, le plancton et autres micro-organismes de l'eau.



La quantité de la matière en suspension varie notamment selon les saisons et le régime d'écoulement des eaux. Ces matières affectent la transparence de l'eau et diminuent la pénétration de la lumière et, par suite, la photosynthèse. Elles peuvent également gêner la respiration des poissons. Par ailleurs, les matières en suspensions peuvent accumuler les quantités élevées de matières toxiques (métaux, pesticides, huiles minérales...).

Pour un effluent urbain, les MES s'expriment par la relation suivante :

$$\text{MES} = 30\% \text{MMS} + 70\% \text{MVS}$$

### **b. Les matières volatiles en suspension(MVS)**

Elles représentent la fraction organique des MES et sont obtenues par calcination de ces MES à 525°C pendant 2 heures. La différence de poids entre les MES à 105°C et les MES à 525°C donne la « perte au feu » et correspond à la teneur en MVS en (mg/l) d'une eau.

### **c. Les matières minérales (MMS)**

Elles représentent le résultat d'une évaporation totale de l'eau, c'est-à-dire « extrait sec » constitué à la fois par les matières en suspension et les matières solubles telles que les chlorures, les phosphates...

L'abondance des matières minérales en suspension dans l'eau augmente la turbidité, réduit la luminosité et par ce fait abaisse la productivité d'un cours d'eau, entraînant ainsi une chute en oxygène dissous et freinant les phénomènes photosynthétiques qui contribuent à la ré-aération de l'eau. Ce phénomène peut être accéléré par la présence d'une forte proportion de matières organiques consommatrices d'oxygène.

### **d. Les matières décantables (MD) et non décantables (MND)**

On distingue les fractions qui décantent en un temps donné (2 heures) suivant des conditions opératoires particulières (utilisation d'un cône Imhof ou Coin).

Les matières non décantables sont celles qui restent dans le surnageant et qui vont donc être dirigées vers le procédé de traitement biologique ou chimique.

#### **II.4.1.6.Matières grasses**

Les eaux résiduaires industrielles contiennent des quantités élevées de graisses et d'huiles, qui par formation de films et de couches superficielles peuvent empêcher l'accès de l'air dans l'eau et provoquer la mort des micro-organismes. Les matières grasses peuvent occasionner des obstructions dans les égouts et rendent plus difficile l'exploitation des stations d'épuration des eaux.

#### **II.4.1.7.Les matières colloïdales**

Ce sont des éléments présents dans l'eau sous un état intermédiaire, entre un état dissous et un état solide. Il s'agit de très petites particules solides invisibles à l'œil nu dotées sur leur surface de charges électriques qui se repoussent les unes les autres et déterminent ainsi la turbidité.

### II.4.2. Les paramètres chimiques

#### II.4.2.1. Le potentiel d'hydrogène (pH)

Le pH est une mesure de l'acidité de l'eau c'est-à-dire de la concentration en ions d'hydrogène ( $H^+$ ). L'échelle des pH s'étend en pratique de 0(très acide) à 14(très alcalin) ; la valeur médiane 7 correspond à une solution neutre à 25°C.

Les organismes sont très sensibles aux variations du pH, et un développement correct de la faune et de la flore aquatique n'est possible que si la valeur est comprise entre 6 et 9. L'influence de pH se fait également ressentir par le rôle qu'il exerce sur les autres éléments comme les ions des métaux dont il peut diminuer ou augmenter leur mobilité en solution donc leur toxicité. Le pH joue un rôle important dans l'épuration d'un effluent et le développement bactérien. La nitrification optimale ne se fait qu'à des valeurs de pH comprises entre 7,5 et 9.

#### II.4.2.2. Potentiel redox (Eh)

Dans les systèmes aqueux, le potentiel redox(ou disponibilité en électrons) affecte les états d'oxydation des éléments (H, C, N, S, Fe...). Dans une eau bien oxygénée, les conditions d'oxydation diminuent. Quand les concentrations d'oxygène diminuent, le milieu devient plus réducteur ce qui se traduit par une réduction du potentiel redox. Dans les eaux naturelles, des comparaisons relatives de l'évolution du potentiel redox peuvent être utiles pour suivre les degrés de changement du système aquatique. Le potentiel redox se mesure en mV.

#### II.4.2.3. La demande biologique en oxygène(DBO)

La demande biologique en oxygène est un paramètre qui exprime la quantité d'oxygène qu'une biomasse épuratrice va consommer pour décomposer les matières organiques biodégradable contenues dans l'effluent. Elle est donc représentative de la somme des matières organiques biodégradables. Elle est généralement mesurée en 5 jours( $DBO_5$ ).

#### II.4.2.4. La demande chimique en oxygène(DCO)

La demande chimique en oxygène est un paramètre qui exprime la quantité d'oxygène qu'une biomasse épuratrice va consommer pour décomposer les matières organiques biodégradable ou non contenues dans l'effluent. Elle est représentative de la quantité de matières organiques oxydables par voie chimique.

#### II.4.2.5. La biodégradabilité

La biodégradabilité traduit l'aptitude d'un effluent à être décomposé ou oxydé par les micro-organismes qui interviennent dans le processus d'épuration biologique des eaux.

La biodégradabilité est exprimée par un coefficient K, tel que :

$$K = DCO / DBO_5$$

Le tableau suivant, nous renseigne sur la biodégradabilité et le mode de traitement qui convient en fonction du K

| <b>K</b>        | <b>Biodégradabilité</b>   | <b>Mode de traitement</b>                                      |
|-----------------|---------------------------|--|
| $K < 1,5$       | Fortement biodégradable   | Traitement biologique  |
| $1,5 < K < 2,5$ | Moyennement biodégradable | Traitement biologique  |
| $2,5 < K < 3$   | Peu biodégradable         | Traitement biologique avec adaptation de la souche bactérienne |
| $K > 3$         | Non biodégradable         | Traitement physico-chimique                                    |

**Tableau II.4 :** le mode de traitement en fonction de la valeur de K.

La connaissance de ces deux paramètres (DBO et DCO) permet aussi de définir l'origine de l'effluent.

### II.4.2.6. Les nutriments

Ce sont également des paramètres très importants. Les rejets excessifs de phosphore et d'azote contribuent à l'eutrophisation des lacs et des cours d'eau. Ce sont les nutriments essentiels à l'activité biologique dans l'eau (bactérie et algues). Les eaux usées domestiques contiennent une alimentation équilibrée, mais il n'est pas de même des eaux industrielles qui sont souvent pauvres en azote et en phosphore.

En absence de l'azote, les bactéries ne peuvent pas synthétiser de nouvelles cellules. L'activité des boues ramenée au poids de MVS s'en trouvera réduite et le rendement de l'épuration diminuera progressivement. D'autre part, les boues carencées montrent souvent une mauvaise caractéristique de décantation.

Lorsque l'effluent à traiter d'éléments nutritifs (N et P), il convient alors de lui ajouter sous forme d'engrais agricoles, soit par addition d'effluent urbain dans les proportions convenables, ou encore sous forme de produits comme le phosphate d'ammonium.

#### - Origine de l'azote dans les eaux résiduaires

L'azote présent dans les eaux usées résiduaires provient principalement des déjections humaines. Les urines contribuent largement à cet apport essentiellement sous forme d'urée, d'acide urique d'ammoniaque ( $\text{NH}_3$ ). Par ailleurs, les eaux de cuisine véhiculent des protéines aminés, et certains agents de surface (assouplissant...) qui incluent dans leurs molécules des radicaux azotés.

### - **Forme de l'azote :**

L'azote des eaux usées est essentiellement constitué d'azote organique ammonifiable ou réfractaire (sous forme soluble et particulaire) et d'azote ammoniacal

L'azote KJELDAHL (NK), du nom du chimiste qui a mis au point le dosage, représente la somme de l'azote organique et de l'azote ammoniacal.

### **Remarque**

L'azote pouvant subir différentes transformations au cours d'un traitement biologique (passage de la forme ammoniacale à la forme nitreuse  $\text{NO}_2^-$  puis nitrique  $\text{NO}_3^-$  et retour à la forme gazeuse  $\text{N}_2$ ) et chacun des composés formés au cours de ces différentes étapes ayant un poids moléculaire différent, le suivi de son évolution au cours du traitement ne peut être effectué qu'à partir d'une base commune : le nombre de moles d'azote ou les masses d'azote mises en jeu. C'est la raison pour laquelle les charges et les concentrations de  $\text{NH}_4^+$ ,  $\text{NO}_2^-$  et  $\text{NO}_3^-$  sont exprimées en unités de N (d'où la formulation N-N...) [7].


☀ 1,29 mg  $\text{NH}_4^+$  sont équivalents à 1 mg d'azote ammoniacal N- $\text{NH}_4^+$

☀ 3,29 mg  $\text{NO}_2^-$  sont équivalents à 1 mg d'azote nitreux N- $\text{NO}_2^-$


☀ 4,43 mg  $\text{NO}_3^-$  sont équivalents à 1 mg d'azote nitrique N- $\text{NO}_3^-$

### - **Origines du phosphore**

Le phosphore peut provenir de diverses sources à savoir :


 Métabolisme humain : un homme excrète entre 1 et 2 grammes de P par jour. Il s'agit de l'apport principal en phosphore dans les cours d'eau.


 Produits lessiviels et de nettoyage : 1 à 2 grammes de P par jour et par habitation (en diminution)

 Rejets industriels : les effluents d'industries agro-alimentaires, d'abattoirs, de laveries industrielles, d'industries de traitement de surface et d'industries chimiques spécialisées. Rejets agricoles ou d'origine naturelle sont retenus dans les sols et ne se retrouvent pas dans les eaux usées.

### - **Formes chimiques du phosphore**

Le phosphore des eaux usées, particulaire ou soluble, est essentiellement constitué de :

 phosphore inorganique (essentiellement des polyphosphates) et des orthophosphates dont une part provient de l'hydrolyse des premiers;

 Phosphore organique : phospho-lipides, esters.

Les phosphates de sodium et de potassium sont solubles dans l'eau, les phosphates monocalciques et les phosphates de magnésium le sont également, mais dans une moindre mesure. Les autres phosphates sont insolubles.

Le phosphore total est la somme du phosphore inorganique et organique.






### II.4.2.7. Métaux lourds

Le suivi des concentrations en métaux lourds est particulièrement important vu leurs toxicité et leurs capacité de bioaccumulation le long des chaînes alimentaires. Contrairement aux

polluants organiques, les métaux ne peuvent pas être dégradés biologiquement ou chimiquement.

Les concentrations en cuivre, chrome, plomb, zinc, cadmium, arsenic sont régulièrement mesurées.

Les métaux lourds caractérisent certains types de pollution, comme par exemple :

-  La présence de cuivre et de nickel signe des rejets provenant d'industries de traitement de surface des métaux ;
-  Le chrome dénonce la présence d'une tannerie ;
-  Le plomb est lié à des pollutions diffuses (apports dus aux transports routiers et à l'existence de sites industriels désaffectés) ;
-  Le zinc est évacué par des industries qui pratiquent la galvanisation ou la préparation d'alliages tels que le laiton et le bronze, il est également libéré lors du contact entre les eaux de ruissellement et les matériaux galvanisés (toitures métalliques, gouttières) ;
-  Le cadmium peut notamment être rejeté par des usines de galvanoplastie et des industries chimiques de textiles et de teintures.

Les métaux lourds se dissolvent très bien dans une eau acide (pH faible). Dans des eaux neutres ou basiques, ils précipitent et s'accumulent principalement dans la phase solide (boues). L'analyse de ces boues permet ainsi d'obtenir une vue de l'ensemble des déversements en métaux lourds qui ont eu lieu, tant en nature qu'en quantité.

Résumé des principaux dangers des métaux lourds :

Ils remplacent ou substituent les minéraux essentiels ;

- ▶ Ils ont un effet antibiotique, ce qui augmente la résistance des bactéries ;
- ▶ Ils provoquent le cancer ;
- ▶ Ils neutralisent les acides aminés utilisés pour la détoxification ;
- ▶ Ils causent des allergies ;
- ▶ Ils endommagent les cellules nerveuses.

### II.4.3. Les paramètres biologiques

#### II.4.3.1. Les virus

Ce sont des organismes infectieux de très petite taille (10 à 350 nm) qui se reproduisent en infectant un organisme hôte.

Les virus ne sont pas naturellement présents dans l'intestin, contrairement aux bactéries

(tableau ci-dessus). Ils sont présents soit intentionnellement (après une vaccination contre la poliomyélite, par exemple), soit chez un individu infecté accidentellement. L'infection se produit par l'ingestion dans la majorité des cas, sauf pour le Coronavirus où elle peut aussi avoir lieu par inhalation.

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

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

#### II.4.3.2. Les bactéries

Les bactéries sont des organismes unicellulaires simples et sans noyau. Leur taille est comprise entre 0,1 et 10  $\mu\text{m}$ , la quantité moyenne de bactéries dans les fèces est d'environ  $10^{12}$  bactéries/g.

Les eaux usées urbaines contiennent environ  $10^6$  à  $10^7$  bactéries/100ml dont  $10^5$  proteus et entérobactéries,  $10^3$  à  $10^4$  streptocoques et  $10^2$  à  $10^3$  clostridiiums.

Parmi les plus communément rencontrées, on trouve les salmonellas dont on connaît plusieurs centaines de sérotypes différents, dont ceux responsables de la typhoïde, des paratyphoïdes et des troubles intestinaux. Des germes témoins de contamination fécale sont généralement utilisés pour contrôler la qualité relative d'une eau ce sont les coliformes thermotolérants.

### II.4.3.3. 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.

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

Parmi les protozoaires les plus importants du point de vue sanitaires, il faut citer *Entamoeba histolytica*, responsable de la dysenterie amibienne et *Giardia lamblia*.

### II.4.3.4. Les helminthes

Les helminthes sont des vers multicellulaires. Tout comme les protozoaires, ce sont majoritairement des organismes parasites. Les concentrations en œufs d'helminthes dans les eaux usées est de l'ordre de  $10$  à  $10^3$  œufs/l. il faut citer, notamment, *Ascaris lumbricades*,

*Oxyuris vermicularis*, *Trichuris trichuria*, *Taenia saginata*.

Beaucoup de ces helminthes ont des cycles de vie complexes comprenant un passage obligé par un hôte intermédiaire. Le stade infectieux de certains helminthes est l'organisme adulte ou larve, alors que pour d'autres, ce sont les œufs.

Les œufs d'helminthes sont très résistants et peuvent notamment survivre plusieurs semaines voire des mois sur les sols ou les plantes cultivées.

## II.5. Estimation des Charges polluantes

### II.5.1. Charges en DBO<sub>5</sub>

La charge de DBO d'un rejet d'eaux usées est le produit de la DBO unitaire par son débit, elle constitue la charge de DBO<sub>5</sub> du rejet.

La charge en DBO<sub>5</sub> apportée par les eaux brutes est exprimée par jour et par habitant suivant le type de réseau :

- Réseau unitaire : 70 g/hab/jour ;
- Réseau séparatif : 55 g/hab/jour ;
- Réseau pseudo séparatif : 60 g/hab/jour

### II.5.2.Charges en MES

Les charges en matières en suspension apportées par les eaux usées sont estimées suivant le type de réseau à

- Réseau unitaire : 70 à 90 g/hab/jour ;
- Réseau séparatif : 70 g/hab/jour ;
- Réseau pseudo séparatif : 80 g/hab/jour

### II.5.3.Notion d'équivalent habitant (EH)

La notion de l'équivalent habitant est utilisée pour quantifier la pollution émise par une agglomération à partir de la population qui y réside et des autres activités non domestiques. Selon la définition de la directive européenne du 21 mai 1991 « relative au traitement des eaux résiduaires », un équivalent-habitant représente une DBO5 de 60 g d'oxygène par jour, 80 g de MES, 15g de matières azotées, 4g de matières phosphorées et 150 à 250l d'eau.

### II.5.4.Les normes de rejet

Les normes de rejet, après traitement, ont pour objet la protection de l'environnement en général et les milieux récepteurs en particulier.

Le tableau suivant illustre les normes de rejets en rivière des effluents urbains à atteindre après l'épuration selon le décret n°93-160 du 10 juillet 1993.



## Chapitre II : L'origine des eaux usées

| Paramètres          | valeurs   | Unités |
|---------------------|-----------|--------|
| Température         | 30        | C°     |
| PH                  | 5.5 - 8.5 | -      |
| MES                 | 30        | mg/l   |
| DBO5                | 30-40     | mg/l   |
| DCO                 | 90-120    | mg/l   |
| Azote total         | 15        | mg/l   |
| Phosphates          | 2         | mg/l   |
| Aluminium           | 5         | mg/l   |
| Cadmium             | 0.2       | mg/l   |
| Mercure             | 5         | mg/l   |
| Nickel              | 1         | mg/l   |
| Plomb               | 3         | mg/l   |
| Cuivre              | 3         | mg/l   |
| Zinc                | 5         | mg/l   |
| Huiles et graisses  | 20        | mg/l   |
| Hydrocarbures       | 20        | mg/l   |
| Phénols             | 0.5       | mg/l   |
| Solvants organiques | 20        | mg/l   |
| Chlore actif        | 1         | mg/l   |
| Détergents          | 12        | mg/l   |

**Tableau II.5** : les normes de rejet.

### **Conclusion**

La connaissance de la qualité des eaux usées à traiter est indispensable dans un projet de dimensionnement d'une station d'épuration.

La dépollution des eaux usées nécessite une succession d'étapes faisant appel à des traitements physiques, physico-chimiques et biologique.

En dehors des plus gros déchets présents dans les eaux usées, l'épuration doit permettre au minimum d'éliminer la majeure partie de la pollution carbonée.

Dans notre station on reçoit que les eaux usées domestiques.

# **Chapitre III :**

Procédés d'épuration des eaux  
usées

### Introduction

Les eaux usées sont des liquides de composition hétérogène, chargées en matières minérales ou organiques, pouvant être en suspension ou en solution, et dont certains peuvent avoir un caractère toxique. L'eau usée est l'eau qui a été utilisée et qui doit être traitée avant d'être réintroduite vers d'autres sources d'eaux pour qu'elles ne causent pas la pollution de ces autres sources.

Les eaux usées proviennent de plusieurs sources. Tout ce que vous évacuez en tirant la chasse d'eau et lorsque vous utilisez vos éviers sont considérés comme une eau usée.

Les eaux usées, qui sont un mélange de plusieurs types d'eaux et pour éviter la pollution, sont acheminées par un réseau d'assainissement vers une station d'épuration pour y être traitées et si possible réutilisées.

### III. 1. Origine des eaux usées

Les eaux usées sont réparties en quatre grandes catégories :

#### III .1. 1. Les eaux usées domestiques

Les eaux usées urbaines et rurales sont issues des habitations ou des sanitaires des entreprises, et sont donc dénommées « domestiques » Les eaux usées domestiques sont constituées par :

- Eaux ménagères dont l'origine reste l'habitation (salle de bains, eaux de cuisine, buanderie, etc.)
- Eaux de vannes chargées de fèces et d'urines.
- Eaux de lavage de voirie.

#### III.1. 2. Les eaux industrielles

L'eau résiduaire industrielle désigne l'eau qui provient des activités industrielles. Elle est différente des eaux usées domestiques et ses caractéristiques varient d'une industrie à l'autre. En plus de matières organiques, azotées ou phosphorées, elle peut également contenir des produits toxiques, des solvants, des métaux lourds, des micropolluants organiques, des hydrocarbures. Certaines d'entre elles doivent faire l'objet d'un prétraitement de la part des industriels avant d'être rejetées dans les réseaux de collecte. Elles sont mélangées aux eaux domestiques que lorsqu'elles ne présentent plus de danger pour les réseaux de collecte et ne perturbent pas le fonctionnement des stations de traitement.

#### III.1. 3. Les eaux pluviales

Elles sont issues du ruissellement de l'eau de pluie, et peuvent provoquer des pollutions importantes des cours d'eau. L'eau de pluie englobe les impuretés de l'air et ruisselle sur des surfaces terrestres contenant des résidus d'hydrocarbures, de métaux lourds, d'huiles...etc.

#### III.1. 4. Les effluents agricoles

Ces effluents proviennent des terres cultivées après lessivages et ruissellement. Ces eaux sont riches en éléments fertilisants (azote et phosphore) et en polluants organiques (pesticides) [2].

### III.2. Choix de procédé de traitement

Le choix de procédé d'épuration tient compte de :

- La qualité du milieu récepteur et les usages de l'eau.
- Le type de réseau : fonctionnement d'une station d'épuration conventionnelle est adapté à un assainissement de type séparatif qui assure un débit régulier des eaux usées.
- La pollution : en fonction du type de pollution, différents types de procédés peuvent être utilisés.
- La population : dans les communes où la population peut varier considérablement durant l'année, le lagunage s'avère un procédé adapté. Il y a également possibilité d'utiliser un procédé physico-chimique.
- les caractéristiques du terrain : emplacement, topographie, surface disponible.
- Le coût de l'exploitation : prenant en compte les frais de main d'œuvre, les frais énergétiques, l'entretien et le renouvellement du matériel.
- Les problèmes d'exploitation et fiabilité des installations.

### III.3. Le relevage

Le transport des eaux usées dans les collecteurs se fait généralement par gravité, sous l'effet de leurs poids. Une station de relèvement permet d'acheminer les eaux dans la station d'épuration lorsque ces dernières arrivent à un niveau plus bas que les installations de dépollution. Cette opération de relèvement des eaux s'effectue grâce à des pompes submersibles ou à vis d'Archimède [4].

### III.4. Les différentes étapes du traitement des eaux usées

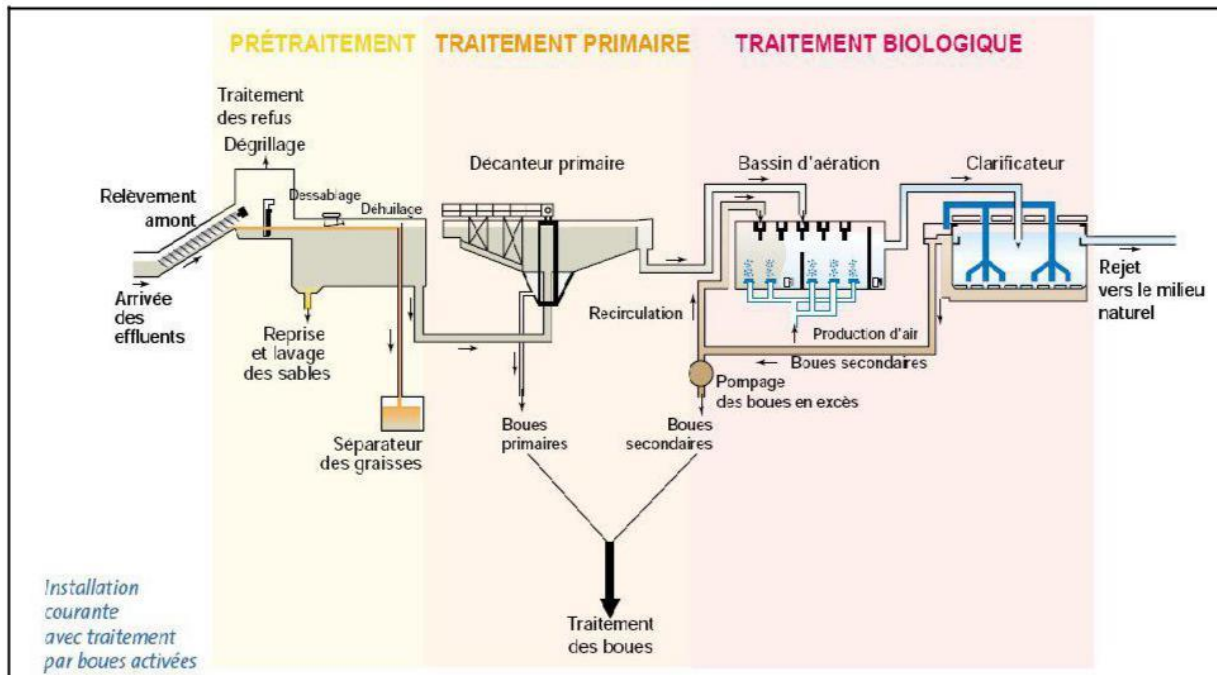


Figure III.1 : Les étapes de traitement des eaux usées.

#### III.4.1. Les prétraitements

Le prétraitement est un l'ensemble d'opérations physiques et mécaniques destinées à extraire de l'eau brute. Ils ont pour objectif d'éliminer les éléments les plus grossiers qui sont susceptibles de gêner les traitements ultérieurs. S'il s'agit de déchets volumineux (dégrillage), des sables et graviers (dessablage) et des graisses (dégraisage-déshuilage).

##### III.4.1.1. Le dégrillage

Il consiste à faire passer les eaux usées au travers d'une grille dont les barreaux, plus ou moins espacés, retiennent les éléments les plus grossiers. Après nettoyage des grilles par des moyens mécaniques, manuels ou automatiques, les déchets sont évacués avec les ordures ménagères.

On classifie les grilles selon leurs écartements :

- Pré dégrillage : pour grille à barreaux espacés de 30 à 100 mm.
- Dégrillage moyen : pour grille à barreaux espacés de 10 à 25 mm.
- Dégrillage fin : pour grille à barreaux espacés de 3 à 10 mm.
- Tamisage : pour tamis à orifices de 0.3 à 5 mm.

Il y a plusieurs types de grilles :

### Grilles manuelles

C'est des grille en acier elles sont composées de barreaux, elles peuvent être verticales mais le plus souvent inclinés de 60 à 80° sur l'horizontale, elles sont réservées aux petites stations. Leur inconvénient est la nécessité de les nettoyer quotidiennement, car si la grille reste longtemps sans nettoyage, l'effluent risque de refluer dans le collecteur d'arrivée.

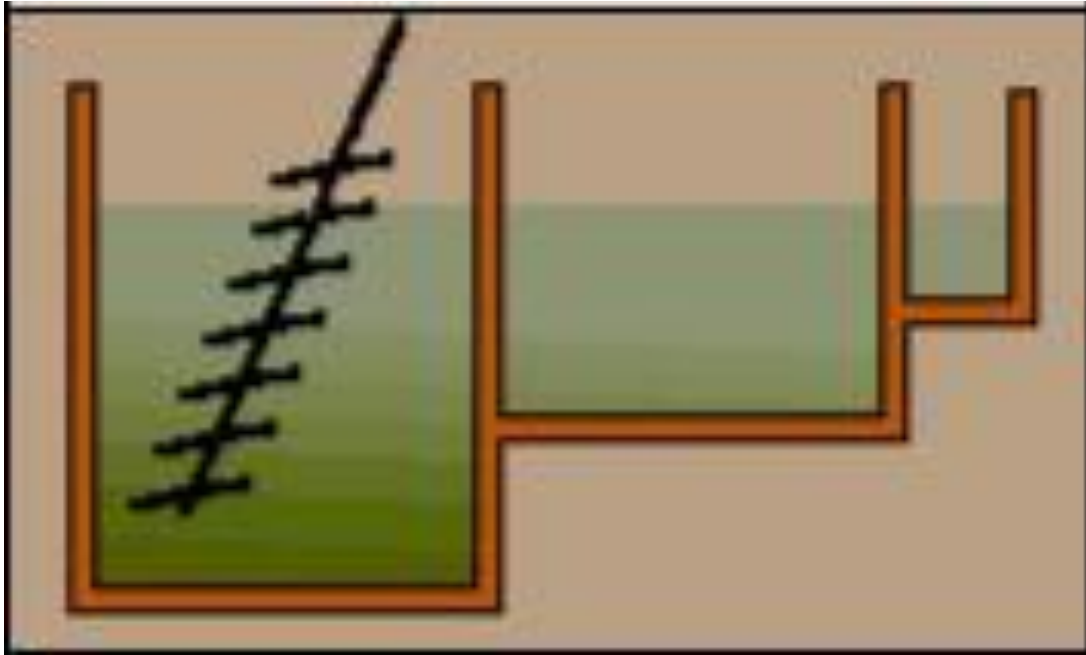


Figure III.2: La grille manuelle

### Grille mécanique

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. Le nettoyage se fait automatiquement à l'aide des râpeaux, des peignes ou encore des brosses.

Grille courbes : sont utilisées pour les stations d'épuration des eaux industrielles. Le nettoyage se fait par un double râteau tournant ou encore par un système de bielle appliquée contre la grille.



Figure III.3: Dégrilleur automatique

### **Tamisage**

Cette opération utilise des grilles de plus faibles espacements. Elle est parfois nécessaire pour compléter la phase du dégrillage. Elle est mise en œuvre dans le cas d'eaux résiduaires chargées de



matières en suspension de petite taille. On distingue :

- La macro tamisage (dimensions des mailles 0,250 mm).
- Le micro tamisage (dimensions des mailles 0,150 mm). Principalement, trois fonctions du tamisage sont à distinguer:
  - La récupération des déchets utilisables
  - La protection des canalisations ou des pompes (en évitant l'obstruction)
  - La limitation des risques de dépôts et de fermentation [ 18].

### III.4.1.2. Dessablage

Le dessablage a pour but d'extraire des eaux brutes les graviers, sables de dimension supérieure à 200 microns, de façon à éviter les dépôts dans les canaux et conduites et à protéger les pompes et autres appareils contre l'abrasion. Cette opération a lieu grâce à la vitesse de sédimentation élevée des particules devant la vitesse de passage de l'eau de manière à éviter l'entraînement par le courant d'eau. L'extraction du sable est réalisée automatiquement :

- Par un ensemble d'émulseurs d'air à fonctionnement synchronisé
- Par raclage vers une fosse de collecte d'extrémité, suivie d'une reprise par pompage.
- Directement par pompe suceuse montée sur le pont roulant. En fait, les sables extraits des eaux résiduaires urbaines contiennent toujours une certaine proportion de matières organiques qui sédimentent en même temps. La séparation de ces matières doit se faire grâce à une vitesse de balayage, maintenue aux environs de 0,30 m/s.

On distingue :

**Les dessableurs couloirs** : (à écoulement rectiligne), dont la vitesse d'écoulement est variable ou constante

**Les dessableurs circulaires**, à alimentation tangentielle à brassage mécanique ou à insufflation d'air (pour éviter les dépôts de matières organiques, en heures creuses, avec faible débit).

**Les dessableurs rectangulaires à insufflation d'air** : On insuffle de l'air qui provoque une rotation de liquide et crée ainsi une vitesse constante de balayage du fond, perpendiculaire à la vitesse du transit. 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.4.1.3. Le dégraissage-déshuilage

Les opérations de dégraissage-déshuilage consistent à séparer de l'effluent brut, les huiles et les graisses par flottation. Ces derniers étant de densité légèrement inférieure à celle de l'eau. L'injection des micros bulle d'air permet d'accélérer la flottation des graisses.

Souvent ces opérations sont combinées dans un même ouvrage où la réduction de vitesse dépose les sables et laisse flotter les graisses ; enlève ainsi de l'eau les éléments grossiers et les sables de dimension supérieur à 200 microns ainsi que 80 à 90% des graisses et matières flottantes (soit 30 à 40% des graisses totales).

### III.4.2. Les traitements primaires

Après les prétraitements, il reste dans l'eau une charge polluante dissoute et des matières en suspension.

La principale opération effectuée dans le traitement primaire est la décantation. Elle consiste à éliminer les particules en suspension dont la densité est supérieure à celle de l'eau. Cette opération vise à extraire de l'eau les matières en suspension d'origine minérales ou organiques décantables de la fraction liquide par sédimentation permettant d'éliminer jusqu'à 35 % de la DBO<sub>5</sub> et 60 % environ des MES de l'effluent prétraité.

La vitesse lente de l'eau permettra le dépôt des matières en suspension au fond du décanteur constituant des boues primaires fraîches. Celles-ci doivent être rapidement éliminées afin d'éviter la fermentation, elles rejoindront alors les boues secondaires (provenant du traitement secondaire) qui seront traitées par la suite.

La vitesse limite de chute qui définit encore la vitesse ascensionnelle maximale admise sur le décanteur appelée encore charge superficielle :

$$V_{\text{lim}} = Q/S \text{ en m/h ou m}^3/\text{m}^2 \text{ h}$$

La charge superficielle doit être suffisamment faible pour ne pas perturber la décantation (de l'ordre de 3 à 6 m/s en périphérie).

En réseau séparatif, la charge superficielle admise est de 2,50 m/h sur le débit de pointe. Dans le cas de réseau unitaire, elle est déterminée par le rapport prévu entre le débit pluvial  $Q_p$  admis sur la station et le débit moyen horaire sur 24h des eaux résiduaires  $Q_m$ .

La détermination de la charge superficielle du décanteur primaire permet d'en calculer la surface.

La décantation s'effectue dans des ouvrages rectangulaires ou circulaires, munis de racleurs de fond et de surface pour extraire les boues recueillies.

### III.4.3 Les traitements secondaires

Les traitements secondaires recouvrent les techniques d'élimination des matières polluantes solubles (carbone, azote et phosphore). Dans la majorité des cas, l'élimination des pollutions carbonées et azotées s'appuie sur des procédés de nature biologique. Les procédés membranaires combinent quant à eux des procédés biologiques et physiques.

#### III.4.3.1 Les traitements physico-chimique

Les traitements physico-chimiques permettent d'agglomérer ces particules par adjonction d'agents coagulants et floculant (sels de fer ou d'alumine, chaux...). Les amas de particules ainsi forés, ou floes, peuvent être séparés de l'eau par décantation ou par flottation.

##### III.4.3.1.1 La coagulation

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

##### III.4.3.1.2 La floculation

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

##### III.4.3.1.3 La décantation

La décantation, est un procédé qu'on utilise dans pratiquement toutes les usines d'épuration et de traitement des eaux, a pour but d'éliminer les particules en suspension dont la densité est supérieure à celle de l'eau. Ces particules sont en général des particules de floe ou des particules résultant de la précipitation qui a lieu lors des traitements d'adoucissement ou d'élimination du fer et du manganèse. Les particules s'accumulent au fond du bassin de décantation d'où on les extrait périodiquement. L'eau clarifiée située près de la surface, est dirigée vers l'unité de filtration.

##### III.4.3.1.4 La filtration

La filtration est un procédé physique destiné à clarifier un liquide qui contient des matières solides en suspension en le faisant passer à travers un milieu poreux. Les solides en suspension ainsi retenus par le milieu poreux s'y accumulent, il faut donc nettoyer ce milieu de façon continue ou de façon intermittente.

#### III.4.3.2 Les traitements biologiques

Le traitement biologique des eaux usées urbaines repose sur la dégradation des matières organiques à l'aide des micro-organismes.

La pollution organique comprend une fraction biodégradable estimée par la demande biologique en oxygène ou **DBO<sub>5</sub>** et une fraction non biodégradable estimée par la demande chimique en oxygène ou **DCO** (paramètre de référence de l'eau brute).

Les traitements biologiques ne s'attaquent évidemment qu'à la fraction biodégradable de la pollution organique. Cette opération n'est effectuée que par l'existence d'une flore bactérienne, dans laquelle on retrouvera des champignons, des larves, etc..., qui dégradent les matières organiques présentes dans l'eau brute pour leurs besoins spécifiques (nutrition, croissance, reproduction)

La dégradation des matières organiques est le résultat du métabolisme bactérien.

Dans la pratique, l'épuration biologique est mise en œuvre de la façon suivante :

- Un réacteur biologique (bassin d'aération, disques, lits ou lagunes) dans lequel l'eau usée est mise en contact avec la biomasse aérée artificiellement ou naturellement.
- Un clarificateur dont le rôle est de séparer l'eau épurée et la boue. Dans le cas d'un lagunage aéré, le dernier bassin (non aéré) fait office de clarificateur.

Les principales techniques de l'épuration biologique sont :

### III.4.3.2.1 Les procédés intensifs

- Les lits bactériens
- Les disques biologiques
- Boues activées

#### III.4.3.2.1.1 Lits bactériens

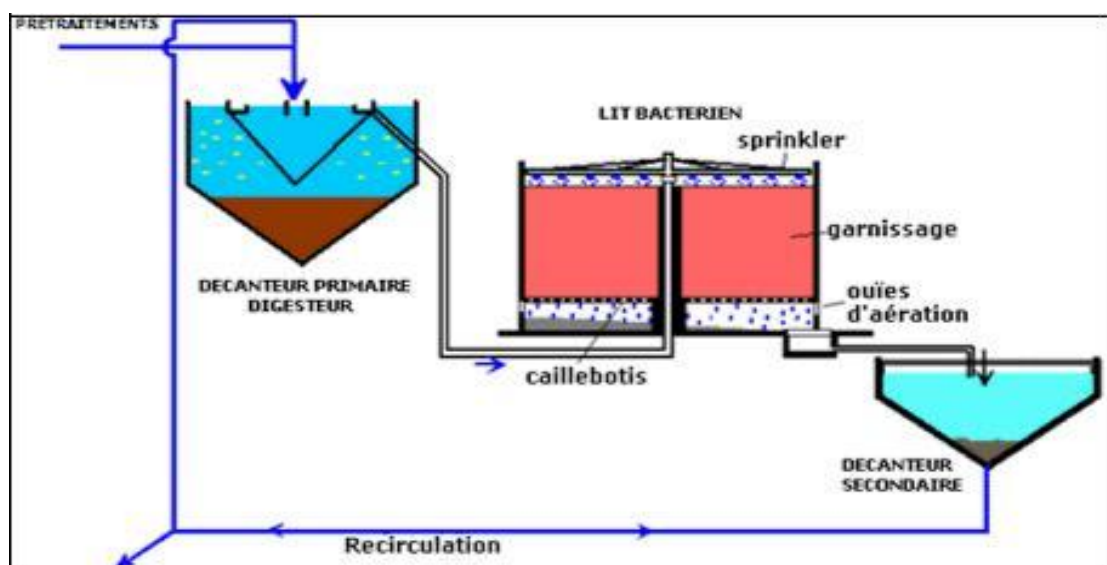


Figure III.4: Fonctionnement des lits bactériens.

## Chapitre III : Procédés d'épuration des eaux usées

L'épuration des eaux par lit bactérien est une méthode d'épuration biologique par cultures fixes. Ce système est le plus souvent utilisé pour les eaux très chargées.

Dans cette méthode les micro-organismes épurateurs sont fixés sur un support poreux (pierre panse, pierre volcanique, plastique, cailloux ...etc.) formant une pellicule bactérienne en suite l'effluent est dispersé par une grille de répartition sur toute la surface du lit, l'effluent ainsi dispersé percole lentement à travers le massif filtrant et provoque la prolifération des micro-organismes, une recirculation de l'effluent est parfois nécessaire afin de compléter le traitement.

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

### III.4.3.2.1.2 Les disques biologiques

L'eau usée, préalablement décantée, alimente 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

Les performances de ce procédé sont liées à :

- La profondeur d'immersion des disques (généralement deux mètres) ;
- La vitesse de rotation de l'arbre qui doit être optimale pour permettre une aération et une fixation des bactéries convenable .
- La température qui doit être comprise entre 15 et 29.

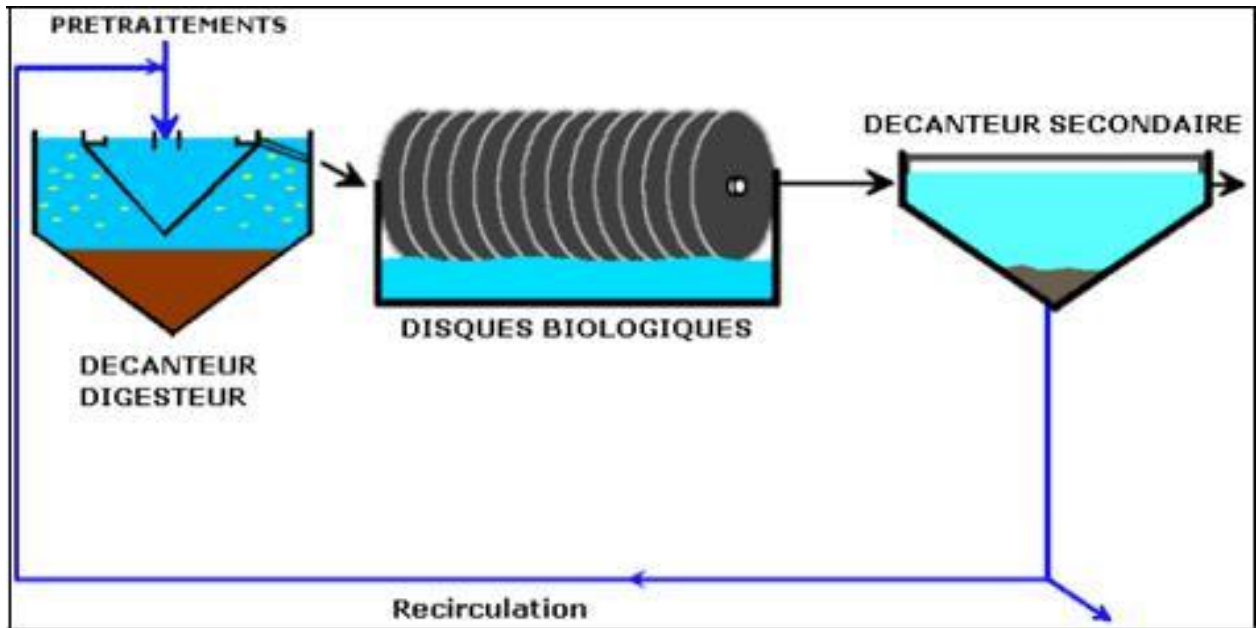


Figure III.5 : Schéma du traitement par disques biologiques

#### III.4.3.2.1.3 boues activées

Les procédés par boues activées comportent essentiellement une phase de mise en contact de l'eau à épurer avec un floc bactérien en présence d'oxygène suivie par une phase de séparation de ce floc (clarification).

C'est une intensification qui se passe dans le milieu naturel. La différence provient d'une plus grande concentration en micro-organisme donc une demande en oxygène plus importante. De plus pour mettre en suspension la masse bactérienne, une agitation artificielle est nécessaire.

#### ❖ Principe de fonctionnement

La technique étant une extension de l'épuration naturelle dans un délai et un espace réduit par concentration élevée de micro-organismes dits boues activées. Le procédé à boues activées est un système en continu dans lequel des micro-organismes sont mis en contact avec des eaux usées renfermant des matières biodégradables pendant un temps suffisant.

**Remarque : cette technique (boues activées) sera étudiée dans le chapitre suivant**

#### III.4.3.2.2 Les procédés extensifs

- Le lagunage naturel ou aéré (étangs pour eaux usées).
- L'épandage des eaux (valorisation des eaux usées dans l'agriculture).

### III.4.3.2.2.1 Le lagunage

Le lagunage est une technique d'épuration qui met en œuvre des bassins naturels dans lesquels séjourne l'eau à épurer pendant une période plus ou moins longue

#### A. Le lagunage naturel

L'épuration se déroule naturellement par passage de l'eau dans une succession de bassins (03 généralement) dans lesquels des algues sont présentes, des bactéries et microorganismes.

Où l'aération est naturelle.

Dès son admission dans le premier bassin, l'eau abandonne par décantation les particules solides en suspension. Les sels minéraux pouvant être précipités par réactions chimiques et biochimiques.

La profondeur de ces bassins est généralement comprise entre 1 m et 1,8 m. ceux-ci sont dimensionnés de façon à ce que le temps de séjour de l'eau soit de l'ordre de 40 jours (cas de climat méditerranéen).

La capacité des bassins étant très grande par rapport au volume d'eau admis. On assiste à un phénomène de dilution de l'effluent.

Si les bassins sont bien conçus, il y a un effet tampon sensible. Ce qui permet d'admettre des à-coups de charge important.

Les espèces vivant dans les lagunes naturelles sont très nombreuses et varient en fonction du climat, de la charge appliquée, de la qualité de l'effluent et de la profondeur. On rencontre à la fois des bactéries, des micro-algues et des microorganismes

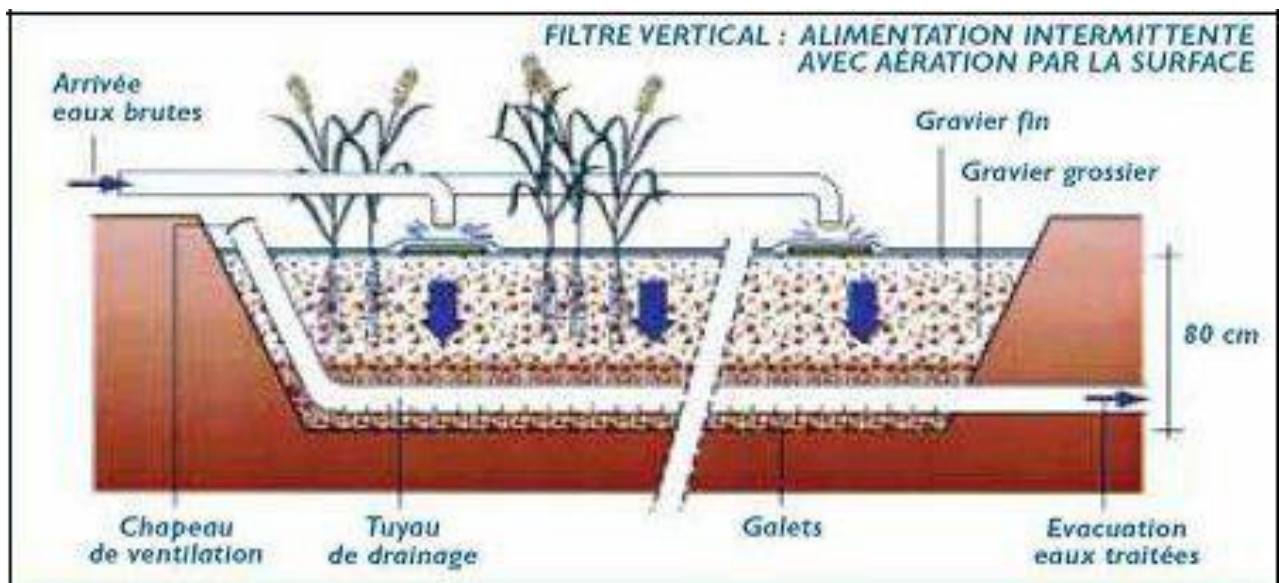


Figure III.6 : Coupe d'un bassin de lagunage.

### **B. Le lagunage aéré**

Le dimensionnement des lagunes peut être réduit de moitié en réalisant l'oxygénation dans le premier bassin par des aérateurs mécaniques ou par diffuseur d'air.

Outre le fait que ce type de lagune coûte, au niveau de l'exploitation, plus cher que les lagunes naturelles (consommation d'énergie, entretien électromécanique), il est nécessaire d'être plus strict au niveau construction. La protection des digues par du béton maigre, des pierres ou des feuilles de plastique est indispensable pour éviter l'érosion et la rupture des digues due au batillage de l'eau provoqué par les aérateurs.

Dans les deux cas, les ouvrages devront être le plus étanches possible afin d'éviter d'une part la contamination de la nappe et d'autre part des difficultés de remplissage.

#### **III.4.3.2.1 L'épandage**

La première technique d'épuration des eaux usées des agglomérations a été celle des champs d'épandage. Le système épurateur est donc constitué à la fois du sol et des cultures. Ce procédé permet d'enrichir le sol par les éléments nutritifs.

#### **III.4.4. Le traitement tertiaire**

La sensibilité de certains milieux récepteurs, les besoins de potabilité d'une eau, peuvent exiger des traitements épuratoires encore plus poussés.

Il s'agit notamment d'éliminer la pollution azotée et phosphorée responsable de nuisances particulières (eutrophisation, désoxygénation de l'eau,...).

##### **III.4.4.1. Déphosphatation**

L'élimination des phosphates a un grand intérêt lorsque le rejet s'effectue dans un lac ou un cours d'eau très lent.

Les phénomènes d'eutrophisation peuvent être en effet stimulés par le déversement avec l'eau résiduaire épurée de grandes quantités de phosphates assimilables.

Deux techniques d'emploi sont préconisées pour la déphosphatation :

- La précipitation simultanée par introduction d'un sel de fer ou d'alumine dans les boues activées
- La précipitation séparée qui constitue un troisième stade d'épuration, avec floculation et décantation ou floculation

Dans ce cas, on assure en outre une amélioration complémentaire de la qualité de l'eau épurée car l'on agit également sur les matières en suspension.



### III.4.4.2. Dénitrification

L'azote contenu dans les eaux urbaines s'élimine par voie biologique simultanément à la pollution carbonée à condition que les paramètres de dimensionnement des ouvrages soient définis en conséquence.

### III.4.4.3. Désinfection

Après traitement biologique et même traitement tertiaire, il peut être encore nécessaire de désinfecter les eaux résiduaires avant rejet. C'est le cas de certaines eaux que l'on peut soupçonner de contenir des microbes pathogènes en grandes quantités telles que les rejets hospitaliers...

La désinfection est recommandée quand on veut réutiliser les eaux résiduaires pour l'arrosage au moyen de dispositifs qui créent des aérosols.

Une désinfection chimique peut également être envisagée. Le réactif le plus fréquemment utilisé est l'eau de Javel, qui nécessite, pour être efficace, le maintien d'une teneur résiduelle suffisante (0,1 mg/l) et un temps de contact minimal de 20 mn.

L'effet désinfectant du chlore est d'autant plus efficace que la qualité de l'épuration qui précède son injection est meilleure [4].

## Conclusion

De manière générale, quelque soit le degré d'élaboration ou de sévérité des techniques d'épurations des eaux usées il subsistera toujours des matières organiques difficilement biodégradables, ainsi même après un traitement secondaire on retrouvera des

micro-organismes ou micropolluant qui nous imposeront de prévoir un traitement tertiaire

(désinfection) dans l'éventualité d'une réutilisation ultérieure de cette eau à des fins agricoles ou juste pour protéger un milieu récepteur sensible.

# **Chapitre IV :**

Procédé d'épuration par boue  
activée

## Introduction :

Le procédé d'épuration par boues activées est un procédé relativement récent ; il est mis au point en 1914 à Manchester.

Le principe du procédé consiste à développer une culture bactérienne dispersée sous forme de flocons « boues- activées » dans un bassin brassé et aéré, alimenté par l'eau usée à traiter.

La boue activée est constituée de l'ensemble « floc-eau interstitielle ». Le floc désigne un agglomérat composé de particules (ou débris) diverses (végétales, animales, minérales) et de colonies bactériennes.

### IV.1. Composants d'une unité biologique.

Une station de traitement par boues activées comprend en plus du prétraitement et éventuellement du traitement primaire :

- ▶ Un bassin dit d'aération dans lequel l'eau à épurer est mise en contact avec la masse bactérienne épuratrice.
- ▶ Un clarificateur dans lequel s'effectue la séparation de l'eau épurée et de la culture bactérienne.
- ▶ Un dispositif de recirculation des boues assurant le retour vers le bassin d'aération des boues biologiques récupérées dans le clarificateur, cela permet de maintenir la quantité de micro-organismes constante pour assurer le niveau d'épuration recherché.
- ▶ Un dispositif de fourniture d'oxygène à la masse bactérienne présente dans le bassin d'aération.
- ▶ Un dispositif de brassage afin d'assurer au mieux le contact entre les micro-organismes et la nourriture, d'éviter les dépôts, et de favoriser la diffusion de l'oxygène. L'installation d'une station d'épuration par boue activées comprend successivement (Figure : IV.1)

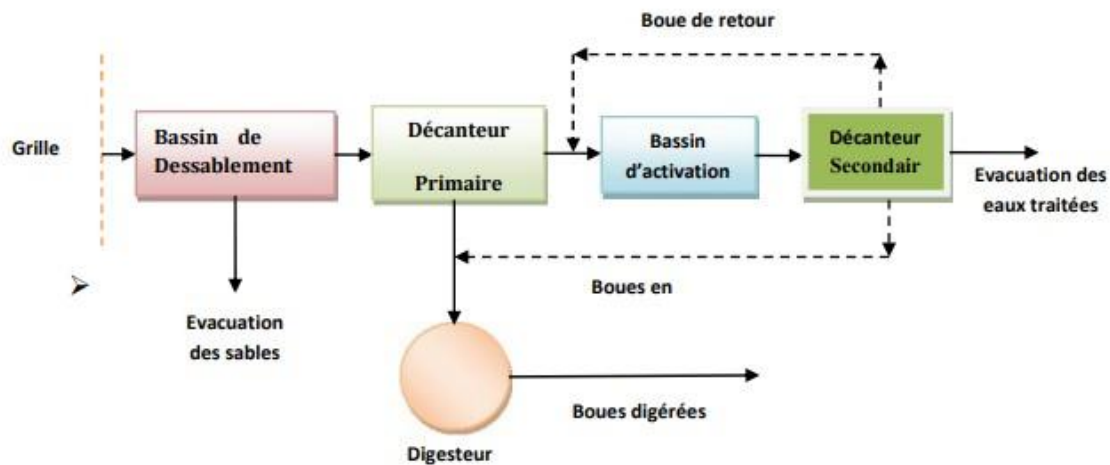


Figure IV.1: schéma d'une station de traitement par boues activées.

### IV.1.1. Régime hydraulique d'un procédé à boues activées

Le traitement des eaux usées par le procédé à boues activées peut être réalisé suivant deux types principaux :

► **Mélange intégral**

► **Mélange piston**

**a-Mélange intégral**

Le mélange intégral est un procédé permettant de mélanger instantanément les eaux décantées à travers la totalité du bassin d'aération. Ainsi, il existe dans le bassin une teneur constante des Boues activées, une oxygénation homogène et une répartition uniforme de la pollution organique.

**b-Mélange piston**

Dans ce cas, l'eau pénètre à l'une des extrémités du bassin et avance « de front » vers l'autre extrémité. L'effluent injecté à un instant donné progresse donc en bloc (en piston). Il circule lentement dans le sens longitudinal.

### IV.1.2. Comparaison entre les deux systèmes

Le réacteur à mélange piston conduit à des rendements d'élimination en DBO plus importants que le bassin à mélange intégral ; ceci pour des temps de séjour faibles. Le système à mélange intégral est préféré pour sa stabilité et les faibles variations de la concentration de l'effluent traité. La dilution instantanée de l'effluent brut dans le bassin permet d'absorber plus facilement les changements soudains de charges [1] .

## IV.2. Paramètres de traitement

### A-Paramètres de charge :

On définit les caractéristiques d'un réacteur par deux facteurs :

-la charge volumique ;

-la charge massique.

► **Charge volumique :**

La charge volumique représente la quantité de pollution introduite par jour, rapportée au mètre cube du bassin d'aération. Cette donnée permet d'évacuer le volume du bassin d'aération et n'a toutefois aucune signification biologique.

Donc la charge volumique c'est le rapport de la pollution apporté par unité de volume de bassin :

$$C_v = \text{DBO5 (entré)} / \text{volume du bassin en kg/m}^3 \cdot \text{j}$$

► **Charge massique :**

La charge massique biologique représente approximativement le rapport entre la masse journalière en DBO<sub>5</sub> à traiter et la masse des bactéries épuratrices présente dans le bassin d'aération.

C'est une caractéristique très importante du fait qu'elle :

- agit sur la décantabilité des boues.
- Intervient dans la minéralisation des boues et le rendement d'épuration.

Donc la charge massique c'est le rapport de la pollution entrante par unité de masse de population bactérienne chargée de son élimination.

$$C_m = \text{DBO}_5 (\text{entré}) / \text{MVS dans l'aérateur en kg DBO}_5 / \text{kg MVS.j}$$

**B-Age des boues :**

L'âge des boues représente le temps de séjour des boues dans le bassin d'aération : celui-ci est plus important que le temps de séjour de l'eau à traiter du fait de la recirculation des boues décantées.

Il correspond au rapport de la quantité de boues présentes, en kg. Dans le bassin d'aération sur la quantité de boues en excès à évacuer par jour, en kg.

$$\Theta = X_t / \Delta X$$

Avec :

X<sub>t</sub> : MVS dans l'aérateur.

ΔX : la masse de boues extraire quotidiennement.

**C-Indice de Mohlman :**

Cet indice appelé indice des boues traduit l'état d'hydratation des boues. Il permet de mettre en évidence, l'aptitude des boues à la décantation [4] .

**Remarque :**

Les boues sont bien décantables pour **80 < Im < 150**

- Si **Im=80** décantation est très bonne mais les boues sont difficilement pompables.
- si **Im=150** la décantation est très lente.

$$IM = V/M$$

Avec :

V : volume de boue décantée en une demi-heure.

M : poids des matières en suspension.

### **D-Indice de Donaldson :**

C'est l'inverse de l'indice de Mohlman.

Donc:

$$ID \cdot IM = 1$$

### **IV.3. Besoins en oxygène :**

Les deux phénomènes suivants sont à l'origine des besoins en oxygène :

1. Oxydation des Matières Organiques
2. Destruction des matériaux cellulaires lors de la phase de respiration endogène.

La teneur en oxygène ne doit pas être un facteur limitant ; la teneur en oxygène dissous dans le bassin d'aération doit être au moins de 1 à 2 mg/l.

L'aération des eaux résiduaires a lieu dans les bassins contenant les boues activées, qui ont une forme appropriée en fonction du système d'aération. L'aération peut être assurée en surface par des turbines, ou dans le fond par des procédés de rampe de distribution de bulles d'air alimentées par un surpresseur ou par un compresseur d'air. Les rampes de distribution sont complétées par des diffuseurs d'air dites grosses bulles ou fines bulles, suivant l'efficacité recherchée [5] .

### **☀ Consommation d'oxygène :**

Dans les stations d'épuration biologique, l'effluent chargé en matières organiques inertes est mis en présence d'une suspension bactérienne dense en milieu aéré. Les matières organiques contenues dans l'effluent peuvent être :

- Assimilées et transformées en composants cellulaires (anabolisme).
- Dégradées par oxydation pour fournir de l'énergie nécessaire à ces synthèses cellulaires.
- Absorbées et stockées par les cellules, en cas d'une alimentation surabondante. L'utilisation de ces matériaux stockés est alors différée .La pollution éliminée que nous supposons exprimée directement en poids de matières organiques, est répartie donc en trois fractions :

-Une fraction est anabolisée.

-Une fraction est catabolisée

-Le reliquat se trouve stocké par les bactéries et est joint aux réserves préexistantes [5].

#### ☀ **Besoins théoriques en oxygène :**

Les deux phénomènes suivants sont à l'origine des besoins théoriques en oxygène :

1. Oxydation des Matières Organiques
2. Destruction des matériaux cellulaires lors de la phase de respiration endogène.

Elle est donnée par la relation suivante :

$$qO_2 = a'Le + b'X_t$$

Avec :

$qO_2$  : débit d'oxygène exprimé en kg O<sub>2</sub>/j.

$Le$  : DBO<sub>5</sub> éliminée exprimée en kg/j.

$X_t$  : masse totale de boue présente dans l'aérateur exprimé en kg

$a$  : la fraction de pollution transformée en énergie de synthèse au cours de l'épuration.

#### **Remarque**

La quantité d'azote à nitrifier peut se calculer à partir de l'azote NK (Kjeldahl) entrant dans l'étage biologique, duquel on soustrait :

- l'azote assimilé par les bactéries
- l'azote Kjeldahl rejeté  $N_{\text{à nitrifier}} = N_{K\text{entrée}} - N_{K\text{ass}} - N_{K\text{rejeté}}$  [5] .

#### **IV.4.Principe d'épuration par boue activée.**

Le procédé à boues activées a été découvert en 1914 à Manchester et repose sur la constatation suivante:

Une eau d'égout aérée permet le développement rapide d'une flore bactérienne capable de dégrader des matières organiques polluantes. Dans les conditions idéales d'aération, les micro-organismes d'une eau usée se développent et s'agglomèrent en floccs. Au repos, ces derniers se séparent très bien de la phase liquide par décantation. C'est dans le clarificateur que cette séparation entre la boue et l'eau clarifiée a lieu. 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 (voir Figure 2).

Le principe du procédé à boues activées consiste donc à provoquer le développement d'un flocc 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.



**Bassin d'aération**



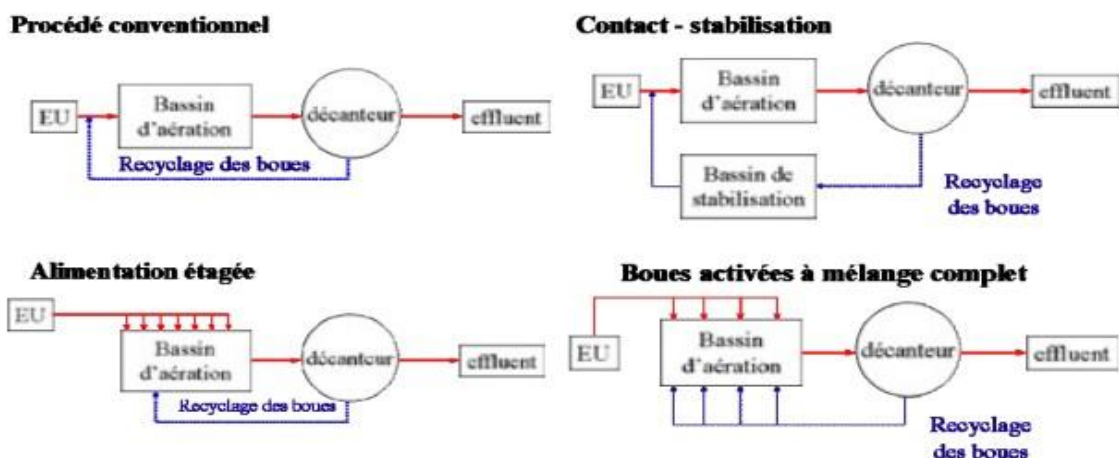
**décanteur secondaire**

**Figure IV.2 :** Eléments de base d'une station d'épuration par boues activées

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.

Plusieurs configurations de bassins d'aération dans le cas du procédé par boues activées peuvent être mis en œuvre :

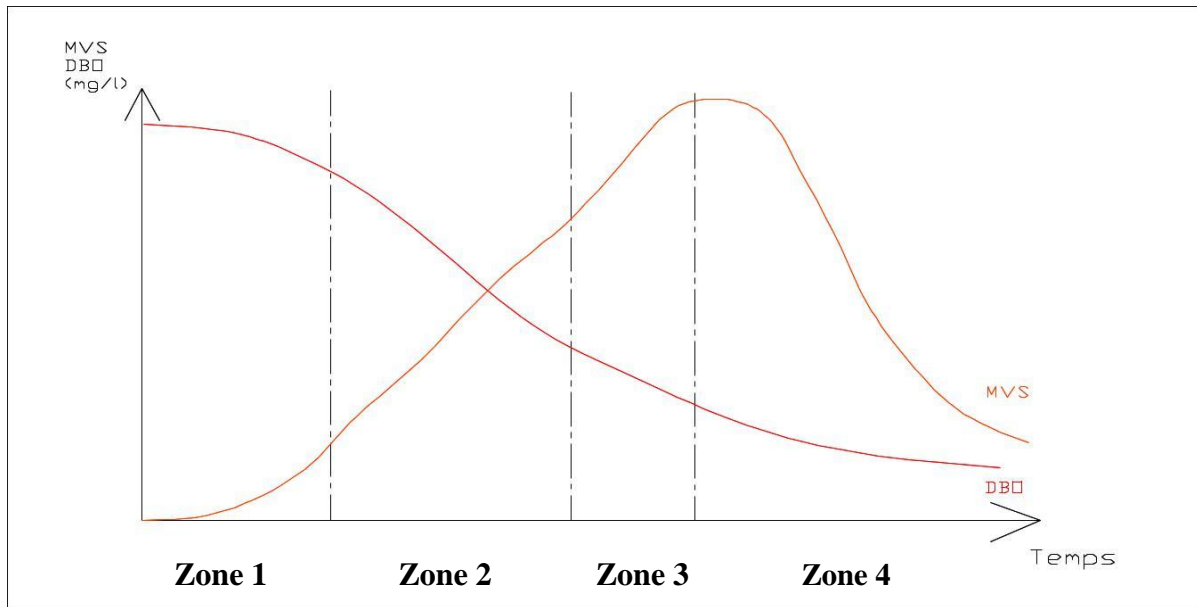
- ▶ Conventuel (le plus fréquemment utilisé)
- ▶ Contact stabilisation
- ▶ Alimentation étagée
- ▶ Mélange intégral (complet) [9]



**Figure IV.3 :** les différents types de bassins à boues activées [9]



- La culture bactérienne comprend un certain nombre de phases possèdent chacune une vitesse différente :



**Figure IV.4 :** Schéma simplifié de développement d'une culture bactérienne.

#### **Phase 1 : de latence**

Au cours de laquelle il peut y avoir acclimatation des micro-organismes au milieu nutritif, par modification du système enzymatique de culture.

#### **Phase2 : de croissance exponentielle**

Le milieu riche en nourriture permet un développement rapide des bactéries.

La DBO diminue rapidement, la consommation d'oxygène est élevée par suite de l'activité intense de synthèse cellulaire et de métabolisme de la flore bactérienne. La masse des matières volatiles en suspension (M.V.S) augmente c'est la phase de synthèse cellulaire et de métabolisme de la flore bactérienne.

#### **Phase3 : de croissance ralentie**

Les causes qui provoquent le ralentissement ou l'arrêt de la croissance sont dues à la diminution de la concentration en aliments, à une accumulation de déchets toxiques, ou à une modification physique du milieu.

#### **Phase4 : endogène**

Dans laquelle le milieu est pauvre en matières organiques et se traduit par la mort de nombreux micro-organismes. C'est la phase endogène.

L'oxygène apporté est alors utilisé par les bactéries pour leur propre transformation en produits finaux [4] .

#### IV.5. Système d'aération.

Les systèmes d'aération équipant un bassin d'épuration biologique ont un double but :

- apporter aux micro-organismes aérobies l'oxygène, généralement emprunté à l'air, dont ils ont besoin ;
- provoquer une homogénéisation et un brassage suffisants de façon à assurer un contact renouvelé entre le milieu vivant, les éléments polluants et l'eau ainsi oxygénée.

Ces systèmes sont constitués le plus souvent d'un appareil ou d'un ensemble d'appareils placés dans un bassin de volume et de forme déterminés.

##### IV.5.1. Aérateurs de surface

L'aération de surface permet d'obtenir une aération et mélanger l'effluent par l'utilisation de pales ou d'aubes qui sont mises en rotation avec une certaine vitesse. L'aérateur, qui tourne autour d'un axe vertical ou horizontal, est placé à la surface du liquide dans le bassin d'aération.

Les aérateurs de surface se divisent en deux groupes :

- les aérateurs à vitesse lente ;
- les aérateurs à vitesse rapide.

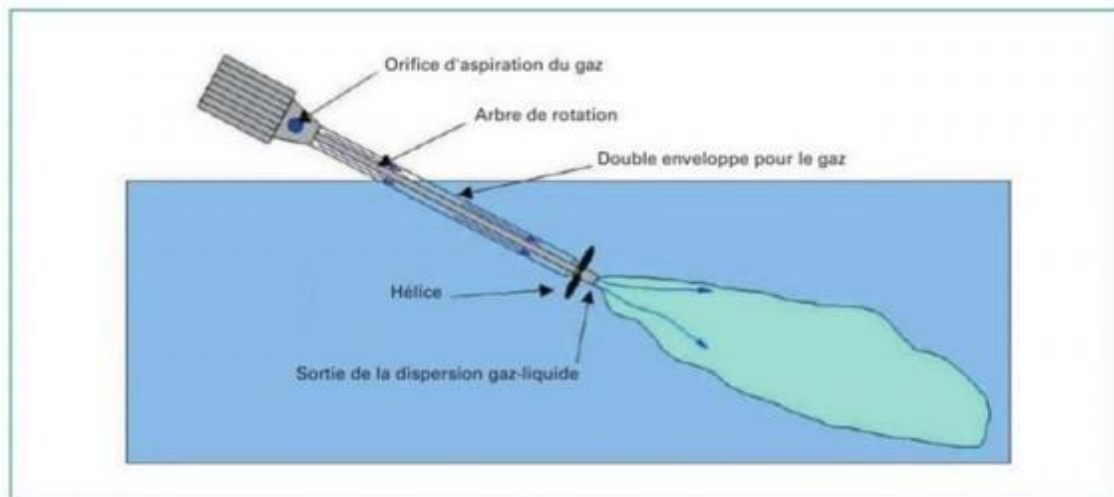


Figure IV.5: Aérateur de surface

##### IV.5.2. Aérateurs de fond

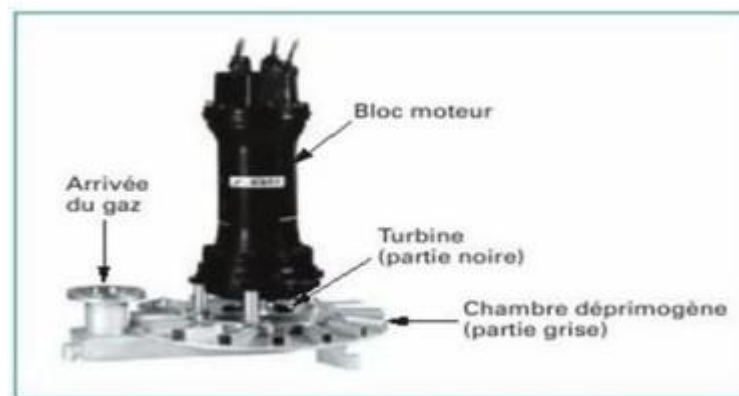
Ces aérateurs disposés au fond des bassins (figure IV-4) se composent généralement :

- d'un bloc moteur électro-submersible ;

— d'une chambre déprimogène circulaire composée d'un double plateau raccordée à un tube d'aspiration d'air. La partie supérieure de cette chambre est équipée d'une multitude de diffuseurs horizontaux disposés radialement sur le plateau ;

— d'une turbine qui assure à la fois le pompage de l'eau, l'aspiration d'air et le refoulement du mélange diphasique obtenu.

La rotation de la turbine à l'intérieur de la chambre engendre dans la partie inférieure une dépression qui entraîne une introduction importante d'air par l'intermédiaire d'un tube d'aspiration débouchant à l'extérieur. Simultanément, les aubes évidées de la turbine assurent le pompage du liquide par sa partie supérieure. Ainsi, un mélange intime est obtenu par cisaillement de l'air en fines bulles. L'éjection de ce mélange diphasique est réalisée radialement par l'intermédiaire des diffuseurs placés horizontalement.



**Figure IV.6:** Aérateur de fond

### IV.5.3. Hydro-éjecteurs

Les hydro-éjecteurs sont des aérateurs toujours positionnés sur le radier des bassins. Leur principe de fonctionnement est simple. Une pompe immergée délivre un fort débit d'eau qui passe à travers une buse puis sort par un conduit divergent. Cette configuration permet d'aspirer l'air ambiant (ou l'oxygène stocké dans un réservoir de surface) par l'intermédiaire d'un tube piqué juste après la buse. La forme du conduit divergent est étudiée pour créer de la turbulence et favoriser le mélange gaz-liquide.

Leur fonctionnement silencieux et leur faculté d'autoamorçage en sont les deux principaux avantages.



**Figure IV.7:** Ventoxal d'Air Liquide

#### **IV.5.4. Aération par air sur pressé**

L'aération par air sur pressé consiste à insuffler de l'air dans la masse liquide à des profondeurs variant de 1 à plus de 10 m dans certains cas. Les systèmes utilisés se divisent en trois grandes familles en fonction de la dimension des bulles générées :

- grosses bulles ( $d_B > 6 \text{ mm}$ ) : cannes verticales, Les aérateurs à grosses bulles ont l'avantage de ne pas colmater, de maintenir la température du liquide et d'avoir des coûts de maintenance faible. Mais le taux de transfert de l'oxygène reste faible.
- moyennes bulles ( $4 \text{ mm} < d_B < 6 \text{ mm}$ ) : divers diffuseurs permettent de réduire la dimension des bulles libérées : clapets, petits orifices, etc. ;
- fines bulles : diffusion d'air à travers des corps poreux ou des membranes élastiques finement perforées. Les aérateurs à fines bulles ont l'avantage d'une grande flexibilité et d'une bonne capacité de mélange et de maintien de la température. Leur inconvénient principal est leur coût d'achat et d'entretien élevé, car ils nécessitent des filtres et des équipements auxiliaires pour ne pas colmater.

**IV.6. Avantages et inconvénients du procédé d'épuration par boue activée.**

| Avantages   | Inconvénients  |
|---|--|
| <ul style="list-style-type: none"> <li>▶ adaptée pour toute taille de collectivité (sauf les très petites) ;</li> <li>▶ bonne élimination de l'ensemble des paramètres de pollution (MES, DCO, DBO5, N par nitrification et dénitrification) ;</li> <li>▶ adapté pour la protection de milieux récepteurs sensibles ;</li> <li>▶ boues (cf. glossaire) légèrement stabilisées ;</li> <li>▶ facilité de mise en œuvre d'une déphosphatation simultanée.</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>▶ coûts d'investissement assez importants ;</li> <li>▶ consommation énergétique importante ;</li> <li>▶ nécessité de personnel qualifié et d'une surveillance régulière ;</li> <li>▶ sensibilité aux surcharges hydrauliques ;</li> <li>▶ décantabilité des boues pas toujours aisée à maîtriser ;</li> <li>▶ forte production de boues qu'il faut concentrer.</li> </ul> |

**Tableau IV.1 :** Avantages et inconvénients du procédé d'épuration par boue activée.

**Conclusion :**

Le procédé à boue activée est une technique biologique d'épuration des eaux. Il représente une alternative efficace et relativement écologique (sans utilisation de produits chimiques) aux techniques d'épuration les plus couramment utilisées. **C'est le procédé utilisé dans notre station d'épuration de la ville de SIDI ABDELLAH la commune de MAHALEMA.**

# **Chapitre V :**

Traitement des boues

### **Introduction :**

Les boues, même déshydratées, soulèvent une problématique particulière ; elles ne peuvent plus, comme par le passé, être considérées comme un déchet ultime destiné à une valorisation agricole ou à une mise immédiate en centre d'enfouissement.

La matière organique contenue dans ces boues confère à celles-ci une potentialité de valorisation agricole et énergétique. Cette potentialité est contrebalancée par la présence d'un spectre d'agents polluants allant de la bactériologie aux dioxines, en passant par le chapelet des métaux lourds. Il y a une tension permanente entre les possibilités de valorisation et l'élimination directe au travers des règlements et contraintes économiques liées aux coûts de valorisation et d'élimination.

### **V.1. Définition des boues :**

Les boues sont des effluents liquides fortement chargés en matières solides ( avec des concentrations en solide de 1 à 10 % , soit 10 à 100g/l ).Elles sont constituées essentiellement d'eau et de matières organiques et minérales ( éléments fertilisants) .

Ces boues liquides subissent des traitements supplémentaires avant toute utilisation, afin de réduire leur teneur en eau, supprimer les mauvaises odeurs... etc. Il faut savoir qu'en moyenne :

☀ 1000 litres d'eaux usées donnent au final 20 litres de boues.

☀ Chaque individu produit 3 litres de boues par jour [6].

### **V.2. Objectif de traitement des boues :**

Les principaux buts visés lors du traitement des boues sont :

☀ Réduire la teneur en eau jusqu'à 5 à 10 %.

☀ Stabiliser la matière organique en diminuant sa fermentescibilité pour réduire ou même supprimer les mauvaises odeurs.

☀ Hygiéniser si nécessaire en détruisant les micro-organismes pathogènes.

☀ Valoriser ces boues dans le domaine agricole et industriel [6].

### **V.3. Origine des Boues :**

Selon leur origine, les boues ont une composition différente qu'elles proviennent d'un traitement d'eau potable, d'un procédé physico-chimique ou biologique, d'une eau usée urbaine ou industrielle.

La nature de la boue est donc liée à la composition de l'effluent traité, et aussi aux techniques de traitement utilisées.

On peut distinguer les types de boues suivants :

### a. Boues primaires

Résultent de la simple décantation des matières en suspension contenues dans les eaux usées brutes. Elles ne sont pas stabilisées.

Elles sont riches en matières minérales et contiennent des matières organiques susceptibles d'évolution. Elles présentent des concentrations élevées. Elles sont obtenues dans les décanteurs digesteurs ou dans les décanteurs primaires des stations d'épuration par boues activées [1].

### b. Boues secondaires

Les boues secondaires sont issues du traitement biologique (boues activées, lit bactérien, disques biologiques,...).

Elles sont constituées essentiellement de corps bactériens.

### c. Boues mixtes

Dans le cas où il existe des boues primaires et des boues secondaires, elles forment des boues "mixtes". Ce sont des boues fraîches qui vont subir un traitement de stabilisation biologique.

### d. Boues d'aération prolongée (cas fréquent en France)

Ce sont une variante des boues mixtes. Dans ce procédé, comme d'ailleurs en lagunage naturel et en lagunage aéré le traitement n'inclut pas d'étage de décantation primaire.

L'ensemble des déchets est donc soumis à l'aération et les boues obtenues, particulièrement peu concentrées, sont suffisamment minéralisées pour ne pas produire de nuisance ultérieure.

### e. Boues physico-chimiques

Elles sont formées par l'agglomération des matières organiques particulières ou colloïdales contenues dans les eaux usées. Cette agglomération est obtenue grâce à l'addition d'un réactif coagulant, tel les sels de fer ou d'aluminium. 90% des MES peuvent ainsi être captées. Séparées par décantation, les boues obtenues renferment une part importante de sels minéraux issus des eaux brutes et de l'agent coagulant.

Les volumes importants occasionnés par les boues ont conduit les traiteurs à tenter dans une première phase, à réduire ces volumes. Il s'agit de choisir un mode de traitement qui, sans nuisance supplémentaire, atteigne l'objectif de réduction des volumes de boues [1].

## V.4. Etapes de traitement des boues

### V.4.1. Epaissement

L'épaissement consiste le premier stade d'une réduction importante du volume des boues issues des traitements biologiques ou physico-chimiques des effluents urbains, il est conçu pour séparer l'eau interstitielle de boues suivant le mode de séparation solide liquide.

On distingue principalement deux types d'épaissements :

☀ Epaissement par flottation.

☀ Epaissement par gravitation [6].

#### V.4.1.1. Epaissement par flottation :

Dans ce type d'épaissement, les fines bulles d'air formées par dépressurisation s'accrochent aux floccs des boues, le mélange air matière s'élève à la surface où il est éliminé par raclage de surface.



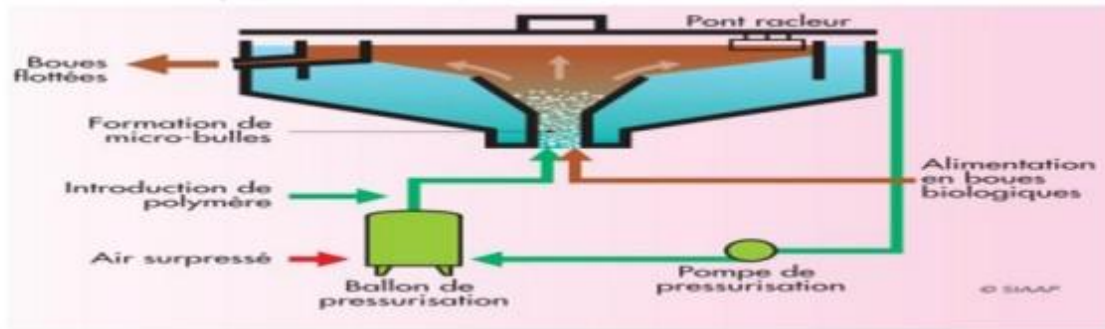


Figure V.1: Flottation [1] .

#### V.4.1.2.Épaississement par gravitation :

C'est le procédé d'épaississement des boues qui est le plus utilisé .Les boues décantent gravitairement et se rassemblent au fond de l'ouvrage ce qui entraîne une concentration supérieure à la concentration initiale. Les boues sont soutirées et envoyées vers l'étape suivante du traitement, tandis que l'eau surnageant est évacuée de l'ouvrage et renvoyée en tête de station.

L'avantage de ce type est sa simplicité avec une dépense d'énergie modéré. L'inconvénient majeur réside dans la surface et volume important des ouvrages d'épaississement, donc des investissement importants [6].

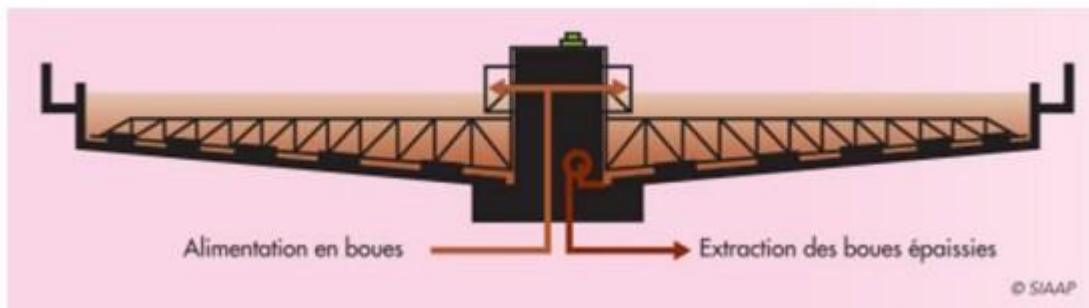


Figure V.2: Epaississement statique gravitaire [1] .

#### V.4.2. Stabilisation

La stabilité des boues est obtenue, lorsque les matières organiques contenues dans les boues n'évoluent plus en dégageant par exemple, des odeurs émanant du processus de fermentation.

Il suffit de contrôler cette phase par une diminution des matières organiques fermentescibles Présentes dans les boues.

La stabilisation des boues a pour but de réduire leurs pouvoirs fermentescibles. Les traitements de stabilisation utilisés sont de type biologique, chimique ou thermique [1].

### V.4.2.1. Stabilisation biologique

Elle se fait soit par voie aérobie dans les bassins d'aération, soit par voie anaérobie dans des digesteurs avec production d'un biogaz riche en méthane.

#### A-Stabilisation aérobie

La stabilisation aérobie des boues consiste en une minéralisation aboutissant à une oxydation très poussée des boues.

Elle est réalisée dans des ouvrages appelés digesteurs qui sont alimentés :

- ☼ Soit en continu
- ☼ Soit par cuvée, c'est à dire par alimentation intermittente.

Le temps de séjour dans ces ouvrages est de l'ordre d'une semaine et les systèmes d'aérations utilisées, sont soit des aérateurs de surface ou des diffuseurs d'air.

Les aérateurs de surface permettent une meilleure diffusion d'oxygène mais ils peuvent provoquer une certaine destruction mécanique du floc bactérien rendant ainsi plus difficile leur épaissement.

L'avantage de ce procédé réside dans la simplicité de son fonctionnement, de sa conception et de son suivi. Le surnageant récupéré après la stabilisation des boues, est renvoyé en tête de station. Sa DBO ne représente plus qu'une faible pollution et ne perturbe pas l'épuration.

L'inconvénient majeur d'un tel système est qu'il consomme de l'énergie ajoutée aux dépenses énergétiques globales de la station [1].

#### B-Stabilisation anaérobie

Dans ce procédé, la dégradation des matières organiques est réalisée par des bactéries anaérobies. La digestion anaérobie est donc une fermentation en absence d'oxygène qui permet de stabiliser les matières organiques en les transformant, le plus souvent, en gaz méthane et en gaz carbonique. On admet que la digestion anaérobie comprend deux phases:

- ☼ Une première phase au cours de laquelle, des acides volatils sont formés par des bactéries acidifiantes.
- ☼ Une deuxième phase qui est une phase de gazéification réalisée par des bactéries méthanogènes.

### V.4.2.2. Stabilisation chimique

Le pouvoir fermentescible d'une boue peut être réduit par adjonction de réactifs chimiques. Cet apport de réactifs ne modifie pas la quantité de matières organiques biodégradables mais agit essentiellement par son action bactéricide. La chaux, du fait de son coût réduit et de son alcalinité, est le réactif le plus utilisé [1].

### VII.4.3. Conditionnement

La rupture de la stabilité colloïdale des boues peut être obtenue en appliquant plusieurs principes de nature physique, chimique ou thermique, ou leurs combinaisons. Les techniques les plus souvent mises en œuvre sont les conditionnements chimique et thermique [6].

#### ☀ Conditionnement chimique :

Les sels ferriques [ $\text{FeCl}_3$ ,  $\text{FeSO}_4\text{Cl}$ ,  $\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3$ ] et d'aluminium [ $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot 18\text{H}_2\text{O}$ ,  $\text{AlCl}_3$ ], généralement utilisés conjointement avec la chaux, restent les plus efficaces et les plus couramment utilisés dans la déshydratation des boues organo-colloïdales par filtration sous vide ou sous pression élevée. Les doses sont rapportées, en produit pur, à la teneur en matières sèches de boue [6].

#### ☀ Conditionnement thermique :

Il consiste à traiter les boues organo-colloïdales par cuisson par des procédés technologiquement différents. Si la boue est chauffée à une température variant entre 160 et 210 °C sa structure est irréversiblement transformée en libérant la majeure partie de l'eau liée ou combinée. Le temps de cuisson varie de 30 à 90 min.

Le conditionnement thermique est particulièrement adapté aux stations importantes équipées de digesteurs. Le gaz produit peut alors être utilisé directement dans les chaudières fournissant la chaleur nécessaire au conditionnement. Les dépenses de fonctionnement sont alors réduites [6].

### V.4.4. Déshydratation

#### ☀ La déshydratation mécanique :

Elle s'opère par centrifugation ou par filtration.

La centrifugation consiste à séparer l'eau des boues épaissies par la force centrifuge développée dans un cylindre tournant à grande vitesse. En sortie, les boues sont pâteuses avec une siccité de 18 à 20 % pour la première génération d'équipements, et de 20 à 25 % de siccité pour la seconde. Pendant

longtemps, cette technique a surtout concerné les stations de plus de 10.000 EH ; aujourd'hui des solutions existent pour les plus petites [2] .

La filtration par filtres à bandes consiste en une compression et un cisaillement des boues entre deux toiles. Les premiers modèles (à basse et moyenne pression) ne permettaient d'atteindre que 15 à 17% de siccité. Les modèles plus récents (à haute pression) permettent d'atteindre jusqu'à 18 à 20%. En sortie, les boues se présentent sous forme de petites plaques.

### ☀ **La déshydratation par géo membranes :**

Cette technique de déshydratation est apparue récemment, avec le développement des membranes. Les boues sont mises dans des géo tubes aux pores minuscules, qui laissent passer l'eau petit à petit et concentrent les matières. Une fois pleins, ces géo tubes contiennent des boues déshydratées jusqu'à 15 à 25% de siccité.

### **V.4.5. Le séchage :**

Le séchage des boues est une déshydratation quasi-totale des boues par évaporation de l'eau qu'elles contiennent ; la réduction de volume qui en résulte est conséquente.

### ☀ **Le séchage thermique :**

Il repose sur deux méthodes : directe et indirecte. Le séchage direct consiste en une évaporation des boues par convection, via un fluide caloporteur. Le séchage indirect repose quant à lui en un échange de chaleur par conduction, via une paroi chauffée par un fluide caloporteur. En sortie, les boues se présentent sous forme de poudres ou de granulés, avec un taux de siccité pouvant atteindre 90 à 95 %. Ces deux procédés sont très énergivores : ils représentent un poste sur lequel il est possible de réduire l'empreinte environnementale de la filière boue, par exemple en mettant en place des boucles de récupération d'énergie.

### ☀ **Les lits de séchage :**

Ce procédé consiste à répartir les boues à déshydrater sur une surface drainante (composée de plusieurs couches de gravier et de sable de granulométries variables), à travers laquelle s'écoule l'eau interstitielle. Ces lits de séchages sont mis sous serre pour non seulement tirer parti du phénomène d'évaporation naturelle, mais l'accélérer par les rayons du soleil. On parle alors de séchage solaire. Une autre variante de ce procédé consiste à mettre les lits de séchage sous couvert végétal (roseaux), ce qui permet de s'affranchir des conditions climatiques. Ce procédé est appelé lits à macrophytes. En sortie des lits de séchage, les boues sont solides, d'une siccité d'environ 35 à 40 %. Ce procédé de séchage présente l'intérêt d'être en plus une solution de stockage des boues. Il est particulièrement bien adapté aux stations d'épuration des collectivités de moins de 5.000 EH [2].

### V.4.6. Traitements d'hygiénisation

C'est un traitement qui réduit à un niveau non détectable les agents pathogènes présents dans la boue. Une boue est considérée comme hygiénisée quand, à la suite d'un traitement elle satisfait aux exigences définies préalablement.

L'hygiénisation des boues ne s'impose que dans certains contextes d'utilisation agronomique. La plupart des boues épandues ne sont pas hygiénisées. En effet, la maîtrise du risque sanitaire repose de façon satisfaisante sur l'application de règles de bonnes pratiques.

Les traitements d'hygiénisation résultent souvent d'une conduite particulière des traitements de stabilisation des boues correctement chaulées, séchées thermiquement ou encore compostées peuvent être considérées comme des boues hygiénisées [5].

### V.4.7 Stockage des boues

Son rôle est essentiel vis-à-vis du bon fonctionnement de la station d'épuration puisqu'il doit assurer la souplesse entre les extractions discontinues vers l'utilisation finale des boues [5].

## V.5. Destination final des boues :

Aujourd'hui, il existe deux filières concernant la destination des boues qui sont :

### V.5.1. Principales filières

Les boues récupérées des STEP sont soit valorisées pour des fins agricoles ou énergétiques, ou bien éliminées.

#### V.5.1.1. Valorisation organique

Il s'agit de la solution la moins onéreuse mais également la plus fragile en raison des difficultés liées à l'acceptation par le monde agricole de ces « déchets » devenus « produits ».

##### a. Epandage des boues

Malgré les couts croissants de traitement des boues nécessaires à une valorisation agricole, l'épandage reste la filière la plus économe. Avant d'être épandues, les boues peuvent avoir subi un ou plusieurs traitements.

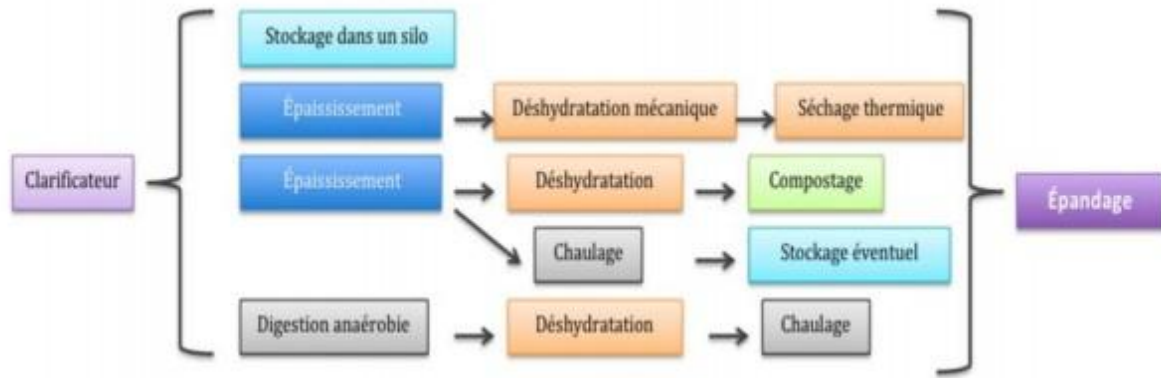


Figure V.3 : Différentes étapes de traitement des boues avant épandage [1] .

Les boues traitées en vue d'un épandage peuvent être :

☀ **Boues liquides** : siccité 2 à 5 %, produites par les petites stations (< 200EH), elles ont subi un épaississement ou un stockage en silo.

☀ **Boues pâteuses** : siccité 15 à 25%, issues de la digestion biologique, correspondent à des STEP de taille moyenne (65 000 à 20 000 EH). Elles ont subi une déshydratation sur filtre à bande ou une centrifugation.

☀ **Boues chaulées** : siccité 25 à 30%, ce type peut être pâteux ou solide, produit par des STEP de taille moyenne à grande (20 000 à 100 000 EH). Elles sont issues d'un chaulage après une déshydratation.

☀ **Boues compostées** : siccité 35 à 70%, issues d'un compostage des boues déshydratées.

☀ **Boues solides** : résultent d'un traitement par filtre presse ou d'un séchage thermique. Elles sont produites surtout par des grandes STEP (cout de production assez important).

L'épandage des boues présente des avantages agronomiques car les boues de la STEP sont riches en éléments fertilisants (N et P). En effet, dans les boues liquides, la plupart de l'azote se trouve sous forme d'ammonium qui est facilement assimilé par les végétaux. Dans les boues pâteuses et solides, l'azote est sous forme organique et sera disponible à long terme. De plus, l'apport de phosphore par les boues est très important, quasiment égal à celui des engrais chimiques.

Malgré les intérêts qu'elle présente, cette valorisation a des limites. Elle est assez mal acceptée par les exploitants à cause de la présence des ETM, des CTO et les germes pathogènes dans les boues [1].

## b. Valorisation sous forme de compost

Le compostage est d'abord un procédé de stabilisation de la matière organique puis un procédé de valorisation organique produisant un compost soumis aux mêmes contraintes réglementaires que l'épandage agricole.

## Chapitre V : Traitement des boues

Par ailleurs, le compostage présente plusieurs avantages par rapport à l'épandage. Parmi ces avantages on a :

- ☀ Réduction du volume des boues et de leur teneur en eau ;
- ☀ Réduction des odeurs ;
- ☀ Meilleure maniabilité (meilleure structure que les boues non compostées) ;
- ☀ Stabilisation et hygiénisation naturelles sans additifs chimiques ;
- ☀ Plus grand intérêt économique (une grande quantité d'humus riche en éléments fertilisants).

La valorisation agricole après compostage est garantie en raison de la qualité du produit final, s'il est commercialisé, peut garantir la rentabilité de l'opération.

A cause d'un apport trop faible carbone/azote, et de l'absence d'élément structurant, les boues de STEP ne sont pas compostables seules. Il est donc nécessaire de mélanger les boues avec des déchets verts qui permettent de structurer et d'aérer le substrat, afin d'obtenir un produit final de bonne qualité. Ce procédé nécessite des garanties quant à la qualité et à la quantité des deux flux (déchets verts et boues) afin d'assurer un mélange homogène dans la durée.

L'utilisation du compost fournit aux végétaux un support aéré, un réservoir d'eau et de nutriments. Ceci permet un enracinement important des végétaux, favorise leur productivité et diminue les risques d'érosion [1].

### V.5.1.2. Valorisation énergétique des boues :

#### ► ► Définition de la méthanisation :

La méthanisation (ou fermentation anaérobie) est un procédé biologique permettant de valoriser des matières organiques qui sont dégradées partiellement en l'absence de l'oxygène (digestion anaérobie), par l'action combinée de plusieurs types de micro-organismes qui conduit à la formation du biogaz qui est source d'énergie renouvelable et d'un digestat utilisé comme fertilisant (Voir le schéma qui suit ).

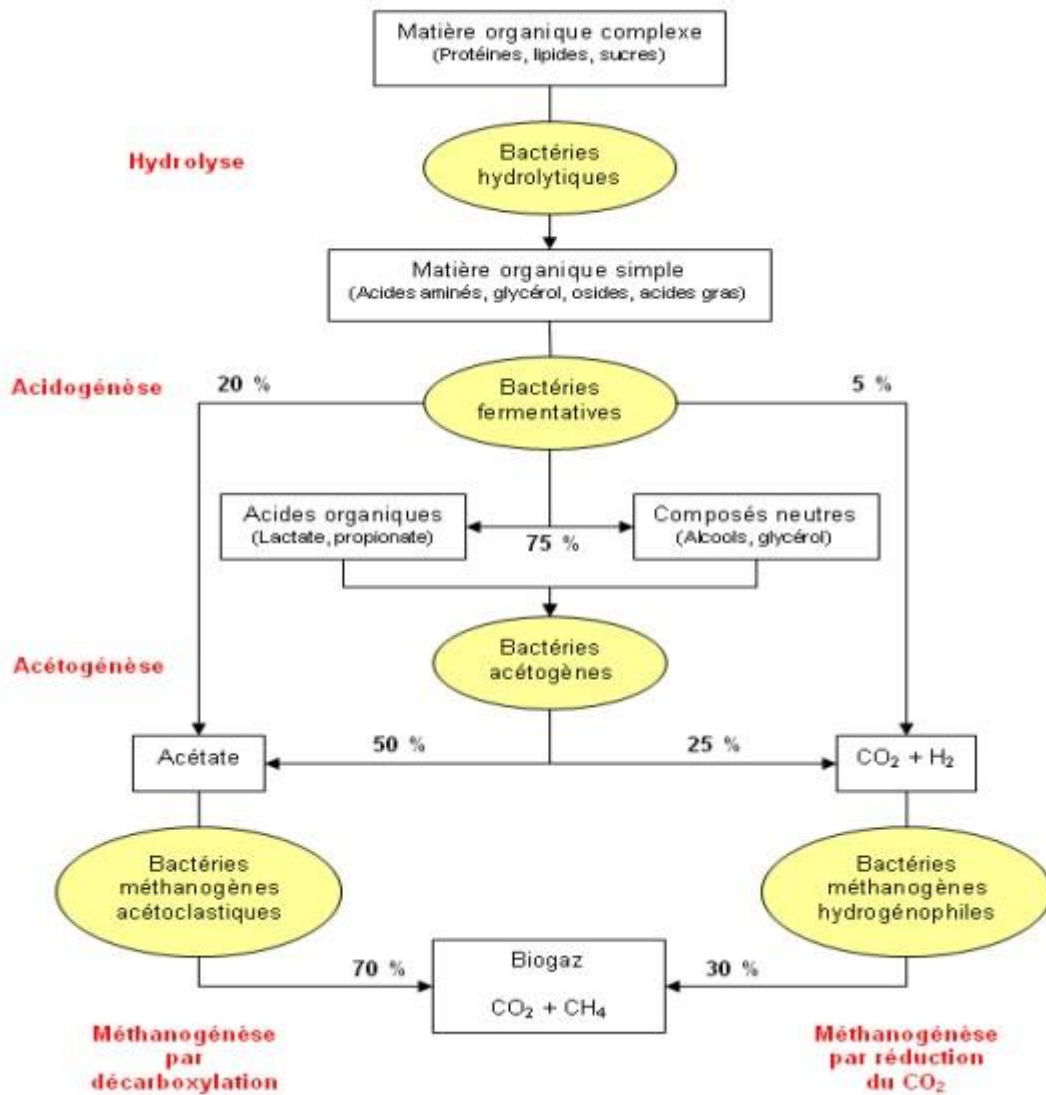


Figure V.4 : Les principales phases du processus de méthanisation [8].

### ►► Composition de biogaz

Le biogaz est principalement constitué de méthane combustible et de gaz carbonique inerte. D'autres gaz peuvent venir s'ajouter de façon minoritaire dans la composition du biogaz : hydrogène, sulfure d'hydrogène ( $\text{H}_2\text{S}$ ). La teneur de ces gaz dépend étroitement du déchet traité et du degré d'avancement de la méthanisation.



| Nature de gaz                         | Proportion (en %) |
|---------------------------------------|-------------------|
| Méthane (CH <sub>4</sub> )            | 50-80             |
| Dioxyde de carbone (CO <sub>2</sub> ) | 20-50             |
| Hydrogène sulfuré (H <sub>2</sub> S)  | 0-0,5             |

**Tableau V.1:** Composition du Biogaz [8].

### ►► Propriétés du Biogaz

→ Le biogaz est un gaz sensiblement plus léger que l'air, il produit deux fois moins de calories par combustion à volume égal que le gaz naturel. Cette énergie renouvelable peut être utilisée sous différentes formes : combustion pour la production d'électricité et de chaleur, production d'un carburant.

Le PCI est le pouvoir calorifique inférieur lorsque l'eau produite par cette combustion reste à l'état de vapeur:

- Le PCI du méthane à 0°C à pression ATM = 9,94 kWh/m<sup>3</sup>.
- Pour le biogaz, le PCI sera proportionnel à sa teneur en méthane (par exemple, pour un biogaz contenant 70% de méthane, le PCI sera de  $9,94 \times 0,7 = 6,96$  kWh/m<sup>3</sup>).

### ►► Les voies de valorisation de biogaz

☀ Valorisation thermique: pour chauffer le digesteur, les locaux et parfois pour sécher les boues, la teneur en CH<sub>4</sub> du biogaz peut descendre jusqu'à 20%. La chaleur de combustion du biogaz peut aussi servir pour la production d'eau chaude

☀ Valorisation électrique: au moins 40% de méthane

☀ Valorisation énergétique mixte ou cogénération

☀ Production du biocarburant : un minimum de 96% de méthane

☀ Injection du méthane épuré dans le réseau de gaz naturel (pas encore autorisée) [8] .

#### V.5.1.3.Mise en décharge contrôlée

Elle consiste à enfouir les boues souvent mélangées avec les ordures ménagères selon les principales conditions (site étanche, compactage des résidus, récupération et traitement des jus de décharges,...). Afin d'éviter toute nuisance au niveau de stockage, les boues doivent être débarrassées des matières organiques fermentescibles.

De plus, pour réduire la production de lixiviats, et éviter une rapide saturation de la décharge, ne sont acceptées que les boues peu humides (humidité maximale de 70 %).

Remarque

La mise en décharge contrôlée de la boue nécessite des opérations préliminaires de stabilisation et de déshydratation poussée [1].

### **V.5.2. Filières facultatives**

Ce sont de nouvelles techniques de valorisation des boues, parmi ces techniques, on trouve :

#### **V.5.2.1 Co-combustion en cimenterie**

Encore au stade expérimental en France, cette technique offre une possibilité d'élimination des boues d'épuration déshydratées ou séchées. En effet, les boues de siccité supérieure à 90 % ont un pouvoir calorifique important (de 10 à 12 MJ/kg). Elles peuvent donc être utilisées comme combustible et remplacer une partie de la consommation en énergie fossile. De plus, la chaleur produite par le processus peut être utilisée pour le séchage des boues [1]

Cependant, pour pouvoir profiter de cette chaleur, la station d'épuration doit être à proximité de la cimenterie. En outre, la teneur en phosphore des boues peut être un élément limitant de cette technique. En effet, une teneur supérieure à 0,5 % de phosphore peut entraîner une diminution de la résistance mécanique.

#### **V.5.2.2. Gazéification**

La gazéification consiste à convertir à forte température (900-1100°C) une énergie contenue dans un matériau solide en un résidu inerte et un gaz calorifique valorisable ou d'électricité, avec des rendements énergétiques et un bilan environnemental favorables. Cependant, cette technique nécessite des boues préalablement séchées à 90 %, ce qui grève pour le moment le coût de cette solution alternative [1].

### **Conclusion**

Le traitement des eaux usées dans les stations d'épuration se termine par la production d'une eau épurée et aussi des boues qui peuvent causer des risques sur l'environnement ce qui nous oblige à traiter ces boues avant de les envoyer à une destination finale soit l'épandage agricole ou l'incinération et ce traitement passe par plusieurs étapes.

En Algérie la valorisation agricole des boues est mal connue, malgré qu'elles soient données gratuitement .La valorisation énergétique, qui est un tout nouveau créneau dans le monde du recyclage des boues , est quant à elle inconnue ou presque .

# **Chapitre VI :**

Gestion et exploitation de la  
station d'épuration

### **Introduction**

Le détenteur d'une STEP doit assurer qu'elle soit exploitée avec compétence. Cela exige des effectifs suffisants de personnel au bénéfice d'une bonne formation, la maintenance et le renouvellement ciblés des composants de l'installation, ainsi que la saisie et l'interprétation des principales données d'exploitation .

L'exploitation professionnelle vise à réduire l'apport de substances dans les eaux, et il convient d'optimiser l'utilisation des ressources pour réaliser cet objectif. Les principales conditions préalables comprennent du personnel bien formé et sa bonne organisation, la garantie du bon état de fonctionnement des installations ainsi que la surveillance et l'optimisation appropriées du fonctionnement.

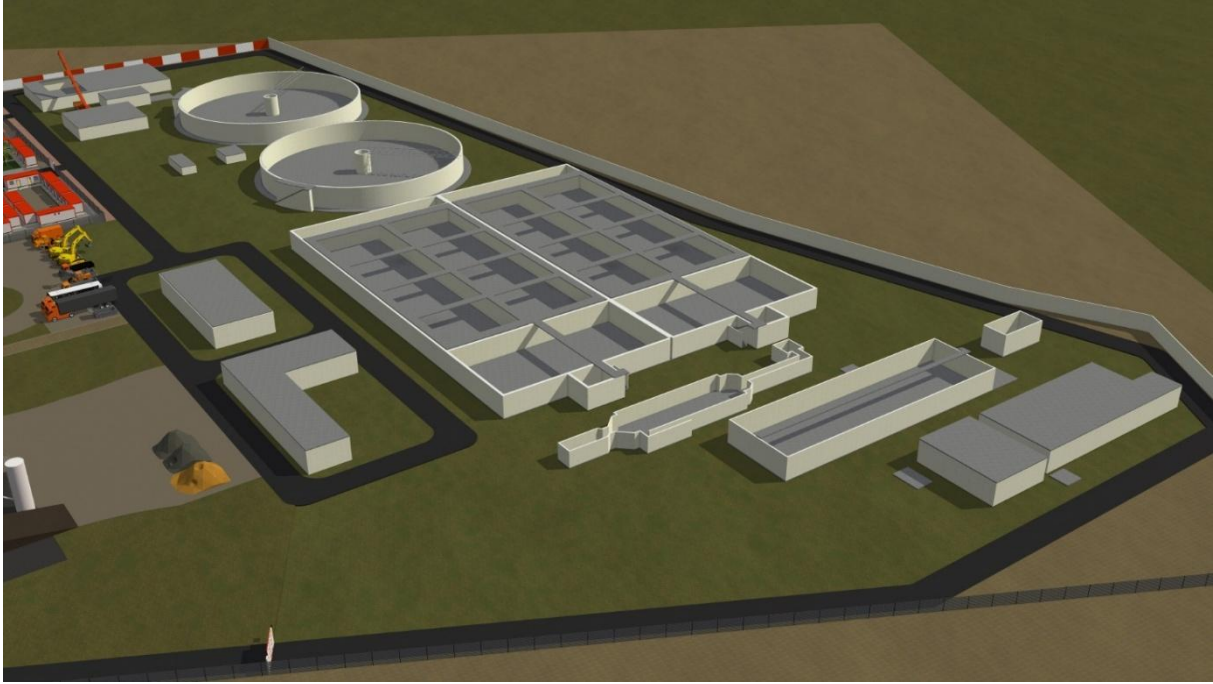
### **VI.1.Responsabilité du personnel**

Les objectifs qualitatifs d'une gestion économique et écologique de la station ainsi que les tâches assignées au personnel sont consignés par écrit dans un cahier des charges.

- > Compétences organisationnelles et d'exploitation;
- > Domaines de responsabilité;
- > Organisation des remplacements ainsi que du service de permanence ou du service du week-end.

Un plan d'alarme ou dossier d'intervention règle les principales voies de transmission des informations et la marche à suivre en cas d'événement extraordinaire . Pour la suppléance (p. ex. pendant les vacances, en cas de maladie, de service militaire ou civil), le personnel de remplacement sera désigné à l'avance.

Pour garantir une protection complète des eaux, il importe de prévoir un service de permanence. Celui-ci a pour tâche de remédier aux pannes de la STEP, même en dehors des heures de travail habituelles, et d'éviter ou de réduire toute atteinte aux eaux due au déversement d'eaux usées non traitées ou insuffisamment traitées. Les problèmes peuvent être engendrés par des pannes à la station d'épuration ou des déversements illicites dans les égouts publics. Il n'est d'ailleurs pas rare que ces derniers surviennent la nuit ou le week-end. Le service de permanence se tient prêt à intervenir 7 jours sur 7 et 24 heures sur 24. Pour pallier le manque de personnel, il est possible d'organiser ce service à l'échelle régionale, pour plusieurs STEP [11].



**Figure VI.1** : Le plan de la station de Sidi Abdellah [19] .

## **VI.2. Mesure et contrôles effectués au niveau de station d'épuration.**

L'exploitant doit effectuer un certain nombre de mesures et contrôles entrant dans le cadre de l'exploitation et la gestion de la station, dont les principaux sont :

- ▶ Mesure de débit
- ▶ Mesure de pH et de la température

La mesure de pH doit être faite à l'entrée de la station, afin de prendre toutes les dispositions nécessaires pour le déroulement des traitements sensibles à ce paramètre.

Pour maintenir la température optimum de bon fonctionnement de certains ouvrages de traitement (dégraisseur, bassin d'aération), la mesure de la température est très recommandée.

- ▶ Mesure de la demande chimique en oxygène (DCO)
- ▶ Mesure de la demande biologique en oxygène (DBO5)
- ▶ Mesure de la quantité d'oxygène dissous
- ▶ Recherche des substances toxiques
- ▶ Mesure concernant les boues :

Pour obtenir un réglage adéquat de la station d'épuration, on doit jouer essentiellement sur :

- Le taux de recirculation des boues

## Chapitre VI : Gestion et Exploitation de la station d'épuration

- Le taux d'aération
- Le taux des boues en excès

Pour régler ces paramètres on aura besoin de savoir :

- ▶ La teneur en oxygène dans le bassin d'aération
- ▶ Le pourcentage de boues dans le bassin d'aération
- ▶ La teneur des MVS dans le bassin d'aération

En fonction des résultats de ces mesures, on fait varier le débit de recirculation, la durée d'aération et le débit de boues en excès jusqu'à savoir une valeur optimale de 4g MVS/L Si :

- $MVS > 4g/l$  on augmente le temps de recirculation et la durée d'aération
- $MVS < 4g/l$  on diminue le temps de recirculation et la durée d'aération

- ▶▶ Temps de marche journalier des principales machines tournantes (pompes, aérateurs, filtres ou centrifugeuses...)

Chaque contrôle journalier, doit toujours être fait à la même heure pour être représentatif [4] .

### **VI.3. Contrôle de fonctionnement.**

- Les ouvrages métalliques doivent être repeints en moyenne tous les cinq ans afin de les protéger contre la corrosion.
- Les ouvrages en béton doivent être régulièrement inspectés. Les vérifications doivent porter sur l'étanchéité, la détection des fissures, les ruptures des joints de dilatation.
- Il faut lubrifier et graisser régulièrement tous les équipements mécaniques et électromécaniques et veiller à leur fonctionnement.
- Pour les équipements immergés, une vidange une fois par ans des ouvrages ou ils sont disposés est nécessaire pour leur entretien.
- Les équipements d'aération doivent être également inspectés régulièrement en nettoyant les orifices de diffusion de l'air.

Ce qui nous mène à exiger une attention distinctive afin d'assurer de façon continue l'épuration conforme des effluents. Elle doit s'exercer à plusieurs niveaux :

#### **VI.3.1. Contrôle journalier**

- le test de décantation et de turbidité.
- les odeurs.
- les couleurs des boues.

## Chapitre VI : Gestion et Exploitation de la station d'épuration

- le manque d'oxygène se fait sentir par une odeur désagréable, et une couleur de boue grise noire.

### Remarque

Chaque contrôle journalier, doit toujours être fait à la même heure pour être représentatif.

### **VI.4. Entretien des ouvrages.**

#### **VI.4.1. Le dégrilleur**

- Les déchets seront évacués quotidiennement, le nettoyage des parois des grilles se fait par un jet d'eau et l'enlèvement des matières adhérentes putrescibles par les râtaeux.
- Noter les quantités de refus journalier.
- vérifier le niveau d'huile et de graisse des chaînes d'entraînement.
- vérifier et assurer quotidiennement le bon fonctionnement électromécanique de l'installation.

#### **VI.4.2. Désableur-déshuileur**

- Maintenir quotidiennement le poste en état de propreté.
- vérifier et assurer quotidiennement le bon fonctionnement de l'installation.
- vérifier et assurer quotidiennement le bon fonctionnement du pont roulant et des procédés de raclage, suivi du déroulement complet d'un cycle de fonctionnement.
- faire fonctionner 24/24h le pont roulant et l'insufflation d'air.

#### **VI.4.3. Bassin d'aération**

- Chaque jour contrôler et intervenir pour tous les équipements d'aération fonctionnent convenablement.
- Vérifier et entretenir les procédures automatiques de démarrage et d'arrêt des aérateurs.
- Noter les paramètres de fonctionnement (débit et oxygène).
- Mesurer et noter quotidiennement la charge en DBO entrante, et la concentration des boues dans le bassin [4] .

### **VI.4.4. Clarification**

- Maintenir le clarificateur en état de propreté.
- Vérifier tous les six mois le bon fonctionnement des dispositifs de pompes des écumes.
- Analyser contractuellement l'eau après clarification (DBO, DCO, MES).
- Vidanger tous les 5 ans les ouvrages pour contrôle et entretien des structures immergées.

### **VI.4.5. Désinfection des eaux épurées**

- Maintenir le poste en état de propreté.
- Respecter les procédures de mise en marche et d'arrêt des installations fournies par les constructeurs.
- Faire fonctionner régulièrement le circuit de secours de chloration.
- Ne jamais utiliser l'eau dans les circuits véhiculant du chlore.
- Au cours de toute intervention dans les locaux de stockage et dosage, respecter les consignes de sécurité.

### **VI.4.6. Lits de séchage**

- Préalablement à l'épandage des boues liquides, le lit de sable devra être soigneusement désherbé et ratissé afin de dépasser la masse filtrante et la régulariser.
- Les quantités de boues à admettre sur les lits de séchage ne devront pas dépasser une épaisseur de 40cm.
- Après deux à trois utilisations du lit, la couche superficielle est renouvelée par un sable propre.
- Tous les deux ans, il faut changer les lits de séchages (les lits seront refait complètement, les drains seront colmatés ou brisés).



## Chapitre VI : Gestion et Exploitation de la station d'épuration

- Entre deux épandages de boues, le lit pourra être protégé par un film plastique destiné à éviter la prolifération de la végétation et le tassement des matériaux filtrants par les précipitations.

### **VI.4.7.Epaississeur**

- Maintenir quotidiennement le poste en état de propreté.

- Mesurer quotidiennement la hauteur du voile de boue, le garde boue ne doit pas être inférieur à 2m.

- Contrôler et noter chaque jour le PH des eaux surversées et des boues épaissies.

- Relever les volumes des boues soutirées des épaississeurs.

- Vidanger tous les 5 ans les ouvrages pour contrôler les structures immergées [4] .

### **Conclusion.**

Gérer et exploiter une STEP reposent essentiellement sur deux (02) critères que l'exploitant doit impérativement respecter et appliquer rigoureusement :

1- l'entretien permanent de l'ensemble des ouvrages de la STEP permet d'exploiter la station dans de très bonnes conditions et contribuer ainsi à ses performances et à l'augmentation de sa durée de vie ;

2- l'hygiène et la sécurité dans le travail est un paramètre important car il y va de la santé et même de la vie de l'ensemble du personnel de la station.

# Conclusion générale

L'Algérie connaît une crise du manque d'eau ces dernières années pour cela il faut augmenter le nombre des stations d'épuration au niveau national pour récupérer l'eau usée et l'épurer pour le réutiliser dans l'irrigation ou dans les autres besoins et pas le contraire (polluer la mer à travers les rejets des eaux usées dans l'Oued).

Notre travail c'était de dimensionner la station d'épuration du SIDI ABDELLAH mais tout est arrêté à cause de COVID-19 (l'accès aux sociétés étatiques est interdit aux stagiaires (Cosider cherraga)).

Donc on a rassemblé tout ce que nous pouvions (Etude bibliographique)

Les rejets de la ville de SIDI ABDELLAH sont des rejets totalement domestiques (eaux ménagées, eaux vannes), ce qui veut dire une pollution organique qui se produit.

La technique d'épuration par boue activée c'est la technique utilisée dans la STEP de SIDI ABDELLAH à cause de ces avantages, elle représente une alternative efficace et relativement écologique aux techniques d'épuration les plus couramment utilisées.

Le traitement des eaux usées dans les stations d'épuration se termine par la production d'une eau épurée et aussi des boues qui peuvent causer des risques sur l'environnement ce qui nous oblige à traiter ces boues avant de les envoyer à une destination finale soit l'épandage agricole ou l'incinération et ce traitement passe par plusieurs étapes.

En Algérie la valorisation agricole des boues est mal connue, malgré qu'elles soient données gratuitement. La valorisation énergétique, qui est un tout nouveau créneau dans le monde du recyclage des boues, est quant à elle inconnue ou presque.

La continuité et la bonne gestion de la STEP repose sur la bonne maintenance des différentes procédés avec des différentes contrôles .Pour appliquer tout ça il faut un bon personnel .

Nous pouvons conclure que la conception d'une STEP ( SIDI ABDELLAH ) est la solution pour faire face aux problèmes des rejets de la ville. De même notre station joue des différentes rôles, elle résoudre les problèmes d'irrigation, elle remplir un lac artificiel qui est en cours de réalisation et la possibilité d'utiliser la boue produise comme engrais dans l'agriculture ou l'utilisé dans l'incinération .

# Références bibliographiques

- [1] . MFE , Conception de la station d'épuration des deux villes Ain taghourt et Bir kasdi Ali , Mr.DEBICHE YACINE , septembre 2014 .
- [2] . MFE, Etude de la station d'épuration des eaux usées de la ville de Souk El tenin w.Bejaia , Mr.GUCHARI FODIL , septembre 2014 .
- [3] . MFE, Conception de la station d'épuration par boue activées de la ville OUED EL FODDA wilaya chlef , Mr.GHACHI MOURAD , juillet 2012 .
- [4] . MFE, Dimensionnement de la station d'épuration de la ville de Mohammadia ,wilaya de Mascara , M<sup>lle</sup> .BOUKHEBACHE ZINEB , juin 2016 .
- [5] . MFE , Conception de la station d'épuration de la ville Sedrata , wilaya de Souk-Ahras , Mr. NASRI IMED EDDINE , juin 2016 .
- [6] . MFE , Conception de la station d'épuration des eaux usées urbaines de la ville de Sidi Rached , wilaya de Tipaza , Mr.BIOUD AMMAR , promotion 2015/2016 .
- [7] . MFE, Etude , Conception et prospection d'exploitation de la station d'épuration de Zeralda , M<sup>lle</sup> .HADIBY IBTISSEM et M<sup>lle</sup> SBAIRA AMEL , promotion 2016/2017.
- [8] . Perspectives de valorisation agricole et énergétique des boues issues des STEP en Algérie [ong] 25 mars 2014 (oran Algérie) ,Mr.LADJEL FARID et Mme .ABBOU SONIA .
- [9] . Traitement des eaux usées urbaines ( les procédés biologiques d'épuration ) Université virtuelle de Tunisie 2008 .
- [10]. Procédés Extensifs d'épuration des eaux usées .PRUDENCIE PERERA et BERNARD BANDOT . n° 91/271 du 21 mai 1991 .
- [11] . Exploitation et contrôle des stations d'épuration .MICHAEL SCHASER , CHRISTIAN ABEGGLEN , DAMIAN DOMINGNEZ , INENE PURTSCHERT , SIMONA WEBER , Suisse 2014 .
- [12] . EEC/NAPRO, (2000) Etude du plan directeur d'aménagement et d'urbanisme intercommunal de MAHEMA et de RAHMANIA ECC Alger

[13] . ONM ; Office National Météorologique.

[14] . Document technique de la DRE (étude, réalisation équipement et exploitation de la STEP).

[15] . EEC/NEE, (2000) Etude du schéma d'alimentation en eau potable EEC Alger.

[16] . EEC/NEF, (2000) Etude du schéma directeur d'assainissement EEC Alger.

[17] . DR Mohamed Souag (1999) Reflexions sur a mobilisation des eaux surface ,Alger EPA.ANSA.

[18] . MFE (Etude de a station d'épuration des eaux usées de a ville de tipaza réalisé par MOHAMED BOUMEHDI ).

[19] . COSIDER CHERRAGA .

## **Webographie**

[20] . Earth.google.com.

[21] . Infotrafic Algeria .com.

[22] . flickr. Com.

**PLAN N° 01 : Plan d'Amenagement  
( COSIDER CHERRAGA )**

