

REPUBLIQUE ALGERIENNE DE MOCRATIQUE ET POPULAIRE

MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE
SCIENTIFIQUE

UNIVERSITE MOHAMED BOUDIAF - M'SILA

FACULTE DES SCIENCES
DEPARTEMENT DE CHIMIE

N° :



DOMAINE : SCIENCES DE LA MATIERE

FILIERE : CHIMIE

OPTION: CHIMIE DE L'ENVIRONNEMENT

Mémoire présenté pour l'obtention

Du diplôme de Master Académique

Par :

BEN MABROUK Ghada et MELLAK Samah

Intitulé :

Traitement des eaux usées par la fibres Alfa et l'argile

Soutenu devant le jury composé de :

Dr DEGHFEL Nadir	MCB	Université Med Boudiaf-M'sila	Président
Dr BENYAHIA Azzedine	MCA	Université Med Boudiaf-M'sila	Rapporteur
Dr REFFAS Abdelbaki	MCA	Université Med Boudiaf-M'sila	Examineur

Année universitaire : 2019 /2020

A black graduation cap with a gold tassel and a rolled white diploma with a blue ribbon are positioned in the upper half of the page. The background is a soft-focus image of a university building with a fountain, overlaid with a decorative pattern of white and purple floral motifs and a shimmering light effect.

Remerciement

Avant toute chose nous remercions Allah le tout puissant donner la force et la patience, la santé, le courage, pour son guide qui m'ont permis de réaliser ce travail.

Je tiens vivement à remercier Dr.Azzedine Benyahia, d'avoir accepté de m'encadrer et de m'orienter vers un sujet qu'il a su rendre plus que plaisant avec sa patience sa bienveillance et surtout ses conseils plus que précieux.

Merci pour la bonne humeur et la confiance que vous nous donniez chaque jour. Je vous en serai toujours reconnaissante et veuillez accepter ma considération la plus sincère.

Nous tenons à remercier, Monsieur le président du jury de ce mémoire.

Tous nos remerciements vont aux membres du jury, pour avoir accepté d'examiner ce mémoire.

Nos remerciements vont également à tous les enseignants et les responsables de notre département.

Enfin, nous exprimons également nos remerciements :

Les plus sincères à toutes les personnes qui ont contribué de près ou de loin à l'élaboration de ce mémoire, aussi tout les travailleurs du département des sciences de l'environnement pour l'aide et le soutien qu'ils m'ont apporté tout au long de ce travail.

Je profite de cette occasion pour remercier et exprimer ma gratitude à tous mes amis de la faculté de chimie et technologie qui m'ont apporté leur coopération.

Merci d'abord à dieu, puis merci à tous.

Dédicace

Merci ALLAH de m'avoir donné la force et la patience afin d'atteindre mon objectif tant recherché. Je dédie ce mémoire à mes parents :

A ma mère Noura Smaili qui a œuvré pour ma réussite, de par son amour, son soutien, ses sacrifices consentis et ses précieux conseils, pour son assistance et sa présence dans ma vie ; reçois à travers ce travail, aussi modeste soit-il l'expression de mes sentiments et de mon éternelle gratitude.

A mon père Mahmoud Ben mabrouk, qui privations pour m'aider à avancer dans la vie, à l'éducation reçue et aux valeurs nobles inculquée.

Je lui dis merci :

A mes frères Marouan et Mohamed et Salim.

A ma chère sœur Louiza...

A toute ma grande famille

A mon partenaire « Mellak Samah » qui m'as i accompagné Durant tout mon cycle universitaire.

A mes amis et amies (Salma, Ziyad, Warda ,Basma, Ahlem ,Hasna et Romeyssa ,Hossam..) que je remercie pour leurs soutiens pendent toutes ces années.

A mon encadreur Dr. BENYAHIA Azzedine pour tous les conseils.

Ben Mabrouk Ghada



Dédicace

Je remercie Allah pour la grâce et de m'avoir la force d'achever cette recherche et atteindre ce moment. Je demande à Allah d'accepter.

Je dédie ce mémoire :

A mes parents Ahmed et Behidja, grâce à leurs tendres encouragements et leurs grands sacrifices, ils ont pu créer le climat affectueux et propice à la poursuite de mes études. Qu'Allah leur procure bonne santé et longue vie.

Aussi à toutes mes sœurs et frères et à toute ma grande famille

A ma chère et partenaire « Ghada Ben Mabrouk » qui m'as i accompagné durant tout mon cycle universitaire.

A mon professeur modeste et vertueux Kamel. T pour donner des conseils.

Et à toute mes amies et les étudiants de la promotion.

A mon encadreur Dr. BENYAHIA. A pour tous les conseils.

Mellak Samah.



ملخص:

الدراسة المعروضة في هذه المذكرة تهدف إلى استغلال المادة النباتية (الحلفاء) والمادة الغير عضوية (الطين) في مجال معالجة مياه الصرف الصحي , ودراسة تأثير العوامل المؤثرة على امتصاص الملوثات اثناء المعالجة .
هذه الدراسة مخصصة لتنقية المياه الملوثة باستعمال المادة الطبيعية النباتية الحلفاء والمادة الغير العضوية الطين، من أجل التقليل من كمية الملوثات المتواجدة في الماء والحد من استعمال بعض المواد الكيميائية الضارة والتي تسبب العديد من المشاكل الصحية والبيئية .
في هذا العمل قمنا بإظهار فعالية هذه المواد في إزالة الملوثات الموجودة في الماء عن طريق المعالجة بالحلفاء والطين باستعمال عدة طرق وتقنيات مختلفة منها البيولوجية والفيزيائية والكيميائية من أجل الحفاظ على صحة الإنسان والبيئة .
الكلمات المفتاحية: المادة النباتية، الحلفاء، الطين، الملوثات . مياه الصرف الصحي.

Résumé :

L'étude présentée dans cette note vise à exploiter la matière végétale(alfa) et la matière inorganique (argile) dans le domaine du traitement des eaux usées, et l'étude de l'effet des facteurs affectant l'absorption des polluants au cours du traitement.

Cette étude est consacrée à la purification des eaux polluées en utilisant de matière végétale naturelles alfa et de matière inorganique l'argile, afin de réduire la quantité de polluants présents dans l'eau et de limiter l'utilisation de certains produits chimiques nocifs qui causent de nombreux problèmes sanitaires et environnementaux.

Dans ce travail, nous avons montré l'efficacité de ces matériaux pour éliminer les polluants dans l'eau en les traitant avec l'alfa et l'argile en utilisant plusieurs méthodes et techniques différentes, y compris des méthodes biologiques, physiques et chimiques afin de préserver la santé humaine et l'environnement.

Les mots clés : la matière végétale, alfa, argile, les polluants, les eaux usées.

Abstract:

The study presented in this note aims to exploit the plant material (esparto) and inorganic matter (clay) in the field of wastewater treatment, and to study the effect of factors affecting the absorption of pollutants during treatment.

This study is devoted to the purification of polluted water by using natural plant matter esparto and inorganic matter clay, in order to reduce the amount of pollutants present in the water and to limit the use of some harmful chemicals that cause many problems health and environmental.

In this work we demonstrated the effectiveness of these materials in removing pollutants in the water by treating with esparto and clay using several different methods and techniques, including biological, physical and chemical methods in order to preserve human health and the environment.

keywords: vegetable matter, esparto, clay, pollutants, wastewater.

« Rien n'est perdu, rien n'est créé, tout est transformé... »

Ce principe s'applique également à l'eau : source de vie,

ressource précieuse mais difficile d'accès,

qui peut également être source de mort si elle n'est pas bien
gérée.



Sommaire

Sommaire

Remerciement	
Dédicace	
Résumé	
Sommaire	
Listes des figures	
Listes des tableaux	
Listes des abréviations	
Introduction générale.....	1
Chapitre I : Généralité sur les eaux usées	
I. Introduction.....	3
I.1 Définition des eaux usées.....	3
I.2 Origines des eaux usées.....	3
I.2.1 Origine des eaux usées domestiques.....	3
I.2.2 Origine des eaux usées industrielles.....	4
I.2.3 Origine des eaux usées agricoles.....	4
I.2.4 Origine des eaux usées naturelles.....	4
I.3 Les substrats polluants	5
I. 3.1 Matières décantables ou flottantes	5
I.3.2 Matières fines en suspension	5
I.3.3 Matières colloïdales	5
I.3.4 Matières solubles	5
I.3.5 Matières biodégradables	5
I.3.6 Matières non-biodégradables	6
I.3.7 Matières organiques	6
I.3.8 Matières inorganiques	6
I.4 La Pollution de l'eau.....	7
I.4.1 L'origine de la pollution.....	7
I.4.2 Les types de pollution.....	7
I.5 Source de pollution.....	8
I.5.1 Pollution naturelle	8
I.5.2 Pollution atmosphérique	9
I.5.3 Pollution urbaine.....	9

I.5.4 Pollution industrielle.....	10
I.5.5 Pollution agricole	10
I.6. Principaux polluants des eaux	10
I.6.1 Pollution selon le type de polluant	10
I.6.1.1 Pollution physique.....	11
I.6.1.2 Pollution chimique	11
I.6.1.3 Pollution biologique	13
I.6.2 Les polluants la plus dominant	13
I.6.2.1 Matières en suspension	13
I.6.2.2 Sels minéraux	13
I.6.2.3 Matières organiques	13
I.6.2.4 Matières fertilisante	13
I.7 Risques de la pollution par eaux usées.....	14
I.7.1 Risque sur la santé humaine	14
I.7.2 Risque sur l'environnement	14
I.7.2.1 Impacts sur le sol.....	14
I.7.2.2 Impacts sur les eaux souterraines	14
I.7.2.3 Impacts sur les eaux superficielles.....	14
I.8 Conséquences de la pollution.....	15
Références.....	16
 Chapitre II : Traitement des eaux usées	
II.Introduction.....	20
II.1 Le traitement des eaux usées	20
II. 2. L'objectif du traitement des eaux usées.....	20
II. 3. L'épuration des eaux usées	20
II.3.1. Des traitements différenciés	20
II.3.1.1 Procédés physiques.....	22
II.3.1.2 Procédés physico-chimique (coagulation-floculation).....	22
II.3.1.3 Procédés de traitement chimique.....	23
II.3.1.4 Procédés radiatifs.....	23
II.3.1.5 Procédés biologiques.....	24
II.3.2 La filière d'épuration.....	24
II.3.3 Les traitements biologiques.....	24
II.4 Caractéristiques des eaux usées	26
II.4.1 Paramètres physiques.....	27

II.4.2 Paramètres chimiques	29
II.4.3 Paramètres bactériologiques.....	35
II.5 Méthode de traitement d'adsorption	35
II.6 Propriétés physiques et chimiques de certains types des eaux usées.....	35
Références.....	40
Chapitre III : Traitement des eaux usées par la fibres Alfa et l'argile	
III. Introduction.....	44
III.1 Définition d'un biomatériau	44
III.2 Les domaines d'application des biomatériaux.....	44
III.3 Présentation générale de la fibre d'alfa.....	44
III.3.1 Définition	44
III.3.2 Nomenclature botanique	45
III.3.3 Répartition géographique	45
III.3.4 Structure et composition chimique des fibres d'alfa.....	46
III.3.5 Domaines d'applications.....	46
III.3.6 Avantages et inconvénients.....	48
III.4 Présentation générale de l'argile.....	48
III.4.1 Définition.....	48
III.4.2 Les principaux types des argiles	49
III.4.3 Classification selon la couleur.....	50
III.4.4 Propriétés et intérêt des argiles.....	51
III.4.5 Le Principe de méthode de traitement des eaux usées par l'argile.....	51
III.5 Etude comparative sur la fibres Alfa et l'argile.....	53
III.5.1 Traitement des eaux usées de Touggourt par l'argile de Bildet Omar.....	54
III.5.2 Post traitement des eaux usées des effluents des oléicoles (OME) par l'argile activée...57	
III.5.3 Utilisation de fibres l'alfa pour l'élimination du H ₂ S dans un milieu aqueux (les eaux polluées)	61
III.5.4 Etude de la performance des fibres de l'alfa comme adsorbant des colorants (effluents) de solutions aqueuses.....	63
III.5.5 Résultat générale	66
Références.....	67
Conclusion générale.....	72
Annexes	

Liste des figures :

Chapitre I : Généralité sur les eaux usées

Figure I.1: Les colloïdes.....	5
Figure I.2 : Pollution diffuse.....	8
Figure I.3 : La pollution atmosphérique.....	9
Figure I.4: Pollution de l'eau par déchets industriels.....	10
Figure I.5 : Pollution par les hydrocarbures.....	12

Chapitre II :Traitement des eaux usées

Figure II.1 : Coagulation-Floculation.....	23
Figure II.2 : Chaîne ou filières de traitement des eaux usées.....	24
Figure II.3: Conductimètre.....	29
Figure II.4: Demande biochimique en oxygène.....	31
Figure II.5: Demande chimique en oxygène.....	32

Chapitre III : Traitement des eaux usées par la fibres Alfa et l'argile

Figure III.1: Illustration de la plante d'alfa à l'état brut.....	45
Figure III.2 : Morphologie de la plante alfa.....	46
Figure III.3 : Déférents d'artisanal d'alfa.....	47
Figure III.4 : Illustration de la pâte d'alfa par la SNCPA.....	48
Figure III.5 : Argile de la région Sétif (Algérie).....	49
Figure III.6 : Argile verte.....	50
Figure III.7 : Argile rouge.....	50
Figure III.8: Courbe d'absorption (les variation d'ions sulfures en fonction d'absorbances).....	61
Figure III.9 : Effets de la température sur l'élimination des ions sulfures.....	62

Liste des tableaux :

Chapitre I : Généralité sur les eaux usées

Tableau I.1: Classifications des substrats polluants	6
--	---

Chapitre II : Traitement des eaux usées

Tableau II.1 : Les types de dégrillage en fonction de l'espacement des barreaux.....	21
--	----

Tableau II.2 : Les avantages et inconvénients des boues activées.....	26
---	----

Tableau II.3 : Classification des eaux en fonction de leurs duretés.....	30
--	----

Tableau II.4: Concentration moyenne des eaux usées domestiques.....	36
---	----

Tableau II.5 : Caractéristiques de l'eau souterraine.....	37
---	----

Tableau II.6: Caractéristiques des eaux usées urbaines.....	38
---	----

Tableau II.7 : Caractéristiques de l'eau potable.....	39
---	----

Chapitre III : Traitement des eaux usées par la fibres Alfa et l'argile

Tableau III.1: Composition chimique de fibre d'alfa.....	46
--	----

Tableau III.2 : Analyses d'eau prélevée avant traitement en argile.....	54
---	----

Tableau III.3 : Analyses de l'eau à traiter par l'argile après 7jour.....	55
---	----

Tableau III.4 : Analyses de l'eau à traiter par l'argile après 14jour	55
---	----

Tableau III.5 : Analyses de l'eau à traité par l'argile après 21 jours.....	56
---	----

Tableau III.6 : La moyenne d'analyses de l'eau traitée dans la STEP.....	57
--	----

Tableau III.7 : Caractéristiques des échantillons d'eaux usées OME collectés dans une oliveraie locale.....	60
---	----

Tableau III.8 : PZC et sites de concentration d'alfa.....	64
---	----



***Liste des
abréviations**

Liste des abréviations :

ASTM: American society for testing material.
ATG : Analyse thermogravimétrique.
BET : Brunauer Emmett et Teller.
COD : Carbone organique dissous.
COT : Carbone organique total.
CV : Violet cristal.
DBO₅ : Demande biologique en oxygène à 5 jours.
DCO : Demande chimique en oxygène.
DRX :Cristallographie aux rayons X .
DSC : Calorimètres différentiels à balayage.
EGF: Epidermal growth factor.
EH: Equivalent habitant.
ERI : Eaux résiduaires industrielles.
FTIR : Fourier transform infrared spectroscopy.
FTU: Formazine turbidity unit.
IR: Infra rouge.
JTU: Jackson turbidity unit.
MEST : Matières en suspension totale.
MES : Matières en suspension.
MMS : Matières minérales en suspension.
MO : Matières organiques.
MS : Matières sèches.
MV : Matières volatiles.
MVS : Matières volatiles en suspension.
NGL : Azote global.
Norg : Azote organique.
NTU : Néphélométrie turbidité unité.
OME : Olive mills effluent.
OMS : Organisation mondiale de la santé.
PT : Phosphore total.
PZC : Point de charge zéro.
SNCPA : Société nationale de cellulose et de papier alfa.
STEP : Station d'épuration des eaux usées.
TB: Bleu de toluidine.

TDS: Total dissolved solids.

TH : Titre hydrométrique.

TSS : Total solubles solids.

USEPA: United state environmental protection agency.

UV : Ultra-Violet.



Introduction générale

Introduction générale :

L'eau est la vie sur la terre. Tous les êtres vivants consistent principalement en eau. Le monde contient aussi beaucoup d'eau. Plus que 70% de la totalité de l'eau contenue sur la terre, seulement une petite partie qui est convenable pour la consommation humaine ou l'usage agricole (approximativement 0.5% de toute l'eau dans le monde) [1]. Cette petite fraction d'eau douce doit pourtant satisfaire l'ensemble des besoins de l'humanité [2].

Les besoins en eau potable augmentent régulièrement avec l'accroissement démographique et l'industrialisation dont de nombreux pays émergents. La consommation de l'eau potable crée un problème de l'eau usée et la pollution des eaux, qui causée par différents polluants chimiques (les détergents, les colorants...) et physiques ou biologiques (végétaux, champignons...) , dont tout le monde cela implique des risques sanitaires et endommagent l'environnement, (représente un réel danger pour la flore et la faune et cause de sérieux problèmes à l'humanité) [3]. C'est pour cela que, depuis l'antiquité, les chercheurs ont utilisé plusieurs types différents de procédés de traitement des eaux usées, le procédé de traitement le plus utilisé est le procédé biologique. Le bon fonctionnement de ce type de procédé est conditionné en large partie par l'aptitude à la séparation entre la boue et l'eau traitée [4]. Même si une approche microbiologique des phénomènes de floculation est primordiale dans la conduite du procédé de traitement des eaux par boues activées, elle s'avère insuffisante pour caractériser de façon complète les propriétés des boues. Ainsi, la détermination des caractéristiques physiques des floes fournit des informations complémentaires revêtant une grande importance dans la compréhension des phénomènes hydrodynamiques régissant la séparation entre l'effluent et l'eau traitée [5]. Ces deux approches sont étroitement liées et leur considération conjointe semble indispensable pour témoigner de l'état de floculation des boues [6].

L'objectif général de ce mémoire est de traitement les eaux usées par la fibres Alfa et une autre matière inorganique (argile), et voir l'efficacité du traitement pour éliminer les plus grandes quantités des polluants et pour réutiliser cette eau traitée à d'autres fins, afin qu'elle devienne utilisable.



Chapitre I:
Généralité sur les eaux usées

I. Introduction :

En parlant de l'eau usée il semble important d'avoir une idée sur sa définition, son origine et ses caractéristiques, ainsi que les différentes méthodes utilisées pour son opération.

I.1 Définition des eaux usées :

Les eaux usées, aussi appelées effluents liquides sont des eaux polluées, constituées de toutes les eaux de nature à contaminer, par des polluants physiques ou chimiques ou biologiques. Ainsi que sont des eaux qui ont été altérées par l'activité humaine. Il peut ainsi s'agir d'eaux polluées provenant d'usines ou d'eau ruissellement provenant d'un parc de stationnement. Les eaux usées sont toutes les eaux des activités domestiques, agricoles et Industrielles chargées en substances toxiques qui parviennent dans les canalisations d'assainissement. Elles englobent également les eaux de pluies et leurs charges polluantes [7].

I.2 Origines des eaux usées :

Suivant l'origine et la qualité des substances polluantes, on distingue :

I.2.1 Origine des eaux usées domestiques (Les effluents domestiques) :

Les effluents domestiques : sont composés d'eaux usées domestiques : eaux ménagères comprennent des déjections humains (eaux de lavabo, douche, baignoire, appareils ménagers). Vannes (urines et matières fécales), dans le système dit « tout à l'égout » [8]. Ces eaux sont généralement constituées de matières organiques et de matières minérales. Les matières minérales (chlorures, phosphates, sulfates, etc.) et les matières organiques constituées de composés ternaires, tels que les sucres et les graisses (formés de carbone, oxygène et hydrogène, mais aussi d'azote et, dans certains cas, d'autres corps tels que soufre, phosphore, fer, etc.). En Algérie, la pollution journalière produite par une personne utilisant de 150 à 200 litres d'eau est évaluée [9] :

- De 70 à 90 g de matières en suspension.
- De 60 à 70 g de matières organiques.
- De 15 à 17 g de matières azotées.
- 4 g de phosphores.
- Plusieurs milliards de germes pour 100 ml.

Elles proviennent des différents usages domestiques de l'eau. Elles sont constituées essentiellement d'excréments humains, des eaux ménagères de vaisselle chargées de détergents, de graisses appelées eaux grises et de toilette chargées de matières organiques azotées, phosphatées et de germes fécaux appelées eaux noires. Des eaux de cuisine qui contiennent des matières minérales en suspension provenant du lavage des légumes, des substances alimentaires

à base de matières organiques (glucides, lipides, protides) et des produits détergents, Des eaux de buanderie contenant principalement des détergent [10].

I.2.2 Origine des eaux usées industrielles :

Elles sont très différentes des eaux usées domestiques. Leurs caractéristiques varient d'une industrie à l'autre. En plus des matières organiques, azotées ou phosphorées, elles sont chargées en différentes substances chimiques organiques et métalliques.

Selon leur origine industrielle elles peuvent également contenir [7] :

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

I.2.3 Origine des eaux usées agricoles :

Les effluents d'agriculture : l'agriculture constitue la première cause des pollutions diffuses. Les pollutions d'origine agricole englobent à la fois celles qui ont trait aux cultures (pesticides et engrais) et à l'élevage (lisiers et purins) [11]. Les eaux usées des établissements agricoles concernent toutes les eaux impropres à la consommation ayant fait l'objet d'une utilisation ou ayant subi une transformation, et qui proviennent directement ou indirectement de leurs activités. Dans le cas d'un établissement d'élevage ces eaux comprennent [12] :

- Les eaux de lavage du matériel de traite et du réservoir à lait.
- Les eaux de lavage du pis (vache, chèvre, brebis).
- Les eaux d'évier.
- Les eaux utilisées lors du nettoyage des planchers, des installations, des instruments et des camions de transport.

I.2.4 Origine des eaux usées naturelles :

Les effluents d'origine naturelle : la teneur de l'eau en substances indésirables est le fait de l'activité de certains phénomènes naturels (irruptions volcaniques, contact de l'eau avec les gisements minéraux...). L'effluent entrant en station peut comporter une part d'eaux parasites dues à des défauts de structure du réseau (mauvaise conception, malfaçons, collecteurs endommagés) [11]. On distingue les eaux parasites de temps sec qui correspondent à l'intrusion d'eau de la nappe phréatique, et les eaux parasites pluviales, qui concernent uniquement les

réseaux séparatifs eaux usées et qui sont dues à des erreurs de raccordement, voire à du drainage rapide.

I.3 Les substrats polluants [13-16] :

I.3.1 Matières décantables ou flottantes :

Elles représentent la fraction des composés grossiers (galets, graisses...) ces substances sont soumises à des prétraitements ou éventuellement à un traitement primaire. En fonction de leur nature, on peut recourir aux procédés de flottation ou de décantation.

I.3.2 Matières fines en suspension :

Elles sont formées de particules visibles à l'œil nu (de 0.1 à 1 mm) qui contribuent à la turbidité de l'eau. Leur traitement s'effectue par des techniques de sédimentation ou de centrifugation.

I.3.3 Matières colloïdales :

Dissoute dans l'eau, elles sont constituées de particules d'un diamètre de 0.01 à 100 μm .

A la limite entre les phases solide et soluble, ces éléments sont éliminés par dégradation biologique ou par décantation associée à un mécanisme de coagulation. Les origines des colloïdes sont variées (Figure I.1) :

- Substances minérales ou végétales.
- Virus.
- Biopolymères.
- Bactéries.

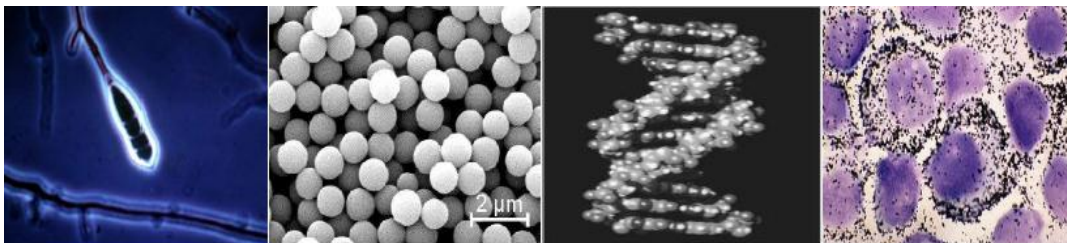


Figure I.1: Les colloïdes [17].

I.3.4 Matières solubles :

Leur taille est inférieure à 0.01 μm . Ces substances sont directement consommées par les populations biologiques au cours de traitement secondaire. La partie biodégradable peut se retrouver dans l'effluent de sortie ; si leur quantité est importante un traitement tertiaire s'impose. Une autre classification très importante est fondée sur le pouvoir de dégradation des déchets polluants. On distingue ainsi deux classes principales [18,19] :

I.3.5 Matières biodégradables :

Affectées par les activités biologiques des micro-organismes, ces substances sont soumises aux divers processus biochimiques de conversion.

I.3.6 Matières non-biodégradables :

Ces substances inertes ne subissent aucun phénomène biologique de transformation.

Ces matières sont soit présentes dans les eaux résiduaires, comme les métaux lourds, soit issues des phénomènes de mortalité des micro-organismes au cours des processus biologiques d'épuration. Les composants non-biodégradables solubles peuvent traverser la station d'épuration sans être modifiés mais les matières inertes en suspension peuvent être éliminées par les mécanismes de décantation. La structure chimique des polluants permet de distinguer deux types de composés [20].

I.3.7 Matières organiques :

Elles sont constituées d'un grand nombre de composés qui ont la particularité commune de posséder au moins un atome de carbone, d'où leur nom de substances carbonées, ces atomes de carbone sont oxydés biologiquement par les micro-organismes pour fournir l'énergie nécessaire à leur croissance [13].

I.3.8 Matières inorganiques :

Sont des substances ne contenant pas de carbone. La fraction minérale des eaux résiduaires représente principalement les produits azotés et phosphorés. Ces diverses classifications sont résumées dans le tableau (I.1) [13].

Tableau I.1 : Classifications des substrats polluants [13].

Classification selon	Polluants
Taille	<ul style="list-style-type: none"> • Matières décantables ou flottantes • Matières fines en suspension • Matières colloïdales • Matières solubles
Pouvoir de dégradation	<ul style="list-style-type: none"> • Matières biodégradables <ul style="list-style-type: none"> -aisément dégradables -lentement dégradables • Matières non-biodégradables
Structure chimique	<ul style="list-style-type: none"> • Matières organiques • Matières inorganiques

I.4 La Pollution de l'eau :

La pollution est due à toute substance physique, chimique ou biologique rejetée dans une eau naturelle qui perturbe l'équilibre de cette eau, induit d'importantes nuisances (mauvaise odeur, fermentation, inconforts divers,..) et qui se répercute, à court ou à long terme, sur notre organisme à travers la chaîne alimentaire de laquelle nous dépendons [21]. Ou bien dit la pollution comme étant toute modification défavorable des propriétés physiques, chimiques ou biologiques, ou tout rejet de substances liquides, gazeuses ou solides dans l'eau de façon à créer une nuisance ou à rendre cette eau dangereuse d'utilisée. La pollution de l'eau est due essentiellement aux activités humaines ainsi qu'aux phénomènes naturels. Elle a des effets multiples qui touchent aussi bien la santé publique que les organismes aquatiques, ainsi que la flore et la faune terrestre.

I.4.1 L'origine de la pollution :

La pollution de l'eau connaît différentes origines : naturelle, domestique, industrielle et agricole. L'origine naturelle implique un phénomène tel que comme la pluie, lorsque par exemple l'eau de ruissellement passe à travers des terrains riches en métaux lourds (Pb. Hg. Ni...) ou encore lorsque les précipitations entraînent les polluants de l'atmosphère vers le sol. L'origine domestique concerne les eaux usées ménagères (salle de bains, cuisine...etc.), les eaux vannes, ainsi que les eaux rejetées par les hôpitaux, commerces...etc. Quant à l'origine agricole et industrielle, elle concerne par exemple les eaux surchargées par des produits issus de l'épandage (engrais, pesticides) ou encore les eaux contaminées par des résidus de traitement métallurgique, et de manière plus générale, par des produits chimiques (les métaux lourds, les hydrocarbures...etc.) [22].

I.4.2 Les types de pollution :

I.4.2.1 Pollution ponctuelle :

Une pollution ponctuelle est une pollution provenant d'un site facile à localiser et unique, et peut être par exemple le point de rejet d'un effluent ou une zone contaminée. C'est une source fixe et généralement d'émission polluantes importantes, mais peut être issue de plusieurs sources géographiquement localisables proches les unes des autres, peu nombreuses et parfaitement dénombrables, Il se distingue par une façon directe [23].

I.4.2.2 Pollution diffuse :

Sont des pollutions dues non pas à des rejets ponctuels et identifiables, mais à des rejets issus de toute la surface d'un territoire et transmis à l'environnement de façon indirecte. Les sources diffuses se caractérisent par des apports de substances émises par des sources mobiles c'est à dire caractérisé par différentes voies de transfert (Figure I.2), des sources couvrant de larges étendues ou un grand nombre de sources de pollution d'émission faible. Les pollutions par des

sources ponctuelles sont souvent plus faciles à traiter (en installant par exemple un filtre au niveau du tuyau par lequel les produits polluants sont rejetés dans le milieu naturel), alors que les émissions polluantes provenant de sources diffuses sont difficiles à recenser, à mesurer et donc à contrôler [24].

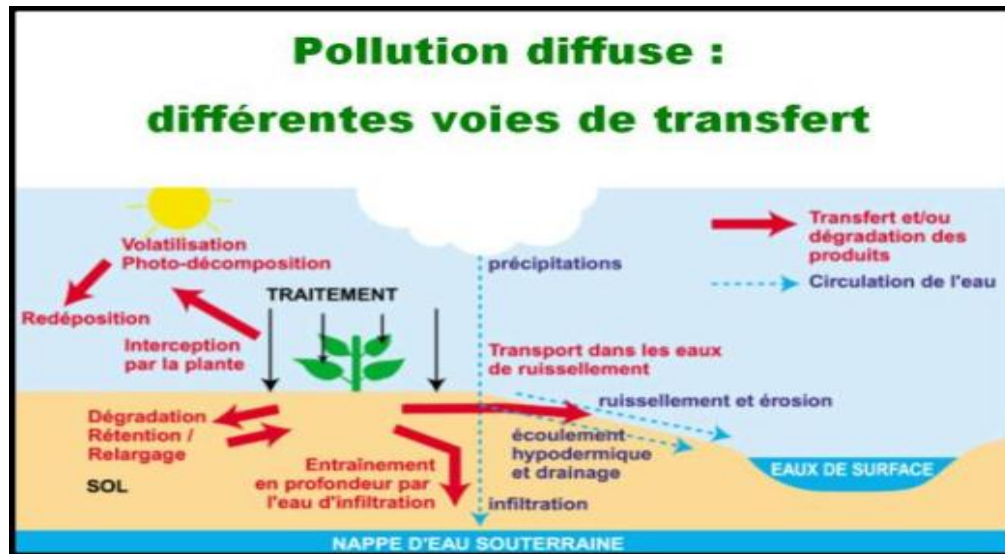


Figure I.2 : Pollution diffuse [25].

I.5 Source de pollution :

L'eau dans la nature et à fortiori celle qui est employée à des usages industriels et domestiques n'est jamais pure, de par les impuretés qu'elle peut renfermer sous les 3 états: solides, liquides ou gazeux et qui peuvent être caractérisées par la taille qu'elles prennent en milieux aqueux.

I.5.1 Pollution naturelle :

Cependant, et grâce notamment aux développements technologiques et analytiques qui ont permis des mesures de plus en plus fines pour de nombreux éléments polluants, il a été montré que certains polluants dans les eaux et les sols peuvent également avoir une origine naturelle. On retrouve le plus souvent ces polluants dits géogéniques dans des zones où ils sont naturellement concentrés. Cette accumulation naturelle résulte de processus géologiques. Par exemple, le contact de l'eau avec les gisements minéraux peut, par érosion ou dissolution, engendrer des concentrations inhabituelles en métaux lourds (exp : arsenic Ar...). Des éruptions volcaniques, des épanchements sous-marins d'hydrocarbures... peuvent aussi être à l'origine de pollutions. Les plus grands pollueurs naturels sont sans conteste les volcans. Ils rejettent d'importants nuages de dioxyde de soufre. La chaleur qu'ils dégagent produit aussi des oxydes d'azote [26].

I.5.2 Pollution atmosphérique :

La pollution atmosphérique peut être définie comme l'ajoute de substance dangereuse à l'atmosphère ayant pour conséquences une détérioration de l'environnement et de la santé humain et de la qualité de vie .En ce qui concerne l'eau de pluie, bien que longtemps considérée comme propre, l'eau d'origine pluviale est en fait relativement polluée, Les feux de forêts émettent beaucoup de gaz et de particule dans l'atmosphère (Figure I.3). L'origine de cette pollution peut provenir des gaz ou solides en suspension rejetés dans l'atmosphère par les véhicules, les usines ou les centrales thermiques. Ces polluants (oxyde de carbone, dioxyde de soufre, poussière...) sont envoyés vers le sol à la moindre averse. Lorsqu'elle ruisselle, l'eau de pluie a un second effet nocif : elle transporte les hydrocarbures, les papiers, les plastiques et les débris végétaux accumulés sur la terre et les toitures. De plus, cette pollution est déversée sur de courtes périodes et peut atteindre des valeurs très élevées ce qui provoque un effet de choc sur le milieu biologique [24].



Figure I.3 : La pollution atmosphérique [25].

I.5.3 Pollution urbaine :

Ce sont les eaux des habitations et des commerces qui entraînent la pollution urbaine de l'eau. Les polluants urbains sont représentés par les rejets domestiques, les eaux de lavage collectif et de tous les produits dont se débarrassent les habitants d'une agglomération notamment des rejets industriels rejetés par les entreprises en quantités variables selon l'importance de l'agglomération et son activité. Les eaux résiduaires urbaines peuvent être considérées comme la plus importante industrie en termes de masse de matériaux bruts à traiter. Dans la communauté européenne il est produit quotidiennement un volume proche à 40 millions de m³ d'eaux usées. Le « tout -à- l'égout » est une expression significative ; elle exprime cette diversité. On trouve les excréments, les restes d'aliments, les déversements d'abattoirs, les

déversements hospitaliers, les lessives, les détergents, les insecticides, les hydrocarbures, les déchets de la petite industrie et divers produits toxiques [27].

I.5.4 Pollution industrielle :

Le développement accéléré des techniques industrielles modernes a engendré une pollution très importante. En effet, celle-ci est devenue plus massive, plus variée et plus insidieuse. Devant l'extrême diversité de ces rejets, une investigation propre à chaque type d'industrie est nécessaire : il est donc primordial d'être parfaitement informé sur les procédés de fabrication et le circuit des réactifs et des produits. Il est évident que les effluents déversés sans traitement approprié entraînent des changements indésirables dans le milieu récepteur et des pollutions très néfastes [27]. La pollution industrielle peut prendre 3 formes différentes :

- La pollution de l'air avec les fumées qui sont rejetées par les usines.
- La pollution des sols et de l'eau avec le rejet des eaux usées ou de déchets industriels (Figure I.4).
- La pollution sonore causée par le bruit qu'engendre l'activité industrielle.



Figure I.4 : Pollution de l'eau par déchets industriels [28].

I.5.5 Pollution agricole :

Ce type de pollution s'intensifie depuis que l'agriculture est entrée dans un stade d'industrialisation. Les pollutions d'origine agricole englobent à la fois celles qui ont trait aux cultures (pesticides et engrais) et à l'élevage (lisiers et purins) [24]. Ainsi que les déjections animales mais aussi les produits phytosanitaires/pesticides (herbicides, insecticides, fongicides) contenus dans les engrais et utilisés dans l'agriculture. Ils pénètrent alors dans les sols jusqu'à atteindre les eaux souterraines.

I.6 Principaux polluants des eaux :

I.6.1 Pollution selon le type de polluant :

Il existe plusieurs manières de classer la pollution. Selon le type de polluant, on peut classer la pollution en trois catégories : pollution physique, pollution chimique et pollution biologique.

I.6.1.1 Pollution physique :

On parle de ce type de pollution quand le milieu pollué est modifié dans sa structure physique par divers facteurs. Elle regroupe trois types de pollutions : mécanique, thermique, radioactive.

A- Pollution mécanique : Elle résulte des décharges de déchets et de particules solides apportés par les eaux résiduaires industrielles, ainsi que les eaux de ruissellement. Ces polluants sont soit les éléments grossiers soit du sable ou bien les matières en suspension MES [29].

B- Pollution thermique : Les eaux rejetées par les usines utilisant un circuit de refroidissement de certaines installations (centrales thermiques, nucléaires, raffineries, aciéries..); l'élévation de température qu'elle induit diminue la teneur en oxygène dissous. Elle accélère la biodégradation et la prolifération des germes. Il se trouve qu'à charge égale, un accroissement de température favorise les effets néfastes de la pollution [30].

C- Pollution radioactive : La pollution des eaux par des substances radioactives pose un problème de plus en plus grave, a un effet direct sur les peuplements aquatiques en raison de la toxicité propre de ses éléments et des propriétés cancérigènes [31].

I.6.1.2 Pollution chimique :

La pollution chimique des eaux résulte de la libération de certaines substances minérales toxiques dans les cours d'eaux, par exemple : les nitrates, les phosphates, l'ammoniac et autres sels, ainsi que des ions métalliques. Ces substances exercent un effet toxique sur les matières organiques et les rendent plus dangereuses.

Les polluants chimiques sont classés à l'heure actuelle en cinq catégories [24] :

- Les substances chimiques dites indésirables.
- Les pesticides.
- Les produits apparentés.
- Les détergents.
- Les colorants et autres éléments toxiques.

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

La pollution chimique des eaux est regroupée dans deux catégories :

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

A-Pollution organique : ce sont les effluents chargés de matières organiques fermentescibles (Biodégradables), fournis par les industries alimentaires et agroalimentaires (laiteries, battoirs, sucreries...), et par les effluents domestiques. La première conséquence de cette pollution est la consommation d'oxygène dissous de ces eaux. Les polluants organiques sont principalement les détergents, les pesticides et les hydrocarbures [31] :

- **Les détergents** : ce sont des composés tensioactifs synthétiques dont la présence dans les eaux est due aux rejets d'effluent urbains et industriels.
- **Les pesticides** : les pesticides constituent un problème majeur pour l'environnement. Ce sont produits utilisés généralement en agriculture, les conséquences néfastes dues aux pesticides sont liées aux caractères suivants :
 - stabilité chimique conduisant à une accumulation dans les chaînes alimentaires.
 - Rupture de l'équilibre naturel.
- **Les hydrocarbures** : ils provenant des industries pétrolières et des transports, ce sont des substances peu solubles dans l'eau et difficilement biodégradables (Figure I.5), leur densité inférieure à l'eau les fait surnager. En surface, ils forment un film qui perturbe les échanges gazeux avec l'atmosphère [32].



Figure I.5 : Pollution par les hydrocarbures [25].

B- Pollution minérale : la pollution minérale des eaux peut provoquer le dérèglement de la croissance végétale ou trouble physiologiques chez les animaux. Les polluants minéraux sont principalement les métaux lourds et les éléments minéraux nutritifs [33].

-**Les métaux lourds** : les éléments possédant une masse volumique supérieure ou égale à 5 g.cm^{-3} . Les métaux lourds constituent des polluants qui ne se dégradent pas dans l'environnement. Ils s'accumulent dans les organismes vivants et peuvent contaminer l'ensemble d'une chaîne alimentaire. Ce sont essentiellement le mercure (Hg), le cadmium (Cd), le plomb l'argent (Ag), le cuivre (Cu), le chrome (Cr), le nickel (Ni) et le zinc (Zn). Ces éléments, bien qu'ils puissent avoir une origine naturelle (roches du sous-sol, minerais), proviennent essentiellement de la contamination des eaux par des rejets d'activités industrielles diverses [34].

- **Les éléments minéraux nutritifs** : provenant pour l'essentiel de l'agriculture et des effluents domestiques, ils sont à l'origine du phénomène d'eutrophisation c'est-à-dire la prolifération excessive d'algues et de plancton dans les milieux aquatiques [31].

I.6.1.3 Pollution biologique :

La pollution biologique est l'introduction d'espèces exogènes ou d'organismes génétiquement modifiés dans un milieu, ainsi que les modifications environnementales qui aboutissent à une modification des peuplements [35]. Les polluants biologiques sont des organismes vivants (animaux , végétaux, champignons, moisissures ,etc.). Ils peuvent avoir une incidence directe sur la santé ou indirecte.

I.6.2 Les polluants la plus dominant :**I.6.2.1 Matières en suspension (solutions colloïdales) :**

Les matières en suspension comprennent toutes les matières minérales ou organiques qui ne se solubilisent pas dans l'eau. 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 suspension peuvent accumuler des quantités élevées de matières toxiques (métaux, pesticides, hydrocarbures aromatiques polycycliques...). Les matières en suspensions sont exprimées en mg.l^{-1} [36].

I.6.2.2 Sels minéraux : présents naturellement dans l'eau en faible quantité, les sels minéraux (chlorures ou sulfates de calcium, de magnésium, de sodium ou de potassium) peuvent voir leur concentration s'élever à la suite de rejets industriels, cela peut nuire à la biologie aquatique [24].

- Caractéristiques des sels minéraux [37] :

- Les principaux sels minéraux sont le calcium, le fer, le magnésium et le sodium.
- Entrent dans la constitution de la majorité des aliments.
- Besoins en minéraux couverts par une alimentation variée et équilibrée.
- Un manque d'apport peut entraîner des conséquences diverses et plus ou moins graves selon le minéral en question.

I.6.2.3 Matières organiques :

Une présence trop importante de Matière Organique en suspension dans la rivière contribue à appauvrir les eaux en oxygène dissous. Cet oxygène est indispensable à la vie des animaux aquatiques mais également à celle des bactéries aérobies (qui respirent de l'oxygène) qui transforment la matière organique en ammonium, ainsi l'excès de Matière Organique restreint le processus d'autoépuration [36]. A l'inverse de MES, ces matières constituent une nourriture de choix pour les micro-organismes de l'eau et provoquent leur prolifération.

I.6.2.4 Matières fertilisante :

Un produit fertilisant, ou matière fertilisante, est une substance, ou un mélange de substances, naturelle ou d'origine synthétique, utilisée en agriculture pour améliorer les sols, notamment leur structure. La présence d'azote et de phosphore en quantité excessive dans les cours d'eau entraîne la prolifération d'algues qui diminuent la luminosité et surtout consomment l'oxygène

dissous dans l'eau (phénomène d'eutrophisation). Ou bien dit, les matières fertilisantes sont des produits destinés à assurer ou à améliorer la nutrition des végétaux, ainsi que les propriétés des sols. Les supports de culture sont destinés à servir de milieu de culture à certains végétaux [38].

I.7 Risques de la pollution par eaux usées :

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

I.7.1 Risque sur la santé humaine :

Les eaux usées peuvent contenir des pesticides, des micro-organismes pathogènes (virus, bactéries, parasites), et des éléments toxiques. Ils sont dangereux pour la santé humaine. Quand les populations consomment une eau polluée, cela a des conséquences sur leur santé. Dans les pays pauvres, l'accès à une eau de bonne qualité est très difficile car les installations pour assainir l'eau coûtent chères. Peuvent être causés les maladies (exp : choléra), cancers (exp : en Inde, les habitants boivent l'eau polluée et parfois en meurent) [39].

I.7.2 Risque sur l'environnement :

Cela touche la biodiversité (le sol, Impacts sur les eaux superficielles, Impacts sur les eaux souterraines). Donc fait disparaître des espèces (ex : en Chine, le dauphin).

I.7.2.1 Impacts sur le sol: ces impacts sont d'importance particulière pour les agriculteurs. Puisqu'ils peuvent réduire la productivité, la fertilité et le rendement de leurs terres. Le sol doit rester à un bon niveau de fertilité, afin de permettre une utilisation durable à long terme et une agriculture rentable. Les problèmes présents au niveau du sol sont [40] :

- L'alcalinité et la réduction de la perméabilité du sol.
- L'accumulation d'éléments potentiellement toxiques.
- L'accumulation de nutriments.
- La salinisation.

I.7.2.2 Impacts sur les eaux souterraines: dans certaines conditions, les effets sur les eaux souterraines sont plus importants que les effets sur le sol. La pollution des eaux souterraines avec des constitutions de l'eau usée est possible par l'infiltration de ces dernières [40].

I.7.2.3 Impacts sur les eaux superficielles : il arrive que ces déchets soient déversés directement dans le milieu naturel. La présence excessive de phosphates, favorise le phénomène d'eutrophisation, c'est-à-dire la prolifération d'algues qui diminue la qualité d'oxygène contenue dans l'eau et peut provoquer à terme la mort des poissons et des autres organismes aquatiques qui y vivent [41].

I.8 Conséquences de la pollution :

Les conséquences probables de la pollution d'eau sont [24] :

- Les matières organiques solubles abaissent la teneur en oxygène dans les cours d'eau, ce qui conduit à la réduction et à la mort de la faune aquatique.
- Les matières en suspension, s'accumulent au fond des cours d'eau, lacs et étangs et causent l'augmentation de la turbidité.
- Les acides sont toxiques à la vie aquatique et détériorent les réseaux d'égaux.
- Les huiles et les graisses flottants conduisent au colmatage des conduites et donnent un aspect esthétique indésirable.
- Les matières toxiques et métaux lourds sont toxiques à la vie aquatique.
- Les coliformes fécaux et pathogènes participent à la contamination bactériologique des cours d'eau.
- Le phosphore et l'azote conduit à l'eutrophisation des cours d'eaux.

Références :

- [1] CF.Lindberg, «Control and estimation strategies applied to the activated sludge process », Doctoral thesis, University Sweden,1997.
- [2] U.Jeppsson, «Modelling aspects of wastewater treatment processes», Doctoral thesis, Department of industrial electrical engineering and automation ,Lund University, Sweden , 1996.
- [3] M.Belhamid , O.Seddik, «Etude de la biodégradation du 2.4-dichlorophénol par le micro biote des effluents d'entrée et de sortie de la station d'épuration des eaux usées d'ibn ziad »,Mémoire de magister, Université de Constantine ,2011,P10-12.
- [4] D.Jenkins, MG.Richard, GT,Daigger, «Manual on the causes and control of activated sludge bulking and foaming»,Water res, Commision pretoria,1986, P165.
- [5] AD.Andreadakis, , «Physical and chemical properties of activated sludge flocs»,Water res, Vol 27, 12,1993, P1707-1714.
- [6] N.Tixier, «Approche des propriétés rhéologiques de suspensions biologiques floculées »,Thèse de doctorat , Faculté des sciences et techniques de l'eau, Université de Limoges, France.
- [7] M. Metahri, « Elimination simultanée de la pollution azotée et phosphatée des eaux usées traitées par des procédés mixtes cas de la STEP est de la ville de Tizi-Ouzou », Mémoire de doctorat, Université mouloud Mammeri de Tizi-Ouzou ,2012.
- [8] S. Dauphin, « Connaissance et contrôle du fonctionnement des stations d'épuration, intérêt et limites des moyens métrologiques actuels application à la gestion hydraulique d'un décanteur secondaire », Thèse de doctorat, Université luis pasteur de Strasbourg France ,1998.
- [9] F. Ladjet, « Exploitation d'une station d'épuration à boue activée niveau 02. Centre de formation au métier de l'assainissement », CFMA, Boumerdes, 2006, P80.
- [10] K.Bengouga, «Contribution à l'étude du rôle de la végétation dans l'épuration des eaux usées dans les régions arides », Thèse de doctorat, Université Mohamed Khider Biskra, 2010.
- [11] G. Boari, I. Mancini ,E .Trulli, «Technologies pour le traitement de l'eau et des eaux usées », Université de Basilicate, Département de génie de l'environnement et de physique Potenza ,Italie,1997.
- [12] S. Reynaud, « Diagnostic des pratiques agricoles pour une meilleure compréhension des transferts d'effluents d'élevage », Thèse de doctorat,1995.
- [13] M.Hadj-Sadok , «Modélisation et estimation dans les bioréacteurs prise en compte des incertitudes application au traitement de l'eau » , Thèse de doctorat, Université de france,1999.
- [14] MS.Ouali, « Cours de procédés unitaires biologiques et traitement des eaux» ,Office des publications universitaires, Algérie,2001.

- [15] M.Henze, « Characterization of wastewater for modelling of activated sludge processes » ,Wat, Sci, Tech., Vol 25, 6,1992,P1-15.
- [16] A. Gaid, « Epuration biologique des eaux usées urbaines », Office des publications universitaires algérie.
- [17] B. Hasnia, « Chimie des eaux »,2018.
- [18] J. Berland,M . Boutin, C. Molle, P. and P. Cooper, « Procédés extensifs d'épuration des eaux usées », Office des publications des communautés européennes, Luxembourg,2001.
- [19] A.Norström,« Traitement des eaux usées domestiques par des procédés microbiologiques et hydroponiques en suède », Université center Stockholm suède ,2005.
- [20] NJ.Horan, «Biological wastewater treatment systems, theory and operation»,1990.
- [21] D. Afir ,« application et dimensionnement d'un procédé de Coagulation floculation pour le traitement des eaux résiduaires de la papeterie de baba Ali », Mémoire d'ingénieur, école nationale de polytechnique ,1984.
- [22] F.Galaf, S. Ghanna ,« Contribution à l'élaboration d'un manuel et d'un site web sur la pollution du milieu marin », Mémoire d'ingénieur d'état ,2003.
- [23] I.Chabni, «Etude de la propagation des polluants dans les eaux souterraines »,Thèse de doctorat ,Ecole nationale supérieur de l'hydraulique Blida,2005.
- [24] B. Abdallah, « Contribution à l'étude de la qualité d'oued el hammam wilaya de Guelma » ,2016.
- [25] H. Hezzat, « Etude critique des différents moyens de dépollution et de prévention contre la pollution des eaux et des sols », Thèse de doctorat.
- [26] M. Detay, « Impact du volcanisme sur le climat passé et présent de la Terre », 2013, P162,19-31.
- [27] C. Bliefert, R. Perraud, « Chimie de l'environnement : air, eau, sols, déchets », De Boeck supérieur ,2007.
- [28] N. Sedira, « Etude de l'adsorption des métaux lourds sur un charbon actif issu de noyaux de dattes », Thèse de doctorat, Université de Souk Ahras ,2013.
- [29] Encyclopedia , «Industrial chemistry, Water in ull man's, Wiley-VCH Verlags », vol 8, Epuration. Techniques, Sciences et Méthodes, 2 ,1995, P81-118.
- [30] Cshapf, « Recommandations sanitaires relatives à la désinfection des eaux usées urbaines», P22.
- [31] SE.Saifi,A.Mosbahi, « Application de biomatériaux dans le traitement physicochimique des eaux usées»,Mémoire de master ,Université de Saida,2018,P126.
- [32] J.Mayet,« La pratique de l'eau, Traitements aux points d'utilisation, le Moniteur»,2ème Edition, 1994, P382.

- [33] G.Kecket, E. Vernus, « Déchets et risques pour la santé », Techniques de l'ingénieur, paris,2000, P2450.
- [34] T. Asano, « Récupération et réutilisation des eaux usées gestion de la qualité de l'eau bibliothèque », 1998, P1475.
- [35] C. Cans, C.Klemm, « Un cas d'irréversibilité: l'introduction d'espèces exogènes dans le milieu naturel», Revue juridique de l'environnement, 23(1), 1998, P101-124.
- [36] T.Landry,R.Dieu Donné, «Traitement des eaux usées textiles »,Mémoire de fin d'étude ,Université d'antananarivo,2012,P39.
- [37] L. Shan, S.Lin, Z. Wenzhi, « Etude préliminaire des inclusions dans divers sels minéraux et leur caractéristique de vaporisation », 1981.
- [38] G. Heuzé, « Les matières fertilisantes : engrais minéraux, végétaux et animaux, solides, liquides, naturels et artificiels », (Vol. 2) ,1862.
- [39] C.Faye, « Les défis de la pollution de l'eau, une menace pour la santé publique: atouts et défauts des lois et politiques de l'eau au Sénégal», Larhyss Journal,2017, P107, 126.
- [40] ME. Sahnoun, « Epuration des eaux usées du centre culturel islamique sidi Okba par un filtre de macrophyte », Mémoire de master en hydraulique, Option hydraulique urbaine, Université Mohamed Khider bisekra,2015.
- [41] J. Rodier et al, « L'analyse de l'eau : eaux naturelles, eaux résiduaires, eau de mer » ,8ème édition, Dunod, Paris.1996.



Chapitre II:
Traitement des eaux usées

II. Introduction :

L'objectif du traitement des eaux usées est l'obtention d'une eau épurée qui satisfait aux normes de rejet édictée par la législation et pouvant par suite être évacuée sans danger dans le milieu naturel ou bien être utilisée dans le cadre des mesures nécessaires à une bonne gestion de l'eau (recyclage), plus particulièrement en milieu industriel. Selon la nature et l'importance de la pollution, différents procédés peuvent être mis en œuvre pour l'épuration des eaux usées en fonction des caractéristiques de celles-ci et du degré d'épuration désiré [1]. Donc globalement le traitement des eaux usées a pour but de dépolluer suffisamment pour qu'elles n'abîment pas le milieu naturel dans lequel elles seront finalement rejetées.

II.1 Le traitement des eaux usées :

Le traitement des eaux usées suppose une connaissance et une analyse des différents ensembles représentés par ses composantes physiques, chimiques et biologiques. Le traitement des eaux usées est l'ensemble des procédés visant à dépolluer de l'eau usées avant son retour dans le milieu naturel est l'ensemble des procédés visant à dépolluer [1]. Le traitement se fait en plusieurs étapes. Il a pour objectif est de minimiser l'impact des eaux usées sur l'environnement. Lorsque les eaux traitées sont réutilisées, on parle recyclage des eaux usées.

II. 2 L'objectif du traitement des eaux usées [2] :

- La santé publique, qui implique que l'eau distribuée ne doit apporter aux consommateurs ni substances toxiques (organiques ou minérales), ni organismes pathogènes. Elle doit donc répondre aux normes physico-chimiques et bactériologiques.
- L'agrément du consommateur, qui est différent du premier car une eau peut être agréable à boire toute en étant dangereuse (source polluée...) il s'agit des qualités organoleptiques, c'est-à-dire ce qui est perçu par les sens olfactifs de l'homme à savoir la couleur, l'odeur et le goût.
- La protection du réseau de distribution, et aussi des installations des usages (robinetterie, chauffe-eau...) contre l'entartrage (et/ou) la corrosion.

II.3 L'épuration des eaux usées :

Est un ensemble de techniques qui consistent à purifier l'eau pour recycler ou réutiliser les eaux usées dans le milieu naturel, soit pour transformer les eaux naturelles en eau potable.

II.3.1 Des traitements différenciés :

Les méthodes de traitement des eaux usées sont diverses et peuvent être classées en trois catégories : les traitements primaires, secondaires et tertiaires. On peut également tenter une classification physique et biologique qui revient grossièrement à distinguer d'un côté les traitements primaires et de l'autre les traitements secondaires et tertiaires. Les professionnels de l'eau peuvent combiner de différentes manières ces procédés, en fonction des cas spécifiques

[3], chaque procédé pourra changer de rôle en fonction de la place qu'il occupe dans la filière du traitement et de la façon dont il est mis en œuvre [4]. Il n'est pas simple de prétendre décrire de façon complète les différents procédés et filières de traitement [5].

II.3.1.1 Procédés physiques :

Ce sont des opérations de séparation de phases non-miscibles dont l'une au moins est liquide, Parmi ces procédés, les plus courantes sont :

A- Le dégrillage : est le premier poste de traitement, indispensable aussi bien en eau de surface qu'en eau résiduaire, permet d'éliminer les corps flottants et les gros déchets par l'intermédiaire de grilles placées en travers du canal d'amenée afin de protéger les installations contre les obstructions [6]. C'est ce qui permet de protéger la station contre le problème de bouchage au niveau de ces des différents ouvrages causés par les différents objets. En fonction de l'espacement des barreaux des grilles, on distingue différents types de dégrillages (Tableau II.1) :

Tableau II.1 : Les types de dégrillage en fonction de l'espacement des barreaux [7].

Type de dégrillage	Espacement entre les barreaux
Dégrillage grossier	30 - 100mm
Dégrillage moyen	10 –25mm

B- Le dégraissage-déshuilage :

Les opérations de dégraissage et de déshuilage en une séparation des huiles et graisses, produits de densité légèrement inférieure à celle de l'eau, de l'effluent brut. Elle a pour but d'éviter divers problèmes au cours du traitement [8] :

- Les boules graisseuses, diminution des transferts d'oxygène, apparition de bactéries filamenteuses.
- L'endommagement des équipements et des pompes.
- La mauvaise sédimentation dans les décanteurs.
- La surconsommation des produits chimiques lors de la pré-chloration et coagulation-floculation.
- Le déshuilage par flottation assistée (utilisation de bulles d'air) est généralement abordé.

C- Le dessablage : le dessablage concerne les particules minérales de diamètre supérieur à 0,2mm [9]. L'élimination des sables est une opération indispensable pour [10] :

- Eviter les dépôts dans les canalisations conduisant à leur bouchage.
- Protéger les pompes et autres organes mécaniques contre l'abrasion.

-Éviter de perturber les autres stades du traitement (surtout au niveau du réacteur biologique).

-Réduire la production des boues.

La technique consiste à faire circuler l'eau brute à traiter dans des bassins dans lesquelles la vitesse de circulation est environ de $0,3 \text{ m.s}^{-1}$ pour éliminer les sables et les graviers.

D- La filtration : passage d'un mélange liquide-solide à travers un milieu poreux (Filtre) qui retient les solides (gâteau de filtration) et laisse passer les liquides (filtrat) [11].

E- La décantation : utilisant les forces de gravité pour séparer les particules de densité supérieure à celle du liquide en provoquant leur dépôt [12]. La décantation est la méthode de séparation la plus fréquente de MES et de colloïdes. La décantation a pour but d'éliminer les particules en suspension dont la densité est supérieure à celle de l'eau, ces particules s'accumulent au fond du bassin de décantation qu'on extrait périodiquement. L'eau clarifiée, située près de la surface, est dirigée vers l'unité de filtration [13].

F- La centrifugation : opération de séparation par action de la force centrifuge, du mélange entraîné dans un mouvement de rotation [5].

G- La flottation : visant à séparer les phases solides des phases liquides par la poussée d'Archimède. En flottation naturelle, les floes de faible densité remontent librement à la surface. La flottation assistée s'obtient par l'injection d'air [14].

II.3.1.2 Procédés physico-chimique (coagulation-floculation) :

Décantation c'est une séparation physique, liquide – solide, dont l'objectif est de retenir le maximum de matières en suspension présentes dans les eaux usées. Les matières en suspension que l'on peut habituellement éliminer par décantation font l'objet classique du traitement primaire. La clarification globale des rejets nécessite l'élimination complémentaire de la pollution particulaire, colloïdale ou finement dispersée, qui peut être obtenue moyennant l'utilisation de réactifs chimiques lors d'un traitement par voie physico – chimique qui implique la mise en œuvre d'une coagulation – floculation en amont d'une séparation solide – liquide par décantation ou flottation. Certains types de stations ne comportent pas de traitement primaire [2]. Ces procédés couplent l'action chimique d'un réactif à une action physique. Pour faciliter le dépôt des particules dans le fond du bassin, l'étape de peut-être couplée à deux étapes chimiques permettant d'agglomérer les particules et de les rendre plus lourdes :

✚ **La coagulation** : La coagulation est la première étape dans le processus de traitement physico-chimique des eaux, elle consiste essentiellement à neutraliser à diminuer la charge électrique et favoriser ainsi le rapprochement des particules en vue de leur agglomération [8].

✚ **La floculation** : La floculation est l'agglomération de particules déstabilisées en micro floc et ensuite en et ensuite en flocons plus volumineux que l'on appelle floes. On peut rajouter un

autre réactif appelé flocculant ou adjuvant de floculation pour faciliter la formation de floes [15].

Ces définitions précédentes peuvent être résumées dans la figure (II.1).

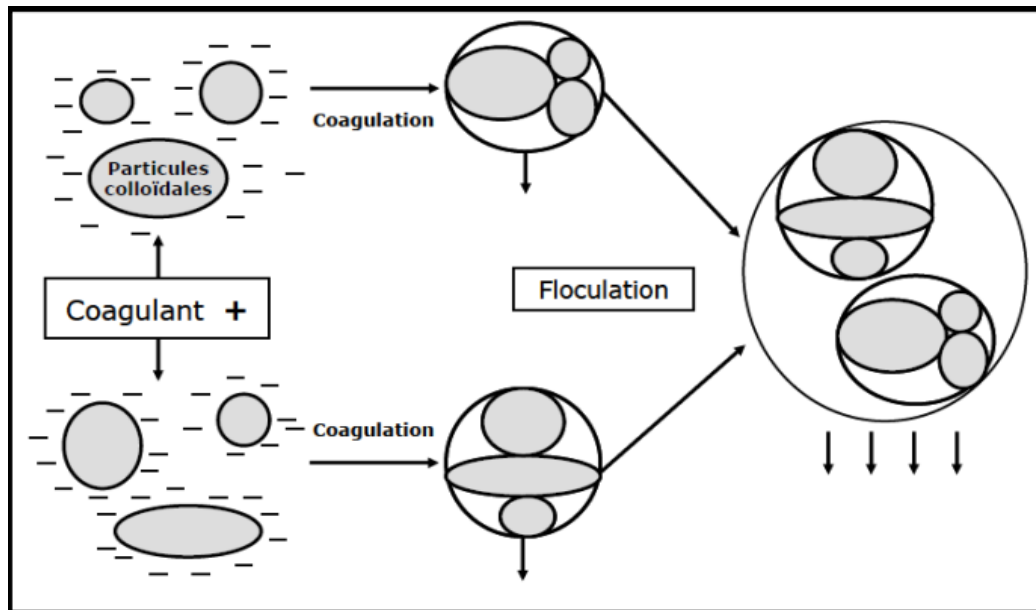


Figure II.1 : Coagulation-floculation [16].

II.3.1.3 Procédés de traitement chimique :

Ce type de traitement utilise des réactifs chimiques qui agissent directement sur les métaux lourds, les matières organiques et les germes pathogènes. Ils sont très utilisés dans le traitement final des effluents. On peut citer les procédés suivants :

- L'oxydation par des agents tel que le chlore et l'ozone, agit sur les métaux, sur les matières organiques et détruit où inactive totalement ou partiellement les germes vivants, les virus et les bactéries.
- Les échanges d'ions sont des procédés de substitution d'ions sur des résines spécifiques [17].
- La neutralisation ou l'acidification agissent sur le pH de l'eau [18].

II.3.1.4 Procédés radiatifs :

Ces techniques peuvent être utilisées dans les opérations de décontamination de l'eau [17] :

- Les ultra-violets irradient les cellules vivantes indésirables. Suivant la qualité d'énergie UV reçue, elles sont soit stérilisées (effet bactériostatique) soit détruites (effet bactéricide).
- Le bombardement électronique est un dispositif basé sur l'exposition brève des eaux polluées à un fort flux d'électrons. La structure des éléments complexes est décomposée sous l'action des ions qui cassent leurs liaisons chimiques.
- La décontamination bactériologique est réalisée par destruction des bactéries et des virus.

II.3.1.5 Procédés biologiques :

Le traitement biologique reproduit dans des réacteurs spécifiques le phénomène d'autoépuration qui se déroule naturellement dans les cours d'eau. Le principe consiste à mettre la matière organique contenue dans les eaux usées au contact d'une masse bactérienne. Celle-ci se nourrit des polluants et les dégrade [19].

II.3.2 La filière d'épuration :

L'épuration d'un affluent résiduaire comporte plusieurs étapes, chacune spécifique aux caractéristiques particulières des éléments à traiter. A partir de la classification des procédés de base qui viennent d'être définis, en tenant compte du fait que ces procédés sont extrêmement imbriqués au cours du traitement et peuvent jouer des rôles différents en fonction du moment de leur mise en œuvre. On peut esquisser l'enchaînement des étapes d'épuration des eaux usées comme illustré dans le schéma fonctionnel (Figure II.2) [7].

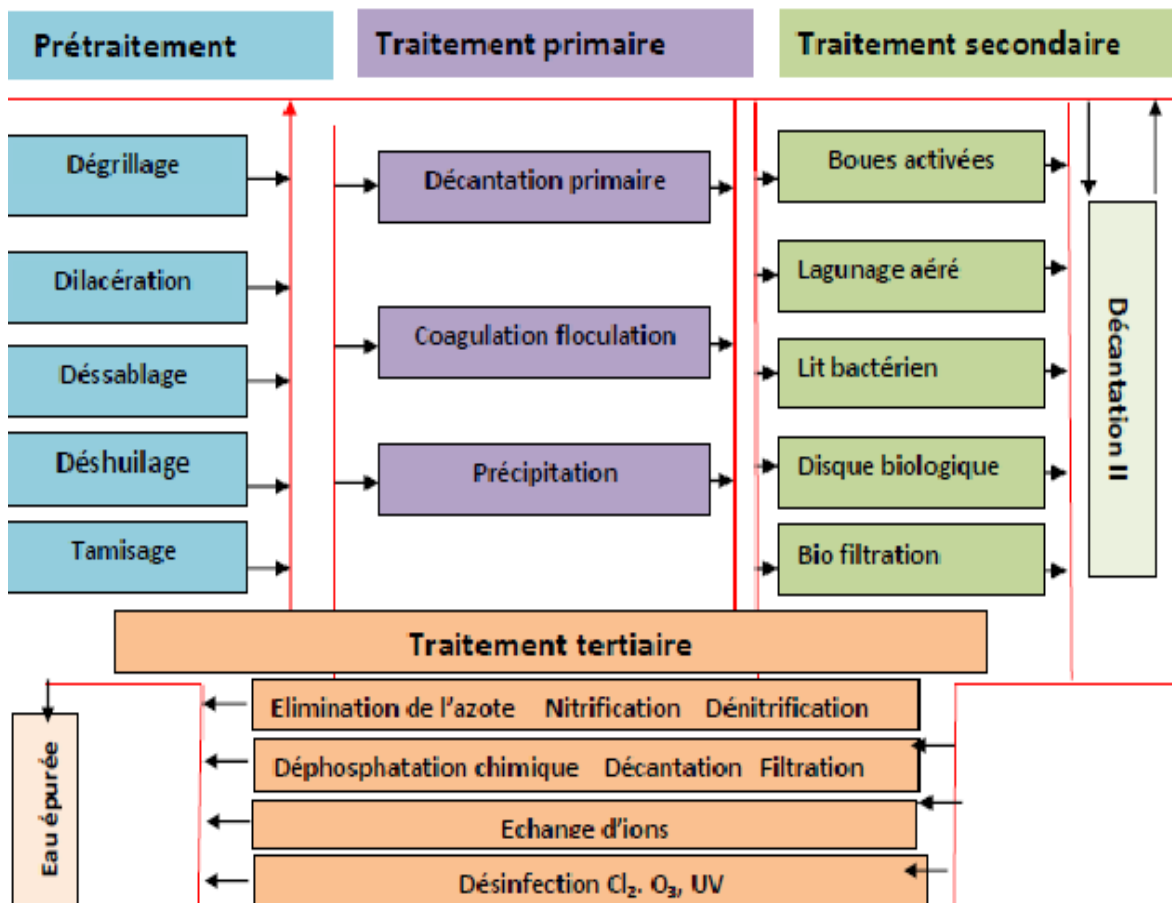


Figure II.2 : Chaîne ou filières de traitement des eaux usées [7].

II.3.3 Les traitements biologiques :

Le traitement biologique utilise les microorganismes naturellement présents dans l'eau, principalement les bactéries. Elles inhibent la matière organique biodégradable, matière naturelle ou micropolluants artificiels, en un produit plus simple et moins dangereux pour

l'homme. Certains micro-organismes ont de grandes facultés de transformation métabolique et de décomposition des matières biodégradables [19]. Le traitement biologique est largement utilisé dans la dépollution de l'eau est donc la reconstitution d'un écosystème simplifié et sélectionné faisant appel à une microfaune de bactéries et de protozoaires. De ce fait, l'épuration biologique consiste à favoriser la prolifération de ces micro-organismes pour utiliser leurs propriétés remarquables dans les conditions les mieux adaptées au résultat désiré [20].

Suivant l'emplacement des bactéries épuratrices dans le bioréacteur, on distingue deux dispositifs [17,18] :

II.3.3.1 Le procédé à cultures fixes :

Les micro-organismes sont fixés sur des supports. Le contact entre les eaux à traiter et les cellules épuratrices est assuré soit par arrosage des supports avec l'eau usée (lits bactériens), soit par rotation des supports dans le mélange pollué (disques biologiques). Ces ouvrages permettent d'obtenir des concentrations en biomasse plus importantes et donc des traitements intensifs avec une taille relativement faible, mais présent des risques de colmatage ou d'émanation d'odeurs.

II.3.3.2 Le procédé à cultures libres :

Les micro-organismes sont maintenus en suspension dans le mélange à épurer. La biomasse entre ainsi constamment en contact avec les polluants. Ces dispositifs ont l'avantage d'avoir un traitement plus homogène et une meilleure maîtrise des facteurs d'épuration (apport de l'eau résiduaire et de masse bactérienne) comparés aux procédés à culture fixée. Suivant les conditions de l'environnement des cellules dans l'unité de dépollution, on distingue deux modes de traitement [18] :

-Le traitement aérobie :

Ce type de traitement fait appel aux bactéries aérobies qui se développent en présence d'oxygène. La dégradation des polluants est effectuée par des réactions d'oxydation dans un milieu aéré.

- Le traitement anaérobie :

Ce traitement s'effectue en condition d'anaérobiose c'est-à-dire en absence d'oxygène. Les bactéries anaérobies assurent la décomposition métabolique des composés biodégradables par des processus de fermentation. Parmi l'ensemble des procédés biologiques utilisés dans le traitement des eaux usées, on peut citer les principaux procédés suivants [21,22] :

➤ Les disques biologiques :

Dans ce procédé, les micro-organismes sont fixés sur des disques à demi immergés et tournant lentement (quelques tours par minute) autour d'un axe horizontal. La biomasse est ainsi

alternativement mouillée par les eaux résiduaires et aérée par l'air ambiant. Cette technique présente l'avantage d'être peu coûteuse en énergie mais peut entraîner l'émanation d'odeurs.

➤ **Les boues activées :**

Ce système comprend deux compartiments principaux. Le premier est le bassin d'aération où ont lieu les activités biologiques de transformation des polluants biodégradables par l'intermédiaire des micro-organismes en suspension. Outre les matières organiques assimilées par les hétérotrophes, principaux constituants des boues activées, les composés azotés peuvent aussi être oxydés par des phénomènes de nitrification-dénitrification. Les avantages et inconvénients des boues activées sont résumés sur le tableau (II.2).

Tableau II.2 : Les avantages et inconvénients des boues activées [23].

Avantages	Inconvénients
- Emprise au sol réduit. - Grande performance d'élimination de la DBO ₅ , la DCO et les MES.	- Coûts d'inversement élevée - Sensibilité aux variations de charge hydraulique et organique. - Nécessité d'un entretien fréquent des ouvrages (main d'œuvre qualifiée). - Coût d'exploitation (énergétique) élevé. - Faibles performances en matière d'élimination. Des agents pathogènes.

➤ **Les lits bactériens :**

Ce procédé aérobie à cultures fixées consiste à faire supporter les micro-organismes par des matériaux poreux. L'effluent est distribué par aspersion en surface et l'oxygénation est apportée par ventilation naturelle de bas en haut. L'affluent arrive par la partie supérieure alors que l'effluent est évacué par le fond afin de ne pas perturber la fonction aérobie. De ce fait, ce système présente un inconvénient majeur, en ce sens qu'il nécessite un dispositif de relevage.

➤ **Le lagunage :**

Il s'agit d'un étang ou un système de lagunes mettant en œuvre une culture mixte algobactérienne. Suivant la profondeur du bassin, on peut distinguer différents régimes de fonctionnement.

II.4 Caractéristiques des eaux usées :

Dans ce sous chapitre nous passerons en revue les principaux paramètres physicochimiques analysés au cours de la partie expérimentale ainsi que les paramètres bactériologiques les plus rencontrés dans les eaux usées.

II.4.1 Paramètres physiques :**II.4.1.1 Température :**

La température est un facteur écologique important des milieux aqueux. Son élévation peut perturber fortement la vie aquatique (pollution thermique). Certains rejets présentent des écarts de température importants avec le milieu récepteur : ce sont par exemple, les eaux de refroidissement des centrales nucléaires thermique induisant ainsi une forte perturbation du milieu. Il est important de connaître la température de l'eau avec une bonne précision, en effet celle-ci joue un rôle dans la solubilité des sels et surtout des gaz, dans la dissociation du pH, pour la connaissance de l'origine de l'eau et des mélanges éventuels. Elle agit aussi comme un facteur physiologique agissant sur le métabolisme de croissance des micro-organismes vivant dans l'eau [24]. La température de l'eau joue un rôle important par exemple en ce qui concerne la solubilité des sels et des gaz dont, entre autres, l'oxygène nécessaire à l'équilibre de la vie aquatique. Par ailleurs, 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 [25].

II.4.1.2 Couleur :

Cette analyse consiste en la détermination de l'intensité de la couleur brun jaunâtre d'un échantillon par comparaison visuelle avec une série de solutions étalons. La couleur est exprimée en mg.l^{-1} de Pt représentant l'intensité de la couleur produite par les solutions étalons. La coloration d'une eau peut être soit d'origine naturelle, soit associée à sa pollution (composées organiques colorées). La coloration d'une eau est donc très souvent synonyme de la présence de composés dissous et corrélativement la présence de solutés induit une coloration qui ne se limite pas au seul du domaine du visible [26]. La couleur des eaux usées est généralement grisâtre qui devient noirâtre avec le temps.

II.4.1.3 Turbidité :

La turbidité représente l'opacité d'un milieu trouble. C'est la réduction de la transparence d'un liquide due à la présence de matières non dissoutes. Elle est causée, dans les eaux, par la présence de matières en suspension (MES) fins, comme les argiles, les limons, les grains de silice et les microorganismes, Une faible part de la turbidité peut être due également à la présence de matières colloïdales d'origine organique ou minérale. Turbidité est déterminée par l'appareil de turbidimètre. Les unités utilisées pour exprimer la turbidité proviennent de la normalisation. ASTM (American Society for Testing Material) qui considère que les trois unités suivantes sont comparables [7] :

Unité JTU (Jackson Turbidity Unit) = Unité FTU (Formazine Turbidity Unit) = Unité NTU (Nephelometric Turbidity Unit).

NTU<5 est une eau claire.

NTU<30 est une eau légèrement trouble.

NTU>50 est une eau trouble.

II.4.1.4 Matières en suspension (MES) :

On appelle matières en suspension les très fines particules en suspension (sable, argile, produits organiques, particules de produits polluants, micro-organismes...etc.) qui donnent un aspect trouble à l'eau, (turbidité) et s'opposent à la pénétration de la lumière nécessaire à la vie aquatique. En trop grande quantité elles constituent donc une pollution solide des eaux. La quantité de matières en suspension totale (MEST) se mesure par filtration d'un litre d'eau et pesage des résidus séchés. Le résultat s'exprime en mg.l^{-1} . (On estime qu'un habitant rejette environ 90 grammes par jour de MES dans ses eaux usées). Deux techniques sont actuellement utilisées pour le dosage des matières en suspension sont : séparation par filtration et centrifugation [7]. Les matières en suspensions s'expriment par la formule (1) :

$$\text{MES} = 30\% \text{ MMS} + 70\% \text{ MVS} \dots \dots \dots (1)$$

MES : Matières en suspension.

MMS : Matières minérales en suspension.

MVS : Matières volatiles en suspension.

II.4.1.5 Conductivité électrique (CE) :

La conductivité exprime la capacité d'un matériau de conduire le courant électrique. Dans les cas des métaux, c'est le mouvement des électrons qui assure le passage du courant. Dans les solutions aqueuses, ce sont les ions qui effectuent le transport des charges. Les ions résultent de la dissolution de sels, acides et bases. Plus le liquide contient d'ions, mieux il conduit le courant [27]. La conductivité permet d'évaluer rapidement et approximativement la minéralisation globale de l'eau. La mesure en $\mu\text{s.m}^{-1}$ ou ms.cm^{-1} (micro ou milli siemens par cm) de la conductivité électrique d'une eau s'effectue à l'aide d'un conductimètre. Elle est l'inverse de la résistivité électrique. L'unité de conductivité est le siemens par mètre.

- Mesurer de la conductivité : la conductivité se mesure en appliquant un courant électrique alternatif (I) à deux électrodes immergées dans une solution et en mesurant la tension (V) qui en résulte. Lors de cette expérience, les cations migrent en direction de l'électrode négative, les anions se dirigent vers l'électrode positive et la solution se comporte comme un conducteur électrique. Un conductimètre est un appareil permettant de mesurer la conductivité électrique de l'eau [28]. La conductivité permet d'apprécier globalement l'ensemble des produits en solution dans l'eau (Figure II.3).



Figure II.3: Conductimètre [28].

II.4.2 Paramètres chimiques :

II.4.2.1 Le potentiel hydrogène (pH) :

Le potentiel hydrogène représente l'acidité ou l'alcalinité d'une solution. L'acidité, la neutralité et l'alcalinité d'une solution aqueuse peut s'exprimer par la concentration en ions hydronium (noté H^+ pour simplifier). Le pH d'une eau permet de mettre en évidence les espèces chimiques présentes dans un échantillon. On parle alors de pH acide, de pH neutre ou de pH basique. La mesure du pH est réalisée par une méthode potentiométrique en mesurant la différence de potentiel entre une électrode de verre et une électrode de référence, De manière à faciliter cette expression ; on utilise le logarithme décimal de l'inverse de la concentration en ions hydrogène, 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. Le pH d'une eau naturelle peut varier de 4 à 10 en fonction de la nature acide ou basique des terrains traversés. Le pH d'une eau domestique ou urbaine se situe généralement entre 6.8 à 7.8, au-delà, c'est l'indice d'une pollution industrielle. Cette mesure physico-chimique effectuée à l'aide d'un pH mètre permet de savoir si l'échantillon d'eau est acide, basique ou neutre [29].

Le pH s'exprime par la formule (2) :

$$pH = \log 1/[H^+] = -\log [H^+] \dots \dots \dots (2)$$

II.4.2.2 Dureté :

Une eau est dite douce ou dure selon sa charge en calcium et en magnésium. La somme des deux éléments constitue le titre hydrotimétrique qui s'exprime en France en degrés français (symbole °F ou °FH) sur une échelle de 0 à 40 (1°F = 4mg.l⁻¹ de calcium ou 2,4mg.l⁻¹ de magnésium). Une eau sera dite dure si son TH est > à 15 °F. Une eau trop dure a pour inconvénients d'entartrer les canalisations et un usage plus important de détergents pour le lavage. Une eau sera dite douce si son TH est < à 15 °F. Une eau trop douce sera dite « agressive » parce que corrosive pour les conduites [7]. On parle de dureté totale d'une eau ou

de titre hydrométrique (TH). $1^{\circ}\text{F} = 4 \text{ mg}$ de calcium ou $2,4 \text{ mg}$ de magnésium par litre d'eau.

On distingue plusieurs niveaux de dureté de l'eau à partir le tableau (II.3).

Tableau II.3 : Classification des eaux en fonction de leurs duretés [28].

$^{\circ}\text{F}$	Qualités
0 à 5	Eau très douce
5 à 12	Eau douce
12 à 25	Eau moyennement douce
25 à 32	Eau dure
>32	Eau très dure

II.4.2.3 Demande biochimique en oxygène (DBO) :

Elle représente la quantité d'oxygène consommée par l'eau usée pendant une certaine durée. Elle correspond à la quantité d'oxygène nécessaire pour décomposer par oxydation, et avec l'intervention des bactéries, les matières organiques de l'eau usée. La DBO est un phénomène évolutif dans la mesure où elle permet d'étudier le comportement d'une charge organique (et plus généralement celui d'un échantillon), il est évident qu'il ne peut y avoir de détermination de DBO, que lorsque les microorganismes présents sont capables d'assimiler les matières organiques de l'échantillon [30]. Pour être complète, l'oxydation biologique nécessite un temps de 20 à 28 jours, cette période étant longue, on a choisi par convention une mesure après 5 jours d'incubation appelée DBO_5 (en mg.l^{-1}). Elle consiste à mesurer la consommation d'oxygène par les microorganismes aérobies présent dans un échantillon par voie biologique à température constante = 20°C et pendant un temps limité par convention à 5 jours, la méthode ce fait soit sans dilution ou avec dilution. L'oxydation des composés biodégradables par les micro-organismes entraîne une consommation d'oxygène (Figure II.4).

DBO - Demande biologique en Oxygène

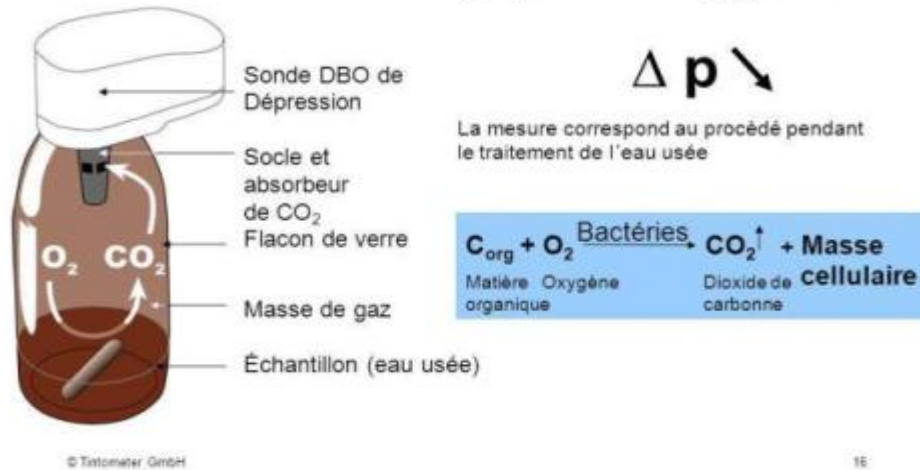


Figure II.4: Demande biochimique en oxygène [28].

II.4.2.4 Demande chimique en oxygène (DCO) :

La demande chimique en oxygène traduit la quantité d'oxygène nécessaire pour oxyder chimiquement les matières organiques contenues dans l'effluent. La mesure de la DCO se fait à l'aide d'un oxydant énergétique comme le bichromate de potassium, en milieu acide, et à chaud pendant deux heures. On estime que cette oxydation détruit à 90-95% des composés [30]. Cette mesure correspond à une estimation des matières oxydables présentes dans l'eau. Certaines matières organiques sont oxydées par du dichromate de potassium ($K_2Cr_2O_7$) en milieu acide et en présence de catalyseur à l'argent. On procède ensuite au titrage de l'excès de dichromate de potassium avec une solution titrée de sulfate de fer (II) et d'ammonium. C'est la mesure de la quantité d'oxygène nécessaire qui correspond à la quantité des matières oxydables par oxygène renfermé dans un effluent. Elles représentent la plupart des composés organiques (détergents, matières fécales). Elle est mesurée par la consommation d'oxygène par une solution de dichromate de potassium en milieu sulfurique en présence de sulfate d'argent et de sulfate de mercure II, à chaud pendant 2h [31]. Elle est exprimée en $mg.l^{-1}$. Généralement la valeur de la DCO est :

DCO = 1.5 à 2 fois DBO Pour les eaux usées urbaines.

DCO = 1 à 10 fois DBO Pour tout l'ensemble des eaux résiduaires.

DCO= 2.5 fois DBO Pour les eaux usées industrielles.

La relation empirique de la matière organique (MO) en fonction de la DBO₅ et la DCO est donnée par l'équation (3) :

$$MO = (2 \times DBO_5 + DCO) / 3 \dots \dots \dots (3)$$

- Dosage [28] :

Bichromate introduit en excès réduit.

$\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}$: couleur orange \rightarrow Cr^{3+} couleur verte.

Mesure colorimétrique (Figure II.5).

Présence de sulfate d'argent (catalyseur).

Présence de sulfate de mercure (complexe de chlorures).



Figure II.5: Demande chimique en oxygène (DCO) [28].

II.4.2.5 Notion de biodégradabilité :

La biodégradabilité traduit l'aptitude d'un effluent à être décomposé ou oxydé par les microorganismes qui interviennent dans le processus d'épuration biologique des eaux. La biodégradabilité est exprimée par un coefficient K , tel que :

$K = \text{DCO}/\text{DBO}_5$, plus il se rapproche de 1, plus le rapport $\text{DCO} / \text{DBO}_5$, indique la biodégradabilité d'un rejet d'eaux usées : Si $K = 1.5$ à 2 : cela signifie que les matières oxydables sont constituées en grande partie de matières fortement biodégradable, donc une biodégradation facile :

Si $2.5 < K < 3$: les matières oxydables sont peu biodégradables.

Si $3 < K$: les matières oxydables sont non biodégradables.

Un coefficient K très élevé traduit la présence dans l'eau inhibiteur de la croissance bactérienne. La DCO sera toujours supérieure à la DBO_5 (sauf conditions particulières)[32].

II.4.2.6 Carbone organique total (COT) :

C'est la concentration en mg/l de carbone organique total dissous dans l'eau. On parle aussi parfois de COD, carbone organique dissous. Pour une eau de surface. La concentration du COT d'une eau de surface varie de 2 à 10 mg.l^{-1} et de $0,5$ à 1 mg.l^{-1} pour une eau souterraine[7].

II.4.2.7 Carbone organique dissous (COD) :

Le COD est la quantité de carbone contenue dans l'eau [7], dans les matières organiques passant, durant la filtration, à travers une membrane filtrante de pores de $0,45 \mu\text{m}$. Le principe de dosage est identique à celui du COT (unité $\text{mg.l}^{-1} \text{ d'C}$) .

II.4.2.8 L'équivalent-habitant (EH) :

L'équivalent-habitant (EH) est une unité conventionnelle de mesure de la pollution moyenne rejetée par habitant et par jour. La charge polluante rejetée par les ménages, les industries, les artisans est exprimée en EH, autrement dit une industrie de 100 EH pollue autant que 100 personnes [33].

II.4.2.9 Azote kjeldhal(NK) :

C'est la somme des composés non oxydés de l'azote: azote organique + ammoniacal contenu dans l'eau (ou dans le sol, ou dans les produits alimentaires). Résultat d'analyse exprimé en mg.l^{-1} . Méthode normalisée en laboratoire. Une personne rejette environ 15g par jour de l'azote totale. Une concentration élevée en azote kjeldahl permet d'évaluer le niveau de pollution. La détermination de l'azote selon la méthode kjeldahl est effectuée sur différentes substances alimentaires. La méthode kjeldahl peut se décomposer en trois étapes principales : digestion, distillation et titration [34]. La détermination de l'azote kjeldahl ne permet pas de déterminer l'azote total mais seulement les composés non oxydés de l'azote comme présent dans la formule (4) :

$$N \text{ total} = N \text{ NH}_4^+ + N \text{ organique} + N \text{ NO}_3^- + N \text{ NO}_2^- \dots\dots\dots (4).$$

II.4.2.10 Nitrites (NO_2^-) :

Les nitrites sont des composés intermédiaires du processus de nitrification. Ils proviennent de l'oxydation incomplète de l'azote organique sous l'action des bactéries nitrifiantes. Les nitrites sont toxiques pour l'organisme humain, sa présence en quantité importante dégrade la qualité de l'eau, ils sont dosés suivant la méthode colorimétrique [35]. Dans l'eau les nitrites sont toxiques pour les poissons surtout lorsque le pH de l'eau est inférieur à 7.

II.4.2.11 Nitrates (NO_3^-) :

Les nitrates se trouvant naturellement dans les eaux provenant en grande partie de l'action de l'écoulement des eaux sur le sol constituant le bassin versant. Leurs concentrations naturelles ne dépassent pas 3 mg.l^{-1} dans les eaux superficielles et quelques mg.l^{-1} dans les eaux souterraines. La nature des zones de drainage joue donc un rôle essentiel dans leur présence et l'activité humaine accélère le processus d'enrichissement des eaux en nitrates. L'ammoniaque constitue un des maillons du cycle de l'azote. Dans son état primitif, l'ammoniac est un gaz soluble dans l'eau, mais, suivant les conditions de pH, il se transforme soit en un composé non combiné, soit sous forme ionisée. Les réactions réversibles avec l'eau sont en fonction de la température [28]. Les nitrates constituent la forme azotée la plus dominante dans les cours d'eau et dans les nappes d'eau souterraine. Ils proviennent généralement de la décomposition de la matière organique par oxydation bactérienne des nitrites et constituent ainsi l'ultime produit de la nitrification [35].

II.4.2.12 Matières organiques :

La matière organique (MO) est la matière fabriquée par les êtres vivants (végétaux, animaux, champignons et autres décomposeurs et micro-organismes). La matière organique compose leurs organes (tige, coquille, muscles, etc.). Elle compose la biomasse vivante et morte (nécro-masse) au sein d'un où une partie de cette matière est fossilisée (charbon, pétrole, gaz), minéralisée ou recyclée (en) dans les écosystèmes et agro-écosystèmes. Elle est à l'origine de la couleur thé (acides humiques) des eaux s'écoulant dans les forêts ou tourbières, et de la couleur noire des sols riches en humus ou de certains sédiments très riches en matière organique. Via les complexes argile-humiques, elle joue un rôle important dans la cohérence et la stabilité des sols [36].

II.4.2.13 Phosphore Total (PT) :

Le phosphore total correspondant à la somme du phosphore contenu dans les ortho phosphates, les poly phosphates et le phosphate organique. Le phosphore qui pollue les eaux est en majeure partie sous forme de phosphates. La quantité de PT d'une eau s'exprime en mg.l^{-1} (milligrammes par litre). Typiquement ce composé est déterminé directement par addition d'une substance chimique qui forme un complexe coloré avec le phosphate. On pourrait y rajouter des mesures plus spécifiques concernant la présence de toxiques d'origine minérale (mercure, cadmium, plomb, arsenic...) ou organique (composés aromatiques tels que le phénol...) [37]. La plus grande part du phosphore que l'on retrouve dans les eaux des cours d'eau provient :

- Des rejets d'eaux résiduelles, en premier lieu des déjections humaines, des matières organiques en décomposition, des lessives.
- Des activités agricoles : "pertes" d'engrais phosphatés utilisés en agriculture (provenant des mines de phosphates du Maroc) et ruissellements d'effluents agricoles (lisier, purin, déjections).

II.4.2.14 Métaux lourds (poids atomique > à celui du fer):

Les métaux lourds sont généralement définis comme des métaux lourds. On appelle métaux lourds tout élément métallique naturel dont la masse volumique dépasse 5g.cm^{-3} . Les éléments métalliques et leurs dérivés organiques (metalloïdes) sont pour certains très dangereux parce que potentiellement toxiques, non- biodégradables et bio-accumulables dans les chaînes alimentaires. Ils sont principalement d'origine industrielle mais pas seulement. Ils englobent l'ensemble des métaux et métalloïdes présentant un caractère toxique pour l'homme sont : le plomb, le mercure, l'arsenic et le cadmium. D'autres comme le cuivre, le zinc, le chrome, pourtant nécessaires à l'organisme en petites quantités, peuvent devenir toxiques à doses plus importantes. Les métaux lourds se trouvent dans les eaux usées urbaines à l'état de trace [38].

II.4.3 Paramètres bactériologiques [39] :

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

- Les coliformes fécaux.
- Les streptocopes.
- Les clostridium sulfito.
- Réducteurs.

II.5 Méthode de traitement d'adsorption :

L'adsorption est un procédé utilisé pour éliminer les substances humiques responsables de la couleur, les goûts, les odeurs, les phénols et les crésols [31]. Aussi c'est un phénomène de surface consistant en la fixation de certains ions ou molécules du corps adsorbé sur les molécules du corps adsorbant. Fonctionnels susceptibles de réagir de façon plus ou moins réversible avec les molécules ou les ions des corps adsorbés. L'adsorbant le plus utilisé est le charbon actif, d'origine végétale ou minérale, que nous retrouverons lors de l'étude de traitement des eaux destinées à la consommation humaine [40].

II.6 Propriétés physiques et chimiques de certains types des eaux usées :

II.6.1 Propriétés physiques et chimiques des eaux usées domestiques : elles proviennent des différents usages domestiques de l'eau. Elles sont constituées essentiellement d'excréments humains, des eaux ménagères de vaisselle chargées de détergents, de graisses donc elles sont chargées de matières organiques azotées, phosphatées et de germes fécaux appelées eaux noires. Du fait de la multiplicité des cas de différents types d'eaux il est difficile de donner une composition type des eaux usées [3]. Dans le tableau (II.4) est recensé la plupart des paramètres que l'on peut trouver dans les eaux usées domestiques.

Tableau II.4: Concentration moyenne des eaux usées domestiques [41].

Température	°C	4-26	--
pH	--	7-8,5	--
Extrait sec	mg.l ⁻¹	1000-1300	10%
MES totales	mg.l ⁻¹	100-400	50-60%
DCO	mg.l ⁻¹	300-1000	30%
DBO ₅	mg.l ⁻¹	150-500	25-30%
COT	mg.l ⁻¹	100-300	30%
Alcalinité	mg.l ⁻¹ (de Ca CO ₃)	2-15	--
NTK	mg.l ⁻¹	30-100	<10%
Azote ammoniacal	mg.l ⁻¹	20-80	0%
Nitrites et Nitrates	mg.l ⁻¹ (NO ₂ ⁻ ,NO ₃ ⁻)	<1	0%
Phosphates	mg.l ⁻¹ (de PO ₄ ³⁻)	10-25	10%
Sulfates	mg.l ⁻¹ (de SO ₄ ²⁻)	63-79	--

II.6.2 Propriétés physiques et chimiques de l'eau souterraine : l'eau souterraine est l'eau qui existe dans les pores, les fissures des roches et dans les sédiments sous la terre et aussi sont toutes les eaux se trouvant sous la surface du sol , et qui transite plus ou moins rapidement [42].La nature géologique du sol détermine la composition chimique des eaux souterraines, les principales caractéristiques des eaux souterraines sont : une turbidité faible, une température et une composition chimique constantes, et absence presque totale d'oxygène (Tableau II.5). Les eaux souterraines de circulation peuvent avoir de grandes variations de composition avec l'apparition de polluants et de divers contaminants. En outre, les eaux souterraines sont souvent très pures,

Tableau II.5 : Caractéristiques de l'eau souterraine [43].

Caractéristique	Eau souterraine
Température	Relativement constant
Turbidité, MES	Faible ou nul (sauf en terrain karstique)
Couleur	Liée surtout aux matières en solution (acide humique) ou due à une précipitation (Fe-Me).
Gouts et odeurs	Rares (sauf H ₂ S).
Minéralisation globale	Sensiblement constante, général, nettement plus élevée que dans les eaux de surface de la même région.
Fe et Mn divalents (à l'état dissous)	Généralement présent
CO ₂ agressif	Souvent présent en grande quantité
O ₂ dissous	Absent la plupart du temps
NH ₄ ⁺	Présent fréquemment sans être un indice systématique de pollution bactérienne.
Nitrates	Teneur parfois élevée
Silice	Teneur souvent élevée
Micropolluants minéraux et organiques	Généralement absents, mais une pollution accidentelle subsiste beaucoup plus longtemps.
Solvants Chlorés	Peuvent être présents (pollution de la nappe).

II.6.3 Propriétés physiques et chimiques des eaux usées urbaines : contiennent des matières solides, des substances dissoutes et des microorganismes. Ces derniers sont la cause des principales restrictions imposées à la réutilisation des eaux usées. La réglementation distingue des niveaux de qualité pour les eaux usées épurées, déterminés par les taux de concentration de ces microorganismes. Il est donc nécessaire de rappeler des notions élémentaires à leur sujet [12]. Le tableau (II.6) montre les caractéristiques des eaux usées urbaines.

Tableau II.6: Caractéristiques des eaux usées urbaines [7].

Paramètres	Valeurs
pH	7,5-8,5
Résidu sec	1000-2000
MES totales	150-500
DBO ₅	100-400
DCO	300-1000
COT	100-300
N- NH ₄ ⁺	20-80
N-NO ₂ ⁻	<1
N-NO ₃ ⁻	>1
P	10-25
Détergents	6-13

II.6.4 Propriétés physiques et chimiques de l'eau potable : L'eau potable est une eau que l'on peut boire ou utiliser à des fins domestiques et industrielles sans risque pour la santé, qui peut être définie en ce qui concerne l'OMS comme une eau ne contenant pas de quantité dangereuse, ni de substances chimiques [44]. Une eau est déclarée « potable » si et seulement si elle répond à des normes précises imposées. Les normes physico-chimiques à respecter sont illustrées dans le tableau (II.7).

Tableau II.7 : Caractéristiques de l'eau potable [45].

Paramètres	Valeurs
La teneur en sulfate	Doit être inférieur à 250 mg.l ⁻¹
La teneur en chlorures	Doit être inférieur à 200 mg.l ⁻¹
La teneur en potassium	Doit être inférieur à 12 mg.l ⁻¹
pH	Doit être compris entre 6,5 et 9
TH	Doit être supérieur à 15 degrés français
La teneur en nitrates	ne doit pas dépasser 50 mg.l ⁻¹
La teneur en fluor	doit être inférieur à 1.5 mg.l ⁻¹
La teneur en magnésium	doit être inférieur à 50 mg.l ⁻¹
La teneur en sodium	doit être inférieur à 150 mg.l ⁻¹
La teneur d'aluminium	doit être inférieur à 0.2 mg.l ⁻¹
La teneur de matières organiques	doit être inférieur à 2 mg.l ⁻¹

Références :

- [1] R. Degardaints, « Le traitement des eaux », Editions de l'école polytechnique de Montréal, 2ème édition, 1990.
- [2] A.Kettab, « traitement des eaux (les eaux potables) », Office des publications universitaires, Alger,1992.
- [3] G. Boari, I. Mancini, E. Trulli, « Technologies pour le traitement de l'eau et des eaux usées », Université de Basilicate, Département de génie de l'environnement et de physique Potenza, Italie,1997.
- [4] J. Repšyte, R.Simutis, « Process simulator for waste water treatment plant», Information technology and control, Kaunas, Technologija, Vol 32, 3, 2004,P14-20.
- [5] D. Xanthoulis, « Systèmes d'épuration de petites tailles », Faculté universitaire des sciences agronomiques de gembloux, Asbl epuvaleaua, Gembloux, Belgique ,2004.
- [6] O.Alexandre, C.Boutin, P.Duchène, C. Lagrange, A. Lakel, A.Liénard, and D. Orditz,«Filières d'épuration adaptées aux petites collectivités », Technique et documentation Lavoisier (FNDAE N22), Paris, France,1998.
- [7] M.Boumaaza , «Traitement et épuration des eaux » , Université 8 Mai 1945 Guelma ,2020.
- [8] Boursalil, « Etude expérimentale de la coagulation-floculation par le sulfate ferrique et le chlorure ferrique des matières en suspension », Mémoire d'ingénieur d'états en géologie, Université Abou Baker Belkaid Tlemcen, Juin 2011.
- [9] MS. Ouali, « Cours de procédés unitaire biologique et traitement des eaux », Office des publications universitaires ,2011.
- [10] M.Deshayes , «Guide pour l'établissement des plans d'assurance de la qualité dans le cadre de la réalisation des stations d'épuration de type boues activées en lots séparés », Mémoire de projet de fin d'étude, Université de Strasbourg,2008,P79.
- [11] A.Iwema, D . Raby, J.Lesavre, C. Boutin, « Epuration des eaux usées domestiques par filtres plantes de macrophytes recommandations techniques pour la conception et la réalisation », Groupe macrophytes et traitement des eaux, Agence de l'eau, France. 2005.
- [12] R.Bürger, W. Wendland, «Sedimentation and suspension flows historical perspective and some recent developments », Journal of engineering mathematics, Vol 41,2001, P101-116.
- [13] Degremont ,« Mémento technique de l'eau», 8ème édition, Tome 2, 1978,P 596, 606,613.
- [14] A.Norström,« Traitement des eaux usées domestiques par des procédés microbiologiques et hydroponiques en suède », Université center Stockholm suède ,2005.
- [15] F. Monette, F. Brière, G. Létourneau, M. Duchesne, R.Hausler, « Traitement des eaux usées par coagulation floculation avec recirculation des boues chimiques performance générale et stabilité du procédé », Journal of civil engineering, 27(4),2000, P702-718.

- [16] HRH. De Léon, « Supervision et diagnostic des procédés de production l'eau potable », Mémoire pour l'obtention de diplôme de docteur de l'institut national des sciences appliquées de Toulouse ,2006.
- [17] M.Hadj Sadok , «Modélisation et estimation dans les bioréacteurs prise en compte des incertitudes application au traitement de l'eau » , Thèse de doctorat, Université de France,1999.
- [18] J. Berland,M . Boutin, C. Molle, P. and P. Cooper, « Procédés extensifs d'épuration des eaux usées », Office des publications des communautés européennes, Luxembourg,2001.
- [19] C. Menoret, « Traitement d'effluents concentrés par cultures fixées sur gravier ou pouzzolane », Thèse de doctorat, Université Montpellier II, France ,2001.
- [20] J. Bolmstedt, «Dynamic modelling of an activated sludge process at a pulp and paper mill», doctoral thesis, Lund University, Sweden,2000.
- [21] MS. Ouali, « Cours de procédés unitaires biologiques et traitement des eaux », Office des publications universitaires, Algérie, 2001.
- [22] J. Pronost, R.Pronost, L.Deplat, J. Malrieu, J. Berland, «Stations d'épuration dispositions constructives pour améliorer leur fonctionnement et faciliter leur exploitation » , Ministère de l'agriculture, de l'alimentation, de la Pêche, et des affaires rurales (FNDAE n°22 bis), document technique, France ,2002.
- [23] H.El Haité, « Traitement des eaux usées par les réservoirs opérationnels et réutilisation pour l'irrigation», thèse de doctorat, Ecole nationale supérieure des mines de saint-etienne,2010.
- [24] A. Dahou, « Lagunage aéré en zone aride performance épuratoire cas de région d'Ouargla » , Mémoire de master en génie des procédés, Option génie de l'environnement, Université d'Ouargla, 2013.
- [25] M.Mokhtari , «Module de pharmacotechnie » , Master I MCHPH 08 ,Chapitre I.
- [26] A.Gaid , « Epuration biologique des eaux usées urbaines» , Place centrale de ben Aknoun Alger ,1984.
- [27] R. Manns, « guide de mesure de conductivité » , 2007, P7 à12 et 31 à 34.
- [28] B. Hasnia, « Chimie des eaux » ,2018.
- [29] J.Villers, M.Squilbin , C.Yourassowsky , « Qualité physico-chimique et chimique des eaux de surface cadre général» , 2005 , P158-162.
- [30] M. Derradji, « Contribution à l'étude de la tolérance des plantes épuratrices dans l'épuration des eaux usées stratégie et application » , thèse de Doctorat, Option toxicologie, Université d'annaba,2014, P 92.
- [31] F.Mekhalif , « Réutilisation des eaux résiduaires industrielle épurées comme eau d'appoint dans un circuit de refroidissement » , Mémoire de magister, Université de Skikda ,2009.
- [32] MR.Toubal ,«Cours qualité et traitement des eaux » , Master 1 environnement ,P4.

- [33] F.Sari, «Caractérisation physico-chimique des eaux usées et épurées de la station d'Ain t'émouchent», Le diplôme de master professionnel ,Université de tlemcen,2017,P 67.
- [34] M.Giroux, P. Audesse, «Comparaison de deux méthodes de détermination des teneurs en carbone organique en azote total et du rapport carbone/azote de divers amendements organiques et engrais de ferme » , Agrosol ,15(2),2004 ,P107-110.
- [35] A.Rotbardt, « Réutilisation des eaux usées traitées perspectives opérationnelles et recommandations pour l'action», Rapport final, Février ,2011.
- [36] J. Guerif, J.Royère, D.Grison, « Résistance en traction des agrégats terreux influence de la texture, de la matière organique et de la teneur en eau, agronomie», 1988, P379-386.
- [37] SE.Saifi,A.Mosbahi, « Application de biomatériaux dans le traitement physicochimique des eaux usées»,Mémoire de master ,Université de Saida,2018,P126.
- [38] E.Dietrich, « Synthèse et études physico-chimiques de verres bioactifs dense et poreux applications en tant que biomatériaux en sites osseux», Thèse de doctorat ,2008.
- [39] SY.Silman , SP.Tall, «Etude de réhabilitation de la station d'épuration de salyportudal», Projet de fin d'étude, Université cheikh anta Diop de dakar,2003.
- [40] R. Vilaginès, « Eau environnement et santé publique introduction à l'hydrologie », 3 ème édition, Lavoisier, 2010.
- [41] S. Dauphin, « Connaissance et contrôle du fonctionnement des stations d'épuration, intérêt et limites des moyens métrologiques actuels application à la gestion hydraulique d'un décanteur secondaire », Thèse de doctorat, Université luis pasteur de Strasbourg France ,1998.
- [42] J.Bordet,« L'eau dans son environnement rural », Assainissement des agglomérations, Paris, 2007.
- [43] Degrement, « Mémento technique de l'eau », Tome I, Lavoisier, Paris.2005.
- [44] R.Desjardins , « Traitement des eaux »,Edition de l'école polytechnique de Montréal ,2ème édition revue et améliorée,1997.
- [45] P. Hartemann, « Peut-on parler d'une hiérarchie des critères de la qualité de l'eau potable ? », Annales des mines responsabilité et environnement, Eska, 2011, P 55-62.



Chapitre III:

**Traitement des eaux usées par
la fibres Alfa et l'argile**

III. Introduction :

A l'époque, de nombreuses études ont concentrées sur le traitement des eaux usées par la fibres Alfa et par la matière inorganique d'argile de différentes manières et en utilisant plusieurs moyens et outils différents. La raison de ces études vise à épurer les eaux usées et à proposer des méthodes pour réduire les risques pour la santé humaine et l'environnement, Dans ce chapitre nous avons cité de quelques études menées par un groupe de chercheurs.

III.1 Définition d'un biomatériau :

Un biomatériau a été défini, selon la société européenne des biomatériaux, comme « un matériau non vivant, d'origine naturelle ou artificielle, utilisé dans un appareil médical, et conçu pour interagir avec des systèmes biologiques, qu'il participe à la constitution d'un dispositif médical à visée diagnostique ou à celle d'un substitut de tissu ou d'organe ou encore à celle d'un dispositif de suppléance (ou d'assistance) fonctionnelle. » [1].

III.2 Les domaines d'application des biomatériaux [2] :

- Ophthalmologie (Lentilles de contact, Implants).
- Odontologie – stomatologie (Orthodontie, Implants).
- Chirurgie orthopédique (Prothèses articulaires (hanche, coude, genou, poignet), Orthèses, Cartilage).
- Cardiovasculaire.
- Urologie/ néphrologie.
- Endocrinologie-chronothérapie.
- Chirurgie esthétique
- Chirurgie générale.

III.3 Présentation générale de la fibre alfa :**III.3.1 Définition :**

Alfa est une herbe vivace typiquement méditerranéenne, elle pousse en touffes d'environ 1m à 1.2m de haut formant ainsi de vastes nappes. Elle pousse spontanément notamment dans les milieux arides et semi arides, elle délimite le désert, là où l'alfa s'arrête, le désert commence (Figure III.1) [3].



Figure III.1 : Illustration de la plante d'alfa à l'état brut [4].

III.3.2 Nomenclature botanique :

Nom vulgaire : l'alfa, en anglais esparto.

Nom scientifique : *stipa tenacissima* L.

III.3.3 Répartition géographique :

Par ailleurs, c'est l'une des espèces xérophiles qui caractérise le mieux les milieux arides méditerranéens à l'exclusion des secteurs désertiques. Sa terre d'élection est l'Afrique du nord, et tout particulièrement les hauts plateaux de l'Algérie et du Maroc. Mais cette espèce est présente aussi en Espagne, au Portugal, aux Baléares, et elle s'étend vers l'est jusqu'en Egypte en passant par la Tunisie et la Libye. En France, elle serait présente uniquement dans le département du var. Au sud et à l'est, la limite naturelle de l'alfa est déterminée par la sécheresse en bordure du Sahara. En revanche, au nord et à l'ouest, c'est l'humidité croissante du climat qui l'élimine de la flore, elle est beaucoup plus rare dans les étages subhumide et surtout humide [5,6], la répartition territoriale connue à ce jour est estimée à [7] :

- Algérie : 4.000.000 ha.
- Maroc : 3.186.000 ha.
- Tunisie : 600.000 ha.
- Lybie : 350.000 ha.
- Espagne : 300.000 ha.

En Algérie, l'alfa est abondante dans la région oranaise, depuis le littoral jusqu'aux monts des ksour, sur les hauts plateaux de la région de ksar Chellala, Djelfa, autour de Boussaâda, jusqu'aux montagnes d'Ouled Nail et autour de Laghouat. A l'est, elle se répartit surtout dans les régions ouest et sud de Sétif, les Bibans, Bou Taleb et Maadi. Elle couvre également une partie importante des versants de montagnes du massif des Aurès [8].

III.3.4 Structure et composition chimique des fibres d’alfa :

Les fibres d’alfa sont de section circulaire avec une zone creuse centrale. Leur densité est faible (1400 kg.m⁻³), elles sont biodégradables et elles proviennent d'une source renouvelable. La structure de la fibre d’alfa est hétérogène constituée principalement de cellulose, de lignine d’hémicellulose et de cire représentée dans tableau (III.1).

Tableau III.1 : Composition chimique de fibre d’alfa [9,10].

Cellulose (%)	La lignine (%)	L’hémicellulose(%)	Cire (%)	Cendre (%)
41,9-47,6	24,2-38,5	11,8-24,3	2-5	1,8-5,1

Le figure (III.2) représente la composition complète de plante d'alfa et il est les tiges peuvent atteindre une hauteur d’un mètre, et les racines une profondeur de plus d’un mètre. Entre les deux se trouve le rhizome [11].

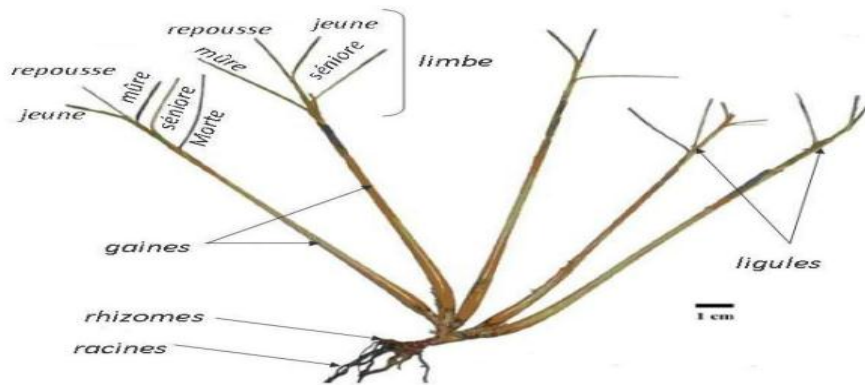


Figure III.2 : Morphologie de la plante alfa [4].

III.3.5 Domaines d’applications :

Les applications de l’alfa sont multiples et diversifiées, et peuvent être classées en deux catégories selon la nature de la matière :

III.3.5.1 Les tiges de l’alfa

- Applications artisanales :

Alfa fournit des matières premières pour les objets d’artisanat tels que les paniers, nattes, paravents, cordes, sac et couffins, tamis à couscous, casier est bouteilles...ets. Ces tiges une fois filées ou tressées, s'emploient pour la fabrication de cordages et d'objets de sparterie (tels que : des tapis, des paniers, des paillassons, des plateaux, des ficelles ...) comme illustré dans la figure (III.3) [12].



Figure III.3 : Dégénérescence artisanale d'alfa [12].

-**Pâturage** : les nappes alfatières constituent un espace pastoral de réserve tant pour le bétail (bovins, moutons, chameaux...) que pour la faune sauvage (gazelle...), du fait qu'elle est relativement délaissée par les animaux en présence d'autres ressources pastorales plus appétentes, vu sa faible valeur alimentaire, elle constitue un énorme stock qui permet la survie des animaux pendant les années de disette.

-**Combustible** : le pouvoir calorifique supérieur de l'alfa varie de 4666 Kcal.kg⁻¹ pour les brins de 1 an et de 5160 et 5163 Kcal.kg⁻¹ pour les brins âgés de 2 ans et de 3 ans respectivement, ce qui lui confère un usage énergétique important sous forme de briquettes combustibles en remplacement ou d'appoint au bois de feu [13].

III.3.5.2 Les fibres d'alfa :

-**La pâte à papier** : à la fin du 19^{ème} siècle le papier d'alfa est apparu, c'est un papier de bonne qualité qui met bien en évidence la valorisation de cette plante et lui donne une grande importance économique, la pâte à papier représente la branche qui consomme le plus d'alfa (la société nationale de cellulose et de papier alfa) (Figure III.4) [14]. Cette pâte est essentiellement utilisée dans la fabrication du papier noble usage, du papier cigarette, du papier filtre et du papier condensateur (diélectrique).

-**Non tissés** : des travaux ont été effectués afin de remplacer des fibres de verre et de carbone, qui a un coût élevé influençant le prix de revient du produit fini, les non tissés sont utilisés comme couche de renfort pour des emboitures dans le domaine orthopédique par exemple [15].

-**Composites** : analogiquement des études ont été réalisées pour développer des composites à base de fibres d'alfa dans une matrice de polypropylène, de polyester, ce recours aux fibres naturelles se produit de plus en plus de nos jours à fin de réaliser des composites biodégradables avec des bonnes performances mécaniques et acoustiques et avec moins d'impact sur l'environnement, mais ce type d'application connaît quelques difficultés pour la mise en œuvre telles que des problèmes de cohésion avec la matrice utilisée [16].



Figure III.4 : Illustration de la pâte d'alfa par SNCPA [12].

III.3.6 Avantages et inconvénients [17] :

Les principaux avantages et inconvénients des fibres de l'alfa sont :

&-Faible densité.

&-Faible cout ou cout modérée.

&-Fibres renouvelables par culture.

&-Faible consommation d'énergie pour leur production.

&-Fibres biodégradables.

&-Découpage et usinage faciles.

Grace à un compromis idéal rigidité /résistance/légèreté, les composites renforcés par des fibres d'alfa concurrencent efficacement les matériaux traditionnels incorporant des charges ou fibres minérales. Par contre, à ces avantages sont associés les inconvénients :

&-Fibre hydrophile.

&-Stabilité thermique limitée.

&-Gonflement de fibres.

&-Propriétés non constantes des fibres, elles dépendant des conditions climatiques.

III.4 Présentation générale de l'argile :

III.4.1 Définition :

L'argile est une matière première utilisée depuis longtemps dans les différentes activités de la vie humaine. Le mot argile provient du mot grec « agros » ou de latin « argilo » qui veut dire blanc. Les argiles sont des roches constituées d'une variété de minéraux très fins, plus ou moins bien définis, et la forme généralement aplatie. Ils sont constitués par des minéraux spécifiques dits : argileux, mais on trouve aussi des espèces dont les plus fréquentes sont la silice, des silicates non phylliteux, des oxydes, des hydroxydes cristallisés ou amorphe et des carbonates (Figure III.5) [18].



Figure III.5 : Argile de la région Sétif (Algérie).

III.4.2 Les principaux types des argiles :

III.4.2.1 La kaolinite :

À une couche d'octaèdres et une couche de tétraèdres, l'épaisseur du feuillet élémentaire est de 0.7nm. Ces feuillets élémentaires adhérents assez fortement entre eux par leurs faces basales, des liaisons hydrogènes existantes entre les hydroxyles de la base d'un feuillet et les oxygènes du haut du feuillet en dessous [19].

III.4.2.2 Les illites :

Cette argile est pauvre en magnésie, mais fortement calcique. Elle est d'une qualité inférieure à la montmorillonite, mais très efficace du fait de son pouvoir d'absorption. Elle est donc utilisée pour absorber les impuretés diverses en cataplasmes épais [20].

III.4.2.3 Les smectites :

Ancienne famille des montmorillonites forment une famille nombreuse, bâtie sur le même modèle que les illites, mais l'empilement des feuillets élémentaires est désordonné, chaque feuillet est tourné dans son plan par rapport au précédent. Ce désordre et la faible charge des feuillets facilitent leur écartement. Peuvent se loger dans cet espace inter foliaire des cations divers [21].

III.4.2.4 Les chlorites :

Les chlorites sont connus dans les schistes cristallins, les roches hydrothermales et les altérations de nombreux silicates [20]. Il existe une grande variété, en raison des multiples substitutions homéotypiques possibles dans la structure [22].

III.4.2.5 La vermiculite :

Fréquente dans les sols de la zone tempérée. La couche octaédrique contient du Fe et du Mg. La vermiculite est proche des illites et chlorite, mais montre des propriétés gonflantes [21].

III.4.3 Classification selon la couleur :

Les argiles ne sont pas identifiées par leur couleur. Une couleur peut être attribuée à plusieurs types d'argiles, la couleur verte par exemple est retrouvée chez la montmorillonite, l'illite ou encore le chlorite, La variation de couleur constatée est fonction de la concentration en oxyde de fer.

III.4.3.1 Argile verte :

Les argiles vertes présentent une faible teneur en fer, ce sont généralement les montmorillonites, les illites et les smectites (Figure III.6).



Figure III.6 : Argile verte [23].

III.4.3.2 Argile blanche :

Ces argiles ne contiennent aucune substance colorée. Leur formation n'a donc pas été perturbée, elle a été uniforme [24].

III.4.3.3 Argile rouge :

Généralement des illites, ces argiles sont riches en oxyde de fer. Très reminéralisantes, elles sont idéales en usage externe pour les peaux irritées, fatiguées ou ternes qu'elles adoucissent et purifient (Figure III.7) [24].



Figure III.7 : Argile rouge [23].

III.4.3.4 Argile jaune :

Ces illites riches en oxyde de fer et magnésie vont apaiser de nombreuses douleurs (articulaires, musculaires) et tonifier la peau. Appliquées en masques, la peau et les cheveux normaux l'apprécient tout particulièrement [24].

III.4.4 Propriétés et intérêt des argiles :

-Traditionnellement utilisées comme matière première par les potiers, les argiles ont de nombreux débouchés dans l'industrie grâce à leurs caractéristiques chimiques (adsorption et absorption des molécules, composition) et physiques (taille des particules) [21]. Enumérons quelques utilisations.

-Dans l'industrie chimique, elles amorcent certaines réactions (craquage des huiles minérales ou polymérisation de certaines molécules organiques). Les smectites (ensemble des argiles gonflantes), quant à elles, ont des capacités d'adsorption très poussées et sont de ce fait employées pour filtrer les vins, bières, clarifier les eaux souillées, dégraisser les laines par piégeage des impuretés [25].

-Utilisées comme source de silice et d'alumine les argiles forment les minéraux de base de l'industrie des matériaux de construction, des réfractaires, des isolants. D'autres argiles, notamment les smectites sodiques et les attapulgites servent à épaissir un grand nombre de liquides : eau douce, eau salée, solvants aliphatiques, huiles végétales, glycols.

-Dans les industries pharmaceutiques et médicales, l'argile trouve aussi un usage. Elle constitue la base des pansements stomacaux et intestinaux. Leurs propriétés absorbantes permettent la fabrication de médicaments à effets retardés.

III.4.5 Le Principe de méthode de traitement des eaux usées par l'argile :**III.4.5.1 Pouvoir d'absorption :**

Cette capacité d'absorption ou d'attraction est très forte, puisqu'elle se manifeste non seulement sur les substances avec lesquelles elle est contact direct, mais également sur celles qui sont à distance [26].

- L'adsorption par l'argile (adsorbant) :

L'adsorption est un procédé de transfère de matière entre une phase liquide (ou gazeuse) chargée en composé organique ou inorganique et une phase solide : l'adsorbant. La capacité d'adsorption de l'adsorbant dépend de la surface développée ou surface spécifique du matériau. Aussi, l'absorption avec les argiles étudiées par de nombreux chercheurs, peut constituer une alternative simple, sélective et économiquement acceptable pour le traitement physicochimique conventionnel. L'utilisation des argiles comme adsorbants, présente un intérêt dans le traitement des eaux de rejets industriels. Ceci est justifié par l'importance de la surface développée par ce matériau, par la présence de charges négatives sur la surface, par la possibilité

d'échange des cations et par une large disponibilité dans la nature [27]. Pour améliorer les possibilités de récupérations et élimination des polluants, peu de recherches ont porté sur l'utilisation de l'argile [28].

III.4.5.2 Pouvoir de fixation :

L'argile a le pouvoir de lier à elle les substances avec lesquelles elle entre en contact. Cette propriété est couramment utilisée pour purifier l'eau. Certains peuples d'Afrique utilisent cette propriété afin de purifier l'eau qu'ils puisent. L'argile mélangée à ce liquide fixe les impuretés. Lorsque le liquide est filtré, l'argile emporte avec elle les impuretés. La méthode expérimentale utilisée est simple et traditionnelle avec filtration, a pour principale application l'analyse d'échantillons sous forme liquide [26].



**Etude comparative sur la fibres Alfa
et l'argile**

III.5 Etude comparative sur la fibres Alfa et l'argile :

III.5.1 Traitement des eaux usées de Touggourt par l'argile de Bildet Omar [23] :

N.kafi [23].est ont l'objet de tout politique de l'eau est l'assurer à chaque usager la quantité journalière d'une eau de qualité suffisante pour ces diverses activités, cela implique une série de mesures à prendre en vue d'éviter l'altération du milieu récepteur, d'où la nécessité d'épurer les eaux usées urbaines [29]. Pour réaliser notre travail, Nous avons utilisé l'argile de (Bildet Omar) de la région Touggourt. L'objectif est utilisé de sa matière pour le clarifier de l'eau usée comme une motion et utilise cette argile comme lits de filtration pour l'épuration des eaux usées urbaines par méthode d'adsorption. D'abord la préparation de mélange (eau et l'argile) : prendre une quantité d'argile verte et broyer après rincer bien à l'eau distillée puis séchage naturel dans le soleil pendant 24 heures. Pose cette quantité d'argile séchée dans un récipient de verre et trois fois la quantité d'eau usée par rapport la quantité d'argile, il constitué un mélange de deux couches l'argile en bas et l'eau en haut. (Les mêmes étapes par apport de l'argile rouge (rassoul)). L'analyse de ci eau durant 21 jours à chaque 7 jours prélevé un échantillon et analyser. Le récipient de verre il composé d'un dispositif de drainage ; un robinet monté à la base de cette récipient. Dans cette étude il est utilisé l'eau usée à la station, cette eau variable. Pour réaliser ce travail nous avons utilisé l'eau brute de la STEP avant le traitement par l'argile, alors cette chercheuse N.Kaffi [23] à utiliser les tests de mesure les paramètres de DCO, DBO₅, T°, pH, CE, MES...etc., l'analyse physico-chimique de cette eau est illustré dans le tableau(III.2).

Tableau III.2 : Analyses d'eau prélevée avant traitement en argile [23].

Paramètres	Eau brute
pH	7.25
CE (ms.cm ⁻¹)	5.87
O ₂ dissous (mg.l ⁻¹)	0.62
T°	28.8
MES (mg.l ⁻¹)	515
DCO (mg.l ⁻¹)	408
DBO ₅ (mg.l ⁻¹)	335
PO ₄ ⁻³ (mg.l ⁻¹)	29.3

III.5.1.1 Résultats et discussions : alors que d'après les résultats et discussions obtenus par N.Kafi [23] de traitement l'eau usées par l'argile durant 21 jours à chaque 7 jours, prélevé une quantité d'eau et analyser .On utilise deux types d'argile verte et rouge (Tableaux (III.3) et (III.4) et(III.5)).

Tableau III.3 : Analyses de l'eau à traiter par l'argile après 7jours [23].

Paramètres	Argile verte	Argile rouge
pH	7.55	7.27
CE	19.18	24.2
O ₂ dissous (mg.l ⁻¹)	2.33	0.35
Température C°	24.9	26.3
MES(mg.l ⁻¹)	91	84
DCO	106	77
DBO ₅	129	92
PO ₄ ³⁻	1.519	4.025

Tableau III.4 : Analyses de l'eau à traiter par l'argile après 14jours [23].

Paramètres	Argile verte	Argile rouge
pH	7.44	7.22
CE (ms.cm ⁻¹)	20.5	26.8
O ₂ dissous	3.03	1.09
Température C°	27.1	27.7
MES (mg.l ⁻¹)	438.6	284.5
DCO (mg.l ⁻¹)	99	70
DBO ₅ (mg.l ⁻¹)	125	85
PO ₄ ³⁻ (mg.l ⁻¹)	0.304	0.805

Tableau III.5 : Analyses de l'eau à traité par l'argile après 21 jours [23].

Paramètres	Argile verte	Argile rouge
pH	7.65	7.73
CE	20 .09	23.1
O ₂ dissous	5.34	7.48
Température C°	21.2	21.9
MES	/	/
DCO	92	63.04
DBO ₅	115	78.7
PO ₄ ³⁻	0.217	0.575

-Dans la première semaine :

Nous remarquons une diminution de la charge polluant constitué principalement de matière en suspension et augmentation de l'oxygène dissous dans l'eau qui traité par l'argile vert comparativement de l'eau à traité de l'argile rouge, et traduite en terme de DCO, DBO₅.

-Dans la deuxième semaine :

Nous observons qu'une augmentation dans la matière en suspension ; ci augmentation par le changement de la méthode de mesure de MES (on utilise le capsule), la diminution de la charge polluant en terme DCO et DBO₅ et qui se traduite par une augmentation de la quantité d'oxygène dissous suite à l'opération de barbotage, ainsi que le PO₄³⁻ est diminué successivement.

-Dans la troisième semaine :

On constate réduite de terme DCO et DBO₅ et PO₄³⁻ peut s'interpréter par l'efficacité de l'opération de traitement pour les deux types d'argile, et une augmentation de la quantité d'oxygène dissous.

-Les autres paramètres :

Pour la valeur de pH est valeur normale pour les eaux résiduaires, la température est la température ambiante. La conductivité élevée qui est lessivage du l'argile et la diminution dans la dernière semaine presque quasi-total des sels dans l'argile. Globalement les résultats de DBO₅ et DCO et PO₄³⁻ sont acceptable sont les traduisent une bonne dégradation, comparativement que l'eau brute, en plus du fait que notre effluent est considéré comme purement urbaine. L'analyse des échantillons est effectuée le jour même du prélèvement, cette analyse est réalisée au niveau du laboratoire de la station Touggourt, ci analyse représenter est la moyenne de mois mai par l'eau traiter (Tableau III.6).

Tableau III.6 : La moyenne d'analyses de l'eau traitée dans la STEP [23].

Paramètres	Eau traité
pH	6.67
CE	6.97
O ₂ dissous	2.75
T°	26.8
MES	30
DCO	37
DBO ₅	28
PO ₄ ³⁻	3.5

III.5.1.2 La comparaison des résultats de N.Kaffi [23] :

La comparaison de résultat N.Kaffi [23] avec les résultats obtenus à la STEP (eau traité) est acceptable. Cette méthode de traitement est méthode simple et efficace, peu coûteuse, et n'ajoute pas les produits chimiques par rapport le technique qui utilise dans la STEP (Touggourt), mais il y a prendre un long temps. Le dispositif expérimental que nous avons ainsi proposé, est constitué par de récipient de verre contenant un lit fixe (argile), a donné des résultats satisfaisants. Ces derniers ont montré une efficacité d'élimination de la matière organique, obtenus pour la DCO et la DBO₅ respectivement. Comparativement à la technique qui utilisé dans la STEP. Le résultat montre que l'argile verte par rapport l'argile rouge donne un bon résultat concerné l'élimination de PO₄³⁻ cela nos courages d'utilisé ces eaux à l'agriculture.

III.5.2 Post traitement des eaux usées des effluents des oléicoles (OME) par l'argile activée [30] :

K. Al-Malah et al [30]. Les eaux usées des effluents des oléiculteurs (OME) représentent un défi pour les scientifiques et les ingénieurs en environnement. C'est caractérisé par des valeurs élevées de DCO, DBO et teneur en phénol. Une série d'étapes de traitement composées de décantation, la centrifugation et la filtration ont été utilisées consécutivement pour conditionner les eaux usées OME. Le filtrat a ensuite été soumis à un procédé de post-traitement, à savoir l'adsorption sur de l'argile activée. La réponse dynamique de la concentration de phénols, du pH, et DCO, en utilisant différentes concentrations d'argile activée, a montré un pic auquel la capacité d'adsorption maximale a été atteinte. La capacité d'adsorption maximale pour les concentrations testées d'argile activée a été atteinte en moins plus de 4 h. On pense que l'adsorption des phénols et des matières organiques est réversible et principalement due à l'hydrophobie les interactions. L'élimination maximale des phénols était d'environ 81%, alors

qu'elle atteignait environ 71% pour la matière organique. Dans la procédure les eaux usées OME ont été collectées lors de la récolte du pétrole saison (octobre à janvier) à partir d'un nombre de moulins à huile locaux. Des échantillons ont été collectés dans des contenants en plastique fermés. Après sédimentation, échantillons d'eaux usées OME ont été centrifugés en utilisant une macrofugeuse fabriquée à une vitesse de 6000 tr.min^{-1} pour 15 minutes. Le surnageant de la centrifugation processus a été filtré en utilisant Whatman⁴ (11,0 cm diamètre) papier filtre sur une installation sous vide sous 500 mm Hg. Enfin, les échantillons filtrés (qui seront désormais désignés comme « échantillons traités ») ont été collectés pour un traitement ultérieur par adsorption. L'appareil utilisé pour étudier la processus d'adsorption est essentiellement composé d'un ensemble de 16 étroitement tubes fermés. Un ensemble de trois boules de verre, de 1 cm de diamètre, était introduit dans chacun des tubes pour améliorer mélange. Ces tubes étaient fixés dans un ensemble basculant. Un moteur à courant alternatif à basse vitesse a été utilisé pour basculer l'ensemble à des fins d'agitation. Le système d'assemblage à bascule a été immergé dans un bain-marie à température constante contrôlée par un thermostat fabriqué par Clifton Compagnie. Poudre d'argile jordanienne activée a été utilisé comme adsorbant dont la taille a été déterminée par la méthode du densimètre [31]. Les échantillons traités ont été caractérisés pour le pH initial, le phénol et valeurs COD. 50 ml d'échantillons traités ont été mélangés avec de la poudre d'argile activée à une concentration spécifiée. Les échantillons ont été chargés dans des tubes, qui ont ensuite été scellés. Les tubes ont ensuite été fixés dans un cadre métallique accroché à la bascule assemblée. L'ensemble à bascule a été immergé dans un bain-marie maintenu à 35 ° C. Les échantillons étaient analysés après 0,5, 1, 1,5, 2, 3 et 4 h. Le pH, Les valeurs de DCO et de phénol ont été enregistrées. L'activation de l'argile jordanienne se fait par une série d'étapes de traitement [32] a été utilisée pour l'activation de l'argile bentonite jordanienne. Les échantillons d'argile sont constitués de couches mixtes d'illite-smectite des minéraux argileux. Formes de montmorillonite, accompagnée par une quantité considérable de matériaux non argileux, y compris le quartz, le feldspath et le carbonate. Les échantillons d'argile ont été enrichis à 70% de smectite en utilisant hydro-cyclones. Des échantillons d'argile ont été placés dans un solution contenant soit de l'hexa-décyl-triméthyl-bromure d'ammonium : chlorure ou chlorure de tétra méthylammonium, immergé dans un bain-marie pendant 24 h, puis filtré et lavé deux fois avec de l'eau distillée, séchée à 70 ° C et fraisé à 150 µm. Les échantillons ont ensuite été calcinés dans un four à 450 ° C pendant 2 h, broyé par attrition moulin, et finalement tamisé à 85 µm. Il convient de mentionner que le susdit protocole de traitements rend la surface de l'argile hydrophobe [32] en remplaçant l'élément échangeable cations métalliques (Na, K et Ca) avec les cations hydrophobes à longue chaîne. K. Al-Malah et al [30] a utilisés les tests de mesure les paramètres

de pH, La conductivité, L'alcalinité, MES, TDS, DCO, DBO₅, Chlorures, Phénols, Acides volatils.

III.5.2.1 Résultats et discussions :

D'après les résultats obtenus par K. Al-Malah et al [30] les remarques suivant :

- **Traitement des eaux usées OME** : des échantillons prélevés dans plusieurs moulins à huile ont été analysés pour leurs différentes caractéristiques. Tableau (III.7) présente les principales propriétés des eaux usées OME qui a été laissé pendant une période de quatre mois dans un contenant scellé, afin de laisser suffisamment de temps pour s'installer. L'effluent a été analysé et considéré comme échantillon de référence. Comme le montre le tableau (III.7), les échantillons étaient caractérisés par un pH acide bas valeur de 4,52. En raison de cette faible valeur de pH, le traitement des eaux usées OME est limité par besoin de micro-organismes capables de se développer à des pH. Puisque, en général, les bactéries montrent une maximum croissance à un pH compris entre 6,5 et 7,5 [33], approprié des lignes cellulaires devraient être disponible à cet effet. Si le pH des eaux usées OME n'est pas modifié avant le rejet, l'effluent d'eaux usées peut modifier le pH de l'eau naturelle [34]. Ça devrait être mentionné, cependant, que pour le meilleur de notre connaissance, de nombreux traitements biologiques proposés méthodes, conditionner le pH des eaux usées OME soit par dilution [35-38] et soit par ajout de solutions alcalines telles que l'ammoniac et carbonate de sodium [37,39]. Conditionnement par la dilution diminue également les concentrations de composés phénoliques et DCO à des niveaux où aérobie et anaérobie les digestions deviennent réalisables [36,40]. Par conséquent, si non la dilution est faite, puis les phénoliques et la DCO le contenu des eaux usées OME doit être réduit à niveaux où les méthodes de traitement biochimique deviennent en appliqué. Il convient également de mentionner, le tableau (III.7) montre également une teneur phénolique de 3120 mg.l⁻¹ et un extrait sec total contenu de 63980 mg.l⁻¹. Le pH augmenté à 4,87, ce qui peut être attribué à la réduction de la concentration en phénols, pour les phénols sont acides en solution et leur élimination réduit l'acidité de la solution. La réduction dans les eaux usées, le contenu phénolique peut être attribué à l'apparition de la polymérisation de simples composés aromatiques et aux substances physiques et/ ou adsorption chimique de phénols sur des particules solides dans les boues restantes [41]. Le surnageant du processus de centrifugation a ensuite été filtré et analysé. Augmentation supplémentaire dans la valeur du pH a été observée (pH =5,15), ce qui pourrait être dû à une réduction supplémentaire du phénol dans la solution. L'augmentation de l'alcalinité va également dans le sens de cette explication. En revanche, le tableau (III.7) montre une augmentation de conductivité de 11% lors de la centrifugation (une augmentation de 7570–8470 ms.cm⁻¹) et de 21% après filtration à 10 720 ms.cm⁻¹. Il est connu que plus le soluté est organique (c'est-à-dire non polaire, avec une faible solubilité dans l'eau).

De plus, le tableau (III.7) montre une réduction de 21% en valeur DCO lors de la centrifugation, sans un changement a été observé lors de la filtration. Sur d'autre part, la DBO₅ a diminué de 15% centrifugation et de 16% après filtration. Le la réduction des valeurs DCO et DBO₅ est principalement due à l'adsorption de matières organiques de haut poids moléculaire molécules sur les solides dans la boue ou sur le média filtrant. De plus, la biodégradation d'échantillons pendant les processus de prétraitement pourrait également être un facteur contribuant aux réductions les matières organiques. Les résultats sont présentés pour des échantillons d'eaux usées après 3 mois de décantation, suivi d'une centrifugation, puis d'une filtration.

Tableau III.7 : Caractéristiques des échantillons d'eaux usées OME collectés dans une oliveraie locale [30].

Test	Unités	Après réglage	Après centrifugation	Après filtration
Température	°C	35	35	35
pH	/	4.52	4.87	5.15
Phénols	mg. l ⁻¹	3120	2940	1190
TDS	mg. l ⁻¹	42200	40540	35460
TSS	mg. l ⁻¹	21780	3100	600
Conductivité	ms.cm ⁻¹	7570	8470	10720
Alcalinité	mg. l ⁻¹	4	36	98
DBO ₅	mg. l ⁻¹	13250	11250	9350
DCO	mg. l ⁻¹	3200000	2500000	2400000
Acides volatils	mg. l ⁻¹	2740	2650	2570
Chlorites	mg. l ⁻¹	853	674	359
Densité	g.l ⁻¹	0.994	0.993	0.974

- Post-traitement des eaux usées OME par l'utilisant l'adsorption : le filtrat du processus de filtration a été soumis à un processus de post-traitement, à savoir l'adsorption sur argile activée. L'effet du processus d'adsorption sur la qualité des eaux usées OME a été caractérisé en utilisant principalement le pH, les phénols et mesures de la teneur en matières organiques (DCO) comme indicateurs pour le changement de qualité de l'eau. Cela vaut la peine de mentionner que les expériences d'adsorption étaient toutes réalisées dans des conditions isothermes à 35 ° C en utilisant un bain-marie. Le processus de traitement par centrifugation et filtration a montré une réduction efficace du total teneur en solides. Ils ont également réduit phénolique et contenu organique, et a montré une augmentation du pH et les valeurs d'alcalinité. La réponse dynamique de pH, concentration en phénols, et DCO à différents concentrations d'argile activée ont montré un pic à quelle capacité d'adsorption maximale est atteinte.

III.5.3 Utilisation de fibres alfa pour l'élimination du H_2S dans un milieu aqueux (les eaux polluées) [42].

H.Azaza et al [42] .la recherche actuelle vise à utiliser les plantes comme substituant d'additifs chimiques dans l'élimination des polluants dans l'eau usée, rendant ainsi les polluants industrielle respecter de l'environnement. Dans le présent travail, l'utilisation potentielle de l'alfa dans l'élimination du H_2S en solution aqueuse a été étudiée. La procédure se fait par une cellule thermostatique d'une capacité de 1000 ml a été utilisée pour maintenir la solution à une température constante par une thermostatique circulation de liquide (20 ° C, 40 ° C et 60 ° C). L'agitateur magnétique a été utilisé pour maintenir la solution homogène. Pour conditions de stabilité, une solution mère de 710 mg.l^{-1} a été préparée en dissolvant 0,710 g de $Na_2S \cdot 9H_2O$ dans 1 L d'eau distillée à $pH = 9,5$ (le pH est également considéré comme un paramètre important car la solubilité et la stabilité du H_2S dans la phase liquide sont améliorée dans des conditions alcalines). À $pH = 9,5$, la forme principale du sulfure est HS^- . Les solutions de travail ont été préparées en diluant la solution mère avec de l'eau distillée pour donner la concentration. Au final, nous avons ajouté la fibre l'alfa ($\varnothing \leq 125 \mu\text{m}$) tout en agitant pour éliminer le H_2S . L'effet de l'aération et la température sur la cinétique et l'efficacité d'élimination du H_2S a été étudiée. La méthode analytique utilisé photométrique au bleu de méthylène a été utilisée pour déterminer concentrations d'ions sulfure. L'ajout standard méthode a été appliqué pour améliorer l'exactitude de nos résultats. Ainsi, une courbe d'étalonnage a été obtenue à travers les différents résultats. Cette ligne d'étalonnage identifiera les concentrations d'ions sulfures en solution en lisant simplement l'absorbance de le spectrophotomètre UV-visible (Figure III.8).

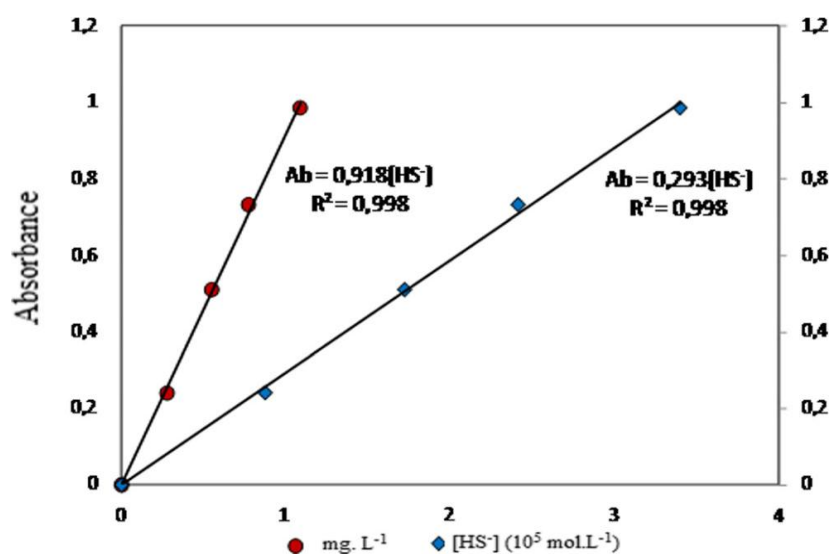


Figure III.8: Courbe d'absorption (les variations d'ions sulfures en fonction d'absorbances) [42].

III.5.3.1 Résultats et discussions :

D'après les résultats obtenue par H.Azaza et al [42] les remarques suivant :

- Effet de l'aération (effet d'oxygène) :

Afin d'étudier l'effet de l'aération continue sur l'élimination du sulfure, expérience par lots a été réalisé avec de l'air bouillonnant à l'aide d'une pompe et d'un bulle diffuseur immergé dans la solution. La solution de sulfure de sodium de la concentration a été choisie égale à 0.00018M. le traitement de la solution de sulfure de sodium a été effectué avec 0,1 g de fibres alfa.

- Effet de la température :

Dans cette partie, la réaction d'élimination des ions sulfures a été effectuée à différentes températures, 25 ° C, 40 ° C, et 60 ° C, dans la plage de temps de 0 à 300 min. La figure (III.9) illustre l'influence de la température sur l'élimination des sulfures. Par conséquent, 0,1 g de fibres de l'alfa et 0.00018 moles de Na_2S sont ajoutées à 1 L d'eau distillée sous aération (pH alcalin) à différentes températures. Le résultat affiché sur la figure (III.9) révèle que la cinétique du la réaction dépend fortement de la variation de température. C'était déterminé que la capacité maximale a été obtenue lorsque la désulfuration a été réalisée à 60 ° C. Ainsi, à $T = 60^\circ \text{C}$, la réaction d'élimination s'est achevée avec une cinétique plus rapide par rapport à $T = 40^\circ \text{C}$ et $T = 20^\circ \text{C}$, par conséquent, du point de vue de la cinétique chimique, la vitesse de réaction de l'oxydation des sulfures pourrait être améliorée avec l'élévation de la température de réaction.

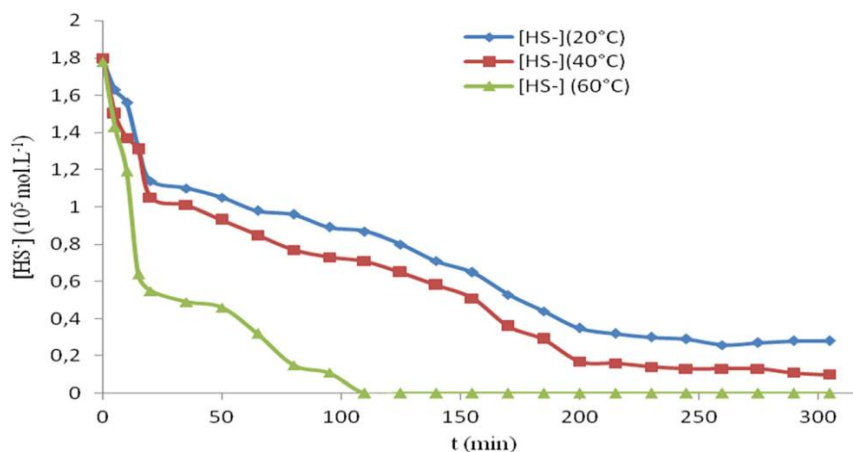


Figure III.9 : Effets de la température sur l'élimination des ions sulfures [42].

- les expériences ont montré que les fibres de l'alfa ont une capacité de rétention des sulfures en milieu alcalin. L'étude indiquait clairement que les processus d'aération amélioraient la réaction d'élimination, et l'augmentation de la température a donné un meilleur taux d'élimination.

III.5.4 Etude de la performance des fibres de l'alfa comme adsorbant des colorants (effluents) de solutions aqueuses [43] :

R.Lafi et al [43]. Dans ce travail, le comportement de sorption de deux colorants basiques, le bleu de toluidine(TB) et le violet de cristal (CV), sur les fibres d'alfa, une biomasse abondante de la région semi-aride était enquêtée. Les propriétés de surface de ce nouvel adsorbant ont été analysées à l'aide de divers techniques, calorimétrie à balayage différentiel, titrage Boehm et détermination du pH_{PZC} . Des expériences par lots ont été menées pour analyser la cinétique de sorption et les isothermes. L'effet des paramètres tel que le pH et la température sur l'élimination du colorant a été étudié. Sous optimum conditions (25°C), $\text{pH}=7$, temps de contact de 150 min et 2 g.l^{-1} dose d'adsorbant), les capacités de sorption monocouche étaient d'environ 40mg.l^{-1} pour TB et $43,47\text{ mg.l}^{-1}$ pour CV. Dans ce processus l'alfa utilisé comme adsorbant dans cette étude a été recueilli à sidi Bouzid, sud à l'ouest de la Tunisie. L'alfa a été laissé sécher pendant trois mois à l'air libre. La fibre brute est coupée en petit copeaux, lavés plusieurs fois avec de l'eau distillée, et puis séché à l'étuve à 80°C . Les matières séchées ont ensuite été broyées et tamisées pour obtenir la particule taille inférieure à $250\ \mu\text{m}$. Le produit résultant était stocké dans un contenant hermétique pour une utilisation ultérieure. Pour caractérisation de la fibre d'alfa. Les méthodes analytiques utilisées pour caractériser l'alfa, calorimétrie différentielle à balayage Spectroscopie infrarouge à transformée de Fourier (FTIR), titrage Boehm, et point de charge zéro (PZC). Le surface, volume total des pores et pores moyens diamètre de l'EGF ont été déterminés à partir du isothermes d'adsorption de l'azote à 77 K à l'aide d'un analyseur de surface. Les analyses DSC ont été effectuées à l'aide d'un analyseur DSC 4000. L'échantillon de $5,6\text{ mg}$ était chauffé de 0 à 450°C à une vitesse de chauffage de $20^\circ\text{C min}^{-1}$. L'analyse FTIR a été réalisée à l'aide d'un modèle de spectrophotomètre à transformée de Fourier. Les spectres de l'EGF avant et après l'adsorption étaient dans une plage de $4000\text{-}400\text{ cm}^{-1}$. La détermination de la fonction de surface groupes était basé sur la méthode de titrage de Boehm. Solutions aqueuses de NaHCO_3 ($0,10\text{ mol.l}^{-1}$), Na_2CO_3 ($0,05\text{ mol.l}^{-1}$), NaOH ($0,10\text{ mol.l}^{-1}$) et HCl ($0,10\text{ mol.l}^{-1}$) ont été préparés. Un volume de 25 ml de ces solutions a été ajoutées à $0,5\text{ g}$ d'EGF, en agitant pendant 48 h à température ambiante, puis filtré. L'excès de base ou d'acide a ensuite été déterminé par retour titrage avec NaOH ($0,10\text{ mol.l}^{-1}$) et solution HCl ($0,10\text{ mol.l}^{-1}$). Le nombre de sites acides a été déterminé en supposant que NaOH neutralise les groupes carboxyliques, lactoniques et phénoliques, que Na_2CO_3 neutralise carboxylique et lactonique groupes, et que NaHCO_3 neutralise uniquement les groupes carboxyliques. Le test a été répété au moins trois fois. Le PZC de l'EGF a été déterminé par des titrages de masse connus [44]. Des études d'adsorption ont été réalisées par lots pour obtenir le taux et les données d'équilibre. L'expériences ont été effectuées en contactant un montant fixe d'alfa ($0,2\text{ g}$) avec 100 ml de

solution de colorant de différentes concentrations (20–100 mg.l⁻¹) dans 250 ml d'erenmeyer flacons sans changement de pH (pH= 7) et de température (25 ± 1 ° C). Ces flacons ont été agités à 220 tr.min⁻¹. La quantité d'adsorption à l'équilibre, q_e (mg.g⁻¹) et le pourcentage d'élimination du colorant (%) pour deux colorants, CV et TB, ont été déterminés à l'aide de thermo spectrophotomètre spectronique UV 1 à 590 et 623 nm longueurs d'onde, respectivement. L'effet de la dose d'alfa sur le processus d'adsorption a été étudié en mettant en contact 100 ml de solution de colorant de concentration initiale de 20 mg.l⁻¹ avec différents quantité d'EGF dans un certain nombre d'erenmeyer de 250 ml flacons à une température de 25 ± 1 °C et à pH =7. Le les flacons ont été agités à 220 tr. min⁻¹ pendant 150 min.

III.5.4.1 Résultats et discussions :

D'après les résultats obtenue par R.Lafi et al [43] les remarques suivant :

-Le PZC et les sites de concentration d'EGF sont présentés dans le tableau (III.8). Le PZC d'un adsorbant est une caractéristique qui détermine le pH auquel de la surface de l'adsorbant a une neutralité électrique nette. La valeur PZC est d'environ 6,3 et par conséquent, les valeurs de pH doivent être maintenu au-dessus de 7 pour assurer une surface chargée négativement prédominante. À des valeurs de pH inférieures, la charge de surface peut être chargée positivement, faisant Les ions H⁺ entrent en compétition efficacement avec le CV cationique et Colorants TB. La surface BET, le volume total des pores et le diamètre moyen des pores de l'EGF s'est avéré être 20,7 m².g⁻¹, 0,11 cm³.g⁻¹ et 20,57 nm, respectivement. Ces résultats indiquent que ce matériau a une très faible surface spécifique et petit volume de pores [45].

Tableau III.8 : PZC et sites de concentration d'alfa [43].

PZC	Carboxylique	Laconique	Phénolique	Acide	Basique	Totale
6.3	0.58	0.03	0.96	1.57	0.4	1.97

- **Effet de pH** : l'un des facteurs les plus importants influençant l'adsorption du colorant sur un adsorbant est le pH de la solution adsorbée. Le pH affecte la disponibilité du colorant molécules pour une éventuelle adsorption sur EGF et aussi influence les activités des groupes fonctionnels sur la surface [46]. Dans le cas de tuberculose, le pourcentage d'élimination est passé de 35,1% (à pH=2,8) à 91,2% (à pH =7,0), alors que dans le cas de CV, le pourcentage d'adsorption augmente de 41,8% (à pH =2,6) à 85,2% (à pH =7,0). Teinture inférieure le pourcentage d'élimination à pH acide peut être dû à la présence d'un excès d'ions H⁺ en compétition avec les colorants cationiques pour les sites d'adsorption. À une solution à pH plus élevé, les fibres de bio polymère, principalement la lignine, et chaînes de cellulose, peuvent être chargées

néativement, ce qui améliore l'adsorption de la charge positive colorants par les forces électrostatiques d'attraction.

- **Effet de la température** : l'effet de la température sur l'adsorption de CV et la TB sur EGF a été réalisée à différentes températures de 25, 35, 45 et 55 °C, l'augmentation de la température de 25 à 55 ° C induit l'augmenter le pourcentage d'élimination des colorants de 85,6 à 94,6% pour CV et de 80,3 à 88,3% pour la tuberculose. Cela peut être en raison de l'augmentation de la mobilité des molécules de colorant en augmentant la température [47]. Ce phénomène indique que le processus d'adsorption est endothermique.

- Les résultats de cette enquête pris dans leur ensemble démontrent la capacité de l'alfa à éliminer les CV(violet cristal) et TB(le bleu de toluidine) à partir de solutions aqueuses (eau polluée) . Donc ces résultats indiqués que l'alfa pourraient être utilisés pour traiter les effluents contenant des colorants, qui peuvent alors être proposés comme matériau adsorbant à faible coût utilisé pour réduire l'impact de ces colorants sur l'environnement.

III.5.5 Résultat générale :

A partir les expériences nous concluons : plusieurs techniques ont été employées pour l'élimination des polluants des eaux usées. L'adsorption est l'une des techniques les plus utilisées pour cette élimination. Les recherches se sont alors orientées vers des procédés de traitement faisant appel à la fibres moins coûteux(Alfa) et d'autre matière inorganique l'argile, ce sont les plus attractifs économiquement dans le traitement des eaux usées, grâce à leurs propriétés intrinsèques, leur abondance et leur faible coût. Donc en peut résumer la différence entre les expériences, beaucoup de résultats ont été obtenus d'eux qui ont conclu que l'alfa est la plus efficaces dans le traitement des eaux polluées et certains d'entre eux sont parvenus à un contraire. Pour que tous soient utilisés la méthode d'adsorption tel que l'alfa et l'argile utiliser pour un but de purifier l'eau usée, qui jouaient les deux le pouvoir d'adsorbant dans l'eau, aussi l'argile est une matière inorganique par contre l'alfa est une matière organique, alors les deux posséder une efficacité important dans le traitement des eaux usées, cela pour réduit l'impact sur la santé humaine et l'environnement. Donc il est possible qu'à l'avenir, il y ait de nombreuses recherches avancées dans ce domaine.

Références:

- [1] J. Park, RS. Lakes, « Biomaterials an introduction springer science and business media », 2007.
- [2] Rapport réalisé sous la coresponsabilité de Laurent seder, Président de l'inter commission n° 1 de l'Inserm, Faculté de médecine Lariboisière, Paris et Christian janot, Professeur à l'université joseph Fourier, Ill ,Grenoble.
- [3] GG. Giménez, « Aportaciones a la química del esparto español », Anales de la universidad de murcia, Vol 13, N° 1, Curso ,1954, P55.
- [4] S.Bouchareb, B. Boucherit, «Tissage de fibres végétales pour caractérisations mécanique des composites bidirectionnels», Thèse de doctorat, Université de M'sila, 2018, P69.
- [5] M.Rhanem, « L'alfa dans la plaine de midelt (haut bassin versant de la Moulouya Maroc) éléments de climatologie », Physiogéo, Vol 3, 2009 ,P1-20.
- [6] H.N.Le Houérou , « Considérations biogéographiques sur les steppes arides du nord de l'Afrique», Sécheresse, Vol 6,n° 2, 1995 , P167-182 .
- [7] J. Rout, M.Misra , SS.Tripathy , SK.Nayak , AK.Mohanty , « The influence of fiber treatment on the performance of coir-polyester composites» , Composites Science and Technology , 61, 2001,P1303–1310.
- [8] SJ.Eichhorn SJ, CA. Baillie , N. Zafeiropoulos , LY.Mwaikambo , MP. Ansell, A. Dufresne, KM. Entwistle, PJ.Herrera Franco ,GC. Escamilla, L.Groom , M.Hughes , C.Hill ,TG. Rials , PM. Wild, Review Current international research into cellulosic fibers and composites, Journal of materials Science, 36, 2001, P2107–2131.
- [9] S.Hattalli, A.Benaboura ,F. Ham-Pichavant ,A. Nourmamode ,A.Castellan , «Adding value to Alfa grass soda lignin as phenolic resins 1 lignin characterization, polymer degradation and stability», 76,2, 2002,P259-264.
- [10]A.Nadji, MC. Brochier Salon, C.Bruzzèse, A.Benaboura, MN.Belgacem , «Chemical composition and pulp properties of Alfa (stipa tenacissima) cellulose chemistry and technology», 40, 2006, P45-52.
- [11] O.Akchiche ,MB.Khadra , «Esparto Grass raw material of papermaking first Part », 4, 2007, P25-30.
- [12] M.Dallel , « Evaluation du potentiel textile des fibres d'alfa caractérisation physico-chimique de la fibre au fil», Thèse doctorat , Université de haute alsace France .2012.P5.
- [13] Le site de la société nationale de cellulose et de papier alfa <http://www.sncpa.com.tn>.
- [14] M.Ben Hassen, « Elaboration de non tissés à base de fibres d'alfa »,disponible sur : non-woven.blogspot.fr.

- [15] SB.Brahim , RB. Cheikh, « Influence of fiber orientation and volume fraction on the tensile properties of unidirectional Alfa polyester composite », Composites science and technology, Volume 67, 2007, P140-147.
- [16] B.Vermeulen, « Réalisation de prothèses orthopédiques en fibres naturelles des matériaux composites de fibres de verre substitués par des composites de fibres d'alfa », Le journal de l'école nationale supérieure des arts et industries textiles, Fil d'Ariane N°:24 ,2008.
- [17] DT, Vi Vi, « Matériaux composites fibres naturelles/polymère biodégradables ou non », Thèse de doctorat, Université de Grenoble et université des sciences de hochement ville, 2011, P189.
- [18] S. Caillere,S.Henin , « Minéralogie des argiles, Masson et Cie», 1963.
- [19] M.Harrat , «Contribution à l'amélioration du procédé de fabrication de la céramique étude sur site unité Maghreb céramique de Touggourt »,Thèse de magister , Université de kasdi merbah Ouargla ,2007, P5,9.
- [20] V.Ihadjadene , « Utilisation de l'argile Dans un service de soins Hospitalier», Formation hippocratus phyto-aromathérapie,2012,P5-6.
- [21] L.Järnström , P.Sternius , « Adsorption of polyacrylate and carboxy methyl Cellulose on kaolinite Salt effects and competitive adsorption», Colloids and surfaces, Vol 50,1990, P47-73.
- [22] S.Souiki , « Les argiles du bassin de Mila Constantine composition minérale, chimique caractéristiques géotechniques et répartition des gisements», Mémoire de magister ,Université de Constantine ,2007.P42.
- [23] N. Kaffi,« Traitement des eaux usées de Touggourt par l'argile de bildet omar»,Mémoire de master , Université de Ouargla,2013,P48.
- [24] F.Hernot, «L'argile, son utilisation a l'officine», thèse de doctorat ,Université de l'urf santé d'angers,2016.P139.
- [25] P.Diard , « Etude de la bio sorption du plomb et du cuivre par des boues de la station d'épuration mise en œuvre d'un procédé de bio-sorption à contre-courant», Thèse de doctorat, Spécialité science et technique du déchet, Institut national des sciences appliquées de Lyon, 1996,P279.
- [26] L'argile qui guérit, Mémento de médecine naturelle, Raymond dextreit.
- [27] L.Dupont, A.Foissy, R.Mercier, B.Mottet , « Effect of calcium ions on the adsorption of polyacrylic acid onto alumina», Journal of colloid and interface science, Vol 161 , 1993 ,P455-464.

- [28] L'argile, ses vertus, ses bienfaits, Christopher vasey, Jouvence éditions.
- [29] Fonds national pour le développement des adductions d'eau, Document technique n°5 Bis, « Stations d'épuration dispositions constructives pour améliorer leur fonctionnement et faciliter leur exploitation », Office international de l'eau, 1^{er} édition en 1992, Actualisé en 2002, P86.
- [30] K.Al-Malah, MO. Azzam, NI. Abu-Lail, «Olive mills effluent wastewater post treatment using activated clay separation and purification technology», Journal, University of science and technology Jordan, 20(2-3), 2000, P225-234.
- [31] R. Riffaldi, R. Levi-Minzi, A. Saviozzi, et al, «Effect of the disposal of sludge from olive processing on some soil characteristics laboratory experiments», 1993, P257–264.
- [32] I. Dwiri, S. Mahmoud, S. Gharaibeh, «Removal of phenol and aniline from water using Jordanian organ clays clay res » ,1997.
- [33] JE. Bailey, DF. Ollis, «Biochemical engineering fundamentals», 2nd edition, New York, 1986, P 393–394.
- [34] G. Tchohanoglous, F. Bortan, «Wastewater engineering treatment», Disposal and reuse, Metcalf and eddy, New York, 1991.
- [35] B. Hayek, M. Mosa, N. Halasah, «An experimental method for treatment of olive oil mills wastewater utilizing upflow anaerobic sludge blanket reactor », Proceedings of the Jordanian chemical engineering conference II, Jordan, 1996, P64–81.
- [36] SP.Tsonis, SG. Girigeropoulos, «Anaerobic treatability of olive oil mill wastewater », Water science,1993, P35–44.
- [37] SG. Velioglu, K. Curi, SR. Camlilar, «Activated sludge treatability of olive oil bearing wastewater », Water res, 26(10), 1992, P1415–1420.
- [38] M.Beccari, M. Majone, L. Torrisi, « Two reactor system with partial phase separation for anaerobic treatment of olive oil mill effluents», Water science and technology , Vol 38, Canada, June 21–26, 1998, P4–5.
- [39] D. Georgacakis, D. Dalis, « Controlled anaerobic digestion of settled olive oil wastewater », Bio resource technol ,46 (3), 1993, P221–226.
- [40] P.Becker, D. Koester, MN, Popov, « Biodegradation of olive oil and the treatment of lipid-rich wool scouring wastewater under aerobic thermophilic conditions», Water res, 33 (3), 1999, P653–660.
- [41] L.Saez, J. Perez, J. Martinez, « Low molecular weight phenolics attenuation during simulated treatment of wastewaters from olive oil mills in evaporation ponds»,Water research,26(9),1992, P1261–1266.

- [42] H.Azaza, L.Mechi, MB. Amor, I.Trabelsi, « Use of natural stipa tenacissima fibers for the removal of H₂S in an alkaline aqueous medium", Journal Arabian of geosciences, 11(24), 2018, P803.
- [43] E.Eroğlu, I.Eroğlu, U.Gündüz, M. Yücel, « Effect of clay pretreatment on photo fermentative hydrogen production from olive mill wastewater», Bio resource technology, 99(15), 2008, P 6799-6808.
- [44] B.Uyar, I. Eroglu ,M. Yücel, U. Gündüz, L. Türker, « Effect of light intensity wavelength and illumination protocol on hydrogen production in photo bioreactors » , International journal of hydrogen energy, 32(18),2007 ,P 4670-4677.
- [45] PM.Vignais, B. Billoud, « Occurrence classification and biological function of hydrogenases an overview » , Chemical rev, 107,2007,P 4206–4272.
- [46] CH.Liao, SF. Kang, HP. Jung, « Simultaneous removal of COD and color from due manufacturing process wastewater using photo Fenton oxidation process » , Journal of environmental science , 34 (4), 1999,P989–1012.
- [47] M.Hamdi, H. Bouhamed, R. Elouz, « Optimization of aspergillus Niger growth on olive mill wastewater", Applied microbiology and biotechnology,36(2),1991,P285,288.



Conclusion générale

Conclusion générale :

L'objectif de cette recherche est de donner une solution appropriée au problème de l'eau usée en exploitation la fibres Alfa et d'autre matière inorganique (argile), plus économique et respectueux de l'environnement et en économisant plus d'eau douce, en réutilisant l'eau traitée dans l'industrie et l'agricole... etc.

Nous avons atteint la fin de la recherche scientifique liée au traitement des eaux usées par la fibres(Alfa) et d'autre matière inorganique (argile), que nous avons préféré choisir parmi des thèmes, en raison de la grande importance de cela dans la période actuelle, car en réalité l'eau est un élément de base dans la plupart de l'activité humaine.

L'utilisation irrationnelle de l'eau a conduit à une crise de l'eau usée, c'est pour ça les chercheurs ont envisagé plusieurs moyens de traiter les eaux usées, et par conséquent, la pollution de l'environnement qui constitue une menace pour les ressources et surtout pour la santé humaine .Actuellement, la majorité des populations ne bénéficie pas d'un accès direct à l'eau potable et à l'assainissement. Donc l'épuration des eaux usées par les méthodes avancées et l'utilisation des techniques modernes d'analyse chimiques, biologiques et microbiologiques des eaux afin d'améliorer leurs qualités est un défi à relever aujourd'hui. Nous avons essayé autant que possible d'analyser et de détailler l'étendue de l'application de biomatériau et l'argile dans le traitement des eaux usées (polluées) qui est soumis à plusieurs paramètres physico-chimiques et caractéristiques pour protéger la santé humaine et l'environnement et éliminer les plus grandes quantités de polluants.



Annexes

Annexe 1 (lexique) :

Aérobic : se dit des micro-organismes qui ne peuvent se développer que dans un milieu aéré, ainsi que des réactions biochimiques ayant lieu en présence d'oxygène. Certains de ces micro-organismes, principalement des bactéries, sont utilisés comme agents épurateurs des eaux résiduaires (oxydation).

Affluent : eaux résiduaires à l'entrée de la station d'épuration.

Anaérobic : se dit des êtres vivants qui peuvent ou doivent vivre en absence d'oxygène libre, ainsi que des réactions chimiques se faisant à l'abri de l'air (fermentations lactique ou alcoolique, par exemple).

Anoxie : qualifie les milieux ou les processus dans lesquels l'oxygène est présent sous forme de nitrate.

Auto-épuration : capacité d'un milieu à éliminer les substances indésirables du seul fait de son fonctionnement naturel. Dans les milieux aquatiques, cette capacité dépend de l'activité des plantes et des micro-organismes présents dans l'eau, dont l'action d'élimine la pollution.

Azote global : somme de différentes formes d'azote analysées (exprimées en N), terme utilisé pour définir le niveau des rejets urbains.

Biodégradabilité : capacité d'une substance organique à être décomposée par des processus biochimiques. Selon la structure moléculaire de ces substances, leur biodégradabilité sera plus au moins effective.

Boues activées : flocons bactériens décantables produits au cours de l'épuration biologique (floculation).

Décantation : action de clarifier, de séparer par différence de gravité, des produits non miscibles, dont l'un au moins est liquide.

Dénitrification : conversion des nitrates en nitrites puis en N_2O ou en azote sous l'action des bactéries : la dénitrification des eaux usées urbaines prend place essentiellement au niveau du traitement tertiaire où elle s'effectue en partie ou totalement par une épuration microbiologique.

Eaux ménagères usées : eaux usées provenant des établissements et des services résidentiels et produites essentiellement par le métabolisme humain et les activités ménagères.

Effluent : eaux épurées à la sortie de l'unité de traitement.

Eutrophisation : enrichissement artificiel ou naturel d'une eau en matières nutritives. Les nitrates et les phosphates solubles, issus de l'action des bactéries sur les déchets, diffusent jusqu'à la surface et favorisent la prolifération des algues et autres plantes vertes, causant l'asphyxie des milieux aquatiques.

Floculation : mécanisme conduisant à la formation de floccs décantables.

Matières volatiles en suspension (MVS) : Elles représentent la fraction organique des matières en suspension. Elles sont mesurées par calcination à 650°C d'un échantillon dont on connaît déjà la teneur en MES. Elles constituent environ 70 à 80% des matières en suspension.

Matières minérales : c'est la différence entre les matières en suspension et les matières volatiles. Elles représentent donc le résidu de la calcination, et correspondent à la présence de sels, silice, poussières par exemple.

Résidu sec : Cette mesure permet d'évaluer la teneur des matières dissoutes et en suspension déterminée par pesée. Une certaine quantité d'eau est évaporée soit à 110 ou 180 °C dans une coupelle tarée. Le résidu desséché est ensuite évalué par pesée. Son unité est mg.l⁻¹.

Annexe 2 (Matériels et Méthodes) :

-Matières totales en suspension (MES) :

Matériels :

Centrifugeuse, tube de centrifugation, étuve, papier filtre, balance de précision.

Mode opératoire :

Pour utilise la méthode papier filtre

-peser le papier filtre est vide

-verser 100ml d'eau usée dans tube de centrifugation et pose dans centrifugeuse (3000tr.min⁻¹) durant 10min

- filtre l'échantillon

-Mettre le papier filtre dans l'étuve à 105°C jusqu'à sécher et peser.

MES : la teneur en mg.l⁻¹.

Expression des résultats :

Le calcul de la teneur en MES est donne par l'expression suivent :

$$\text{MES} = \text{M2} - \text{M1} * 1000$$

M1 : papier filtre est vide.

M2 : papier filtre est pleine.

Dans une autre méthode on utilise la capsule. Centrifuger un volume d'eau de façon à recueillir au moins 30 mg de matière, séparer le liquide surnageant par siphonage sans perturbation du dépôt et jusqu'à une hauteur de 10 mm de liquide au-dessus de dépôt. Les culots de matières sont transvasés dans une capsule. Rincer les tubes a centrifugé par 3 fois avec une petite quantité d'eau permutée (20 ml). Introduire les eaux de lavages avec les culots dans la capsule séchée à 105 °C. Evaporer l'eau de la capsule au bain-marie sécher à l'étuve à 105 °C jusqu'à masse constante. Laisse refroidir au dessiccateur. Peser.

Expression des résultats :

- M1 : la masse de capsule vide.
- M2 : la masse de capsule pleine après minéralisation a 105°C.

La lecture en milligrammes de matière totale en suspension par litre l'eau est donne par l'expression.

-Mesure de DBO5 :

Matériels :

- DBO mètre
- flacon d'incubation a bouchon rodes de 105 ml
- enceinte réglable a 20°C
- solution de KOH et barreau magnétique
- Laisse le DBO mètre sous une agitation magnétique pendant cinq jours.

Mode opératoire : Introduire un volume d'eau à analyser (V) dans la bouteille de DBO mètre en fonction de la concentration de l'eau.

- Mettre un barreau magnétique dans la bouteille.
- Mettre dans le premier bouchon en plastique une pour absorber l'humidité.
- Fermer la bouteille de la DBO mètre par le deuxième bouchon.
- Laisse le DBO mètre sous une agitation magnétique pendant cinq jour.

-Mesure de phosphates :

Matériels :

- colorimétrie DR /890
- tube
- réactif pour PO_4^{3-}

Mode opératoire :

On pose le réactif avec l'échantillon dans le tube et on lit directement le résultat donné par la colorimétrie

-Matières sèches (MS) :

But : mesure de la totalité des substances présentes dans l'eau ou la boue (à l'exception des gaz dissous) dans le but de déterminer les quantités de matières amenées par les eaux usées ou extraites avec les boues.

En soustrayant les matières en suspension des matières sèches, on obtient les matières dissoutes.

Principe : un échantillon de boue ou d'eau de volume connu est séché à l'étuve à 105°C jusqu'à constante du poids dans un creuset taré, refroidi au dessiccateur et pesé. Les matières sèches ainsi obtenues serviront, le cas échéant, à la détermination de la teneur en matières minérales et organiques.

Matériel : Creusets de porcelaine, 150ml, étuve, si possible à circulation d'air, dessiccateur garni de gel de silice avec indicateur d'humidité, cylindre gradué 100ml, pissette d'eau distillée, balance de précision, lecture au mg près pour les eaux, lecture à 0.1g près pour les boues.

Mode opératoire :

-Mesurer 100ml de l'échantillon fraîchement prélevé et mélangé, au moyen d'un cylindre gradué A. Si la boue est trop consistante, peser 100g de boues.

-Verser le contenu du cylindre dans un creuset préalablement séché et taré B.

-Rincer le cylindre avec de l'eau distillée jusqu'au transfert complet des particules adhérant aux parois.

-Sécher le contenu du creuset dans l'étuve à 105°C. Le séchage intégral dure plusieurs heures, il est donc judicieux de laisser les échantillons à l'étuve durant la nuit. Temps de séchage minimum 5-6 heures.

-Placer le creuset dans le dessiccateur et laisser refroidir une heure. Peser C.

Expression des résultats :

MS en mg.l^{-1} pour les eaux à 1mg près ;

MS en g.l^{-1} pour les boues à 1g près où ;

MS en g.Kg^{-1} pour les boues à 1g près.

Calcul : volume de la prise A (ml)

Poids du creuset vide B (g ou mg)

Poids du creuset avec MS après séchage C (g ou mg).

$MS=C-B/A.1000$

-Détermination de l'azote selon kjeldahl :

Principe et théorie :

1. Lors d'une première étape de digestion, l'azote organique et l'ammoniaque sont transformés en sulfate d'ammonium à l'aide d'acide sulfurique, de sulfate de potassium, et de sulfate de cuivre, Note : Le sulfate de potassium est ajouté pour augmenter la température d'ébullition de l'acide sulfurique (procédé Kjeldahl-Gunning) tandis que le sulfate de cuivre agit comme catalyseur de la réaction.

2. Le complexe ammonium-catalyseur formé pendant la digestion est décomposé par l'ajout de thiosulfate de sodium lors de la distillation subséquente en milieu basique. Les ions ammoniums libérés sont alors réabsorbés dans une solution diluée d'acide sulfurique.

3. Les ions ammonium du distillat sont ensuite dosés à l'aide d'une électrode sélective. Cette électrode sélective est composée d'une membrane hydrophobe semi-perméable, d'une électrode interne de pH et d'une électrode interne sélective aux ions ammonium.

3.1. Les ions ammonium (NH_4^+) du distillat préservés en milieu acide, sont transformés en ammoniac gazeux ($NH_3(g)$) par l'augmentation du $pH > 11$.

3.2. L'ammoniac gazeux diffuse jusqu'à l'équilibre à travers la membrane hydrophobe semi-perméable de l'électrode où il change le pH de la solution interne de chlorure d'ammonium et ce changement est détecté quantitativement par une électrode de pH.

3.3. Ces lectures potentiométriques sont effectuées à l'aide d'un électromètre permettant la lecture des millivolts.

3.4. Le dosage d'étalons permet d'établir une courbe d'étalonnage pour calculer la concentration des échantillons.