

République Algérienne Démocratique et Populaire
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique

Laboratoire de Matériaux,
Technologie des Systèmes
Énergétiques et Environnement

Université de Ghardaïa



Faculté des Sciences et Technologies
Département Génie Des Procédés Et Hydraulique



Mémoire présenté en vue de l'obtention du diplôme de

MASTER

N° d'ordre :
N° de série :

Domaine : Sciences et Technologies

Filière : Hydraulique

Spécialité : Ressource Hydraulique

Par : Kerrouchi Djamel

Aissa Abdallah

Thème

*Étude de la qualité des eaux brutes par le
lagunage naturel (Kef Doukhane El-Atteuf)
Et traitement de ces eaux par une argile de la mer
morte (Jordanie) et une argile locale*

Soutenu publiquement le 26/06/2019

Devant le jury :

Mr : Nessim Hamid	MAA	Université de Ghardaïa	Président
Mr : Ouledbelkhir Chikhe	MAA	Université de Ghardaïa	Examineur
M^{me} : Moulay Karroumia	MAA	Université de Ghardaïa	Examineur
M^{me} : BABAAMER Zohra	MCA	Université de Ghardaïa	Encadreur

Année universitaire 2018/2019

Remerciements

Au terme de ce modeste travail, je tiens à remercier tout d'abord :
ALLAH le tout puissant pour m'avoir donné la santé, le courage et la volonté d'étudier, et la force de réaliser ce travail.

Ma promoteur **Mme. Z. Baba Amer** à qui je tiens à exprimer ma profonde gratitude et mes vifs remerciements pour la confiance qu'elle m'a accordée afin de réaliser ce travail, ainsi que pour ses multiples et précieux conseils scientifiques, professionnels ou tout simplement humains...

Mesdames et Messieurs membres de jury, qui ont bien accepté de juger mon travail et tous les enseignants de l'université de Ghardaïa.

Tous ceux qui ont contribué à ma formation, membres du laboratoire, et surtout **M^{elle} M. Djaani** pour nous aider ;

Tout le personnel de la ONA de la Wilaya de Ghardaïa et précisément **Mr. Y. Smaoui**, **Mr A. Zakaria** ainsi qu'à **Mr D.A Hadjoudja** chef centre de Guerrara **Mr B. Saoudi** chef centre de Berriane, Et **Mr M. Kaci** chef de step de Ghardaïa.

Tous ce qui ont contribué de près ou de loin, que ce soit par leur amitié, leurs conseils ou leur soutien moral, qu'ils trouveront dans ces quelques lignes l'expression de mes remerciements les plus vifs et les plus sincères.

Dédicaces

Avec l'aide et la protection

D'ALLAH Je dédie ce modeste

Travail à :

A la mémoire de mon cher père

A ma chère mère

A mes sœurs et frères et toute ma

Famille

Sont oublier ma femme

A toute mes meseta a toute mes

Professeurs que ce soit du

Primaire du moyen du secondaire

On dû l'enseignant supérieur

Mr :Aissa Abdallah

Dédicaces

Avec l'aide et la protection d'ALLAH

Je dédie ce modeste travail à :

Celle qui est plus cher que mon âme et mon sang, la lumière de mon chemin, à ma mère adorée.

Mon chef et Imam de ma tribune, le formateur de ma conduite, à toi le plus grand des personnes mon cher père.

A ma source de tendresse, et ma grand-mère.

Aux sources d'espoir dans ma vie, ma chère épouse, mes frères, mes sœurs et ma chère fille Hadjer

A mes chers amis : Saoudi Brahim, A.H. Djamel., Z Abdellah., Kaci

Mahfoud a tous mis amis de l'ONA de Ghardaïa

A ma promotrice : M^{me} Baba Amer Zohra, Pour toute sa gentillesse et sa patience pour la réalisation de ce travail

A tous ceux qui portent les noms Kerrouchi a Berriane

Mr. Kerrouchi Djamel

SOMMAIRE

Résumé.....	a
Liste des Abréviations.....	c
Liste des tableaux	d
Liste des figures.....	e
Introduction générale.....	1

Chapitre 01 : Description de la Zone d'étude

1.1. Introduction.....	2
1.2. Étude du lagunage naturel de kaf dokhan.....	2
1.2.1. Localisation géographique.....	3
1.2.1.1. Situation de la wilaya	3
1.2.1.2. Situation de la zone d'étude (El Atteuf)	4
1.2.2. Caractéristiques des lagunes.....	5
1.2.2.1. Lagunes primaires.....	5
1.2.2.1.1. Traitement primaire	5
1.2.2.2. Lagunes secondaires.....	7
1.2.2.2.1. Traitement primaire	8
1.2.2.3. Performances épuratoires et conditions de fonctionnement.....	8
1.2.3. Caractéristiques des eaux usées.....	12
1.3. Étude géologique de la région de kaf dokhan.....	13
1.4. Étude hydrologique de la région de kaf dokhan.....	15
1.4.1. La nappe phréatique.....	15
1.4.2. Le Turonien.....	15
1.4.3. L'albien.....	15
1.5. Étude démographique de la population concernée.....	16
1.5.1. Estimation de la population.....	16
1.6. Description des conditions climatiques.....	17
1.6.1. Température.....	17

SOMMAIRE

1.6.2. Ensoleillement.....	18
1.6.3. Les vents.....	19
1.6.3.1. Les vents d'origine Nord.....	19
1.6.3.2. Les vents d'origine Est.....	19
1.6.3.3. Les vents d'origine ouest.....	20
1.6.4. Pluviométrie.....	21
1.6.5. Évaporation.....	21
1.6.5.1. Evaporation mesurée.....	21
1.6.5.2. Évaporation réelle.....	23

Chapitre 02 : Généralités sur les eaux usées et l'environnement

2.1. Définition de la pollution.....	24
2.2. Origine des eaux usées.....	25
2.2.1. Les eaux usées domestiques.....	25
2.2.2. Les eaux usées industrielles.....	25
2.2.3. Les eaux usées pluviales.....	25
2.2.4. Les eaux usées de ruissellement agricole.....	26
2.3. Caractérisation des eaux usées	26
2.3.1. Propriétés organoleptiques.....	26
2.3.1.1. La couleur.....	26
2.3.1.2. Le goût.....	26
2.3.1.3. L'odeur.....	26
2.3.1.4. La saveur.....	26
2.3.1.5. La turbidité.....	26
2.3.2. Paramètres physicochimiques.....	27

SOMMAIRE

2.3.2.1. La température.....	27
2.3.2.2. Le potentiel d'Hydrogène (pH)	27
2.3.2.3. Matières en suspension (MES)	27
2.3.2.4. Demande biochimique en oxygène (DBO)	27
2.3.2.5. La demande chimique en oxygène (DCO).....	27
2.3.2.6. L'azote.....	28
2.3.2.7. Le phosphore.....	28
2.3.2.8. Les nitrates	28
2.3.2.9. L'azote ammoniacal.....	28
2.4. Oligo-éléments et les toxiques minéraux.....	29
2.5. L'équivalent habitant (EH).....	29
2.6. Les normes algériennes de rejet d'effluents.....	29
2.7. Les Normes internationales	31
2.8. Conclusion.....	31

Chapitre 03 : Généralité sur l'argile

3.1. Introduction.....	32
3.2. Définition de l'argile	33
3.3. Argile de la Mer Morte.....	33
3.3.1. Les métaux Argile de la Mer Morte.....	33
3.3.2. Propriétés utiles de l'argile de la mer morte.....	33
3.4. Argile Local.....	33
3.5. Origine.....	34
3.6. Minéralogie et cristalochimie.....	34

SOMMAIRE

3.6.1. La couche tétraédrique.....	34
3.6.2. La couche octaédrique.....	34
3.7. Classification des argiles.....	35
3.8. Type Structure des argiles.....	35
3.8.1. Structure de la Kaolinite.....	35
3.8.2. Structure de l'illite.....	36
3.8.3. Structure du chlorite.....	36
3.8.4. Structure de la vermiculite.....	37
3.9. Les caractéristiques des l'argiles.....	38
3.10. La surface spécifique.....	38
3.11. Propriété et intérêt des argiles.....	38
3.12. Définition du phénomène d'adsorption.....	39
3.12.1. Définition de la bio sorption.....	39
3.13. Les types d'adsorption.....	40
3.13.1. Physisorption.....	40
3.13.2. Chimie sorption.....	41
3.14. Conclusion.....	42

Chapitre 04 : Matériels et Méthodes

4.1. Introduction.....	43
4.2. Le prélèvement d'un échantillon.....	43
4.3. Préparation de mélange (Eau et l'argile)	43
4.4. Paramètre de dimensionnement.....	44

SOMMAIRE

4.4.1. Paramètre physico-chimique.....	44
4.4.1.1. Température.....	44
4.4.1.2. Potentiel hydrogène(PH).....	44
4.4.1.3. Conductivité.....	44
4.4.1.4. La turbidité	45
4.4.1.5. La demande biochimique en oxygène (DBO5)	45
4.4.1.6. La demande chimique en oxygène (DCO)	45
4.4.1.7. Détermination de résidus sec.....	46
4.4.1.8. Détermination des matières en suspension.....	46
4.4.1.9. Dureté ou hydrotimétrie.....	46
4.4.1.10. Détermination de TAC (Titre alcalimétrique complet)	47
4.4.1.11. Dosage du calcium -Méthode titrimétrique à l 'EDTA.....	48
4.4.1.12. Détermination du magnésium.....	48
4.4.1.13. Dosage des Chlorures.....	49
4.4.1.14. Détermination de l'azote ammoniacal (NH⁴⁺).....	49
4.4.1.15. Détermination des Ortho phosphate (OPO₄⁻³)	50
4.4.1.16. Dosage des nitrates.....	50
4.4.1.17. Dosage de nitrite.....	51
4.4.1.18. Détermination du fer méthode à l'orthophénanthroline.....	51

Chapitre 05 : Résultats et Discussions

5.1. Introduction.....	52
5.2. Résultats et discussions des analyses effectuées.....	52

SOMMAIRE

5.3. Résultats et Discussions de traitement par l'argile.....	54
5.4. Etude physico-chimique.....	55
5.4.1. Potentiel hydrogène (pH)	55
5.4.2. Température.....	56
5.4.3. Turbidité	57
5.4.4. Conductivité électrique (CE).....	58
5.4.5. Calcium (Ca²⁺) et magnésium (Mg²⁺)	59
5.4.6. Titre hydrotimétrique (TH) et les titres alcalimétriques (TAC).....	60
5.4.6.1. Titre hydrotimétrique (TH).....	60
5.4.6.2. Titre alcalimétriques (TAC).....	61
5.4.7. Chlore (Cl-)	62
5.5. Etude des pollutions organiques.....	63
5.5.1. La matière en suspension (MES)	63
5.5.2. La Demande biochimique en oxygène (DBO₅).....	64
5.5.3. La Demande chimique en oxygène (DCO).....	65
5.5.4.fer (Fe²⁺)	66
5.5.5. L'azote ammoniacal (N-NH⁴⁺)	67
5.6. Conclusion	68
Conclusion générale.....	69
Références Bibliographiques	71
Annexe.....	75

Résumé :

La création des stations et des unités d'épuration des eaux usées autour des communautés rurales et semi-rurales est nécessaire pour protéger l'environnement et l'Océan, Mais des projets de cette nature exigent des précautions pour les protéger des dangers, En plus de les fournir par tous les moyens afin d'obtenir une bonne rentabilité, Ce n'est pas une source de pollution environnementale et de maladies se propagent dans l'eau.

Notre travail consiste à mélanger l'eau usées avec la boue "l'argile locale et Jordanie" Pour la station (El Atteuf) Ghardaïa, et l'extraction des obstacles les plus importants qui ont causé les faibles rendements et les risques pour eux. Avec la proposition de solutions pratiques pouvant être concrétisées sur le terrain.

Après le processus d'analyse physique chimique des eaux usées, nous avons constaté que l'argile joue un rôle efficace dans l'élimination des polluants (matière en suspension, DCO, conductivité, turbidité, DBO₅, pH ..).

Pour le rendement : 78% MES, 37,5% de DCO, Fe₂⁺ 58%, 82% turbidité, 37,5% DBO₅.

Mots-clés : traitement, eaux usées, argile, adsorption, Station de désinfection.

ملخص:

إن إنشاء محطات التصفية وتطهير المياه المستعملة حول التجمعات الريفية وشبه الريفية ضروري من أجل حماية البيئة والمحيط، ولكن المشاريع من هذا النوع تتطلب احتياطات لحمايتها من الأخطار، وكذلك توفرها على كل الوسائل من أجل الحصول على مردودية جيدة، ولا تكون مصدر لتلوث البيئي والأمراض المنتشرة عبر المياه.

عملنا يتمثل في خلط مياه الصرف الصحي بالطين «طين محلي والاردن» لمحطة (العطف) غرداية واستخراج أهم العراقيل التي تسبب في تدني مردوديتها والأخطار المحدقة بها. مع اقتراح حلول عملية يمكن تجسيدها على أرض الواقع.

بعد عملية التحليل الفيزيائي الكيميائي لمياه الصرف الصحي، تبين لنا أن الطين له دور فعال في التخلص من الملوثات، (المواد العالقة، DCO، الناقلية، التعكر، DBO₅، pH ..).

نسبة المردودية: لدينا 78% MES ، 37,5% DCO ، 58 % Fe₂⁺ ، 82% Turbidité

37,5 DBO₅ % .

الكلمات المفتاحية: معالجة، مياه الصرف الصحي، الطين، الامتزاز، محطة التطهير.

Abstract:

The establishment of wastewater treatment and purification plants around rural and semi-rural communities is necessary to protect the environment and the Ocean, but projects of this nature require precautions to protect them from hazards, as well as provide them by all means for good profitability, and diseases spread across water.

Our work is to mix the muddy water with the mud "local clay and Jordan" to the station (El Atteuf) Ghardaia. and the extraction of the most important obstacles that caused the low returns and risks to them. With the proposal of practical solutions that can be embodied on the ground.

After the process of physical analysis of chemical wastewater, we found that the clay has an effective role in the disposal of pollutants, (suspended substances, DCO, conductivity, turbidity, DBO₅, pH ..).

Cost-effectiveness: We have 78% MES, 37,5% DCO, Fe₂⁺ 58%, 82% Turbidity
37.5% DBO₅.

Keywords: treatment, Wastewater Health, mud, adsorption, disinfection station.

Liste des abréviations

ANRH	Agence Nationale des Ressources Hydrauliques
AMENHYD	Aménagement Environnement Hydraulique
CE	Conductivité électrique
DBO5	Demande Biologique en Oxygène de cinq jours
DCO	Demande Chimique en Oxygène
EDTA	Ethylène Diamine Tétra Acétique
FAO	Food and Agricultural Organisation
MES	Matière En Suspension
NTU	Néphélométrie Turbidité Unit
OMS	Organisation Mondiale de la santé
Ph	Potentiel d'Hydrogène
R.S	Résidus Secs
TAC	Titre Alcalimétrique Complet
TH	Titre Hydrométrique
STEP	Station d'Épuration
MO	Matière organiques
MP	Matière phosphorées
NTK	L'azote Total de Kjeldahl
T°	Température
T : O	Couche Tétraédrique et Couche Octaédrique
T : O : T	Deux Couches Tétraédriques et Couche Octaédrique
C°	Degré Celsius
Hm³	Hectomètre Cube

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 01 :	Capacité nominale	07
Tableau 02 :	Evolution des paramètres de fonctionnement et dimensionnement des lagunes primaires.....	07
Tableau 03 :	Evolution des paramètres de fonctionnement et dimensionnement des lagunes secondaire	08
Tableau 04 :	Evolution des paramètres de fonctionnement des lagunes primaires et secondaire.....	09
Tableau 05 :	Évolution des débits d'eaux usées.....	12
Tableau 06 :	Flux de pollution	12
Tableau 07 :	population et taux d'accroissement.....	16
Tableau 08 :	température mensuelle	18
Tableau 09 :	Moyenne mensuelles des vitesses maximal du vent l'année 2015.....	20
Tableau 10 :	Précipitation moyenne mensuelle (mm) en 2015.....	21
Tableau 11 :	Evaporation moyenne mensuelle (mm).....	22
Tableau 12 :	Evaporation Réelle Mensuelle (mm).....	23
Tableau 13 :	Normes de rejets Algériennes.....	30
Tableau 14 :	Normes de rejets internationales.....	31
Tableau 15 :	Caractéristiques des différentes familles d'argile.....	38
Tableau 16 :	Principales différences entre la physisorption et la chimie sorption.....	41
Tableau 17 :	Classification de l'eau selon la conductivité électrique.....	45
Tableau 18 :	Classification de l'eau selon la dureté	47
Tableau 19 :	Analyses d'eau prélevée avant traitement par l'argile	52
Tableau 20 :	Analyses de l'eau à traiter par l'argile après 7jour.....	54

LISTE DES FIGURES

Figure 1 :	vue l'ensemble du projet	03
Figure 2 :	Situation de la wilaya de Ghardaïa	03
Figure 3 :	Site de la STEP Kaf Doukhan	04
Figure 4 :	chemin de la station de traitement des eaux usées el Atteuf.....	04
Figure 5 :	Vue des dégrilleurs automatiques	05
Figure 6 :	Vue en plan 3D du Répartiteur Primaire TP	05
Figure 7 :	principe de fonctionnement des bassins primaires	06
Figure 8 :	Evolution des paramètres de fonctionnement des lagunes primaires	06
Figure 9 :	Evolution des paramètres de fonctionnement des lagunes primaires: Charge volumique Cv	06
Figure 10 :	Evolution des paramètres de fonctionnement des lagunes primaires	10
Figure 11 :	Evolution des paramètres de fonctionnement des lagunes secondaires	10
Figure 12 :	chemin de principe de fonctionnement des bassin secondaire	11
Figure 13 :	Prétraitement / Traitement primaire / Traitement secondaire Vue générale.....	11
Figure 14 :	vue de la STEP	12
Figure 15 :	Autre vue de la STEP.....	12
Figure 16 :	Evolution de la production d'eaux usées	13
Figure 17 :	Evolution des flux de pollution	13
Figure 18 :	Evolution des charges à traiter	13
Figure 19 :	Schéma géologique structural de la Wilaya de Ghardaïa.....	14
Figure 20 :	Coupe géologique de la région de Ghardaïa contenant la zone d'étude.....	14
Figure 21 :	Piézométrie des eaux souterraine de la région de Ghardaïa.....	15
Figure 22 :	Evolution démographique.....	16
Figure 23 :	Température mensuelle l'année 2015	17
Figure 24 :	Ensoleillement moyenne mensuelle.....	18
Figure 25 :	Direction des vents dominants.....	19
Figure 26 :	Vitesse Maximum du Vents en l'année 2015.....	20
Figure 27 :	Précipitation mensuelle en année 2015.....	21
Figure 28 :	Evaporation moyenne mensuelle	22

Figure 29 :	Evaporation et température et vitesse de vent moyenne mensuelle en année 2015.....	22
Figure 30 :	Evaporation de la surface d'eau libre.....	23
Figure 31 :	Résumé pour les constituants en général de l'argile	32
Figure 32 :	Les familles argileuses	35
Figure 33 :	Structure cristalline de la kaolinite d'après Bish and Von Dreele (1989)	36
Figure 34 :	Structure cristalline de l'illite (Gualtieri 2000)	36
Figure 35 :	Structure cristalline du chlorite (Brown and Bailey, 1963).....	37
Figure 36 :	Représentation d'une vermiculite (Gruner, 1934).....	37
Figure 37 :	Phénomène d'adsorption.....	39
Figure 38 :	Schéma de l'adsorption physique.....	40
Figure 39 :	Analyse de l'eau brute	53
Figure 40 :	Analyses de l'eau à traiter par l'argile après 7jour	55
Figure 41 :	Variation de pH des trois échantillons étudiées	56
Figure 42 :	Variation de Température des trois échantillons étudiées	57
Figure 43 :	Variation de Turbidité des trois échantillons étudiées.....	58
Figure 44 :	Variation de CE des trois échantillons étudiés	59
Figure 45 :	Variation de Ca ²⁺ et Mg ²⁺ des trois échantillons étudiés	60
Figure 46 :	Variation TH des trois échantillons étudiées.....	61
Figure 47 :	Variation TAC des trois échantillons étudiées	62
Figure 48 :	Variation Cl ⁻ des trois échantillons étudiées	63
Figure 49 :	Variation MES des trois échantillons étudiés	64
Figure 50 :	Variation DBO ₅ des trois échantillons étudiées.....	65
Figure 51 :	Variation DCO des trois échantillons étudiées.....	66
Figure 52 :	Variation Fe ²⁺ des trois échantillons étudiés	66
Figure 53 :	Variation NH ⁴⁺ des trois échantillons étudiés	67

***Introduction
Générale***

Introduction générale :

L'Algérie est un pays riche en ressources naturelles telles que les ressources fossiles et les minerais de phosphates et de fer. Cependant, elle accuse un important déficit en ressources hydriques.

En effet, avec l'expansion des villes, l'industrialisation et l'évolution des modes de consommation, en sus, d'un climat de plus en plus aride que connaît le pays, les eaux potables s'épuisent plus rapidement, augmentant le volume des eaux usées collectées de plus de 35 Hm³ chaque année pour atteindre environ 1004 Hm³ en 2019. Actuellement, les eaux usées ne sont épurées qu'à 40 % et rejetées, le plus souvent, sans traitements et de façon directe en milieu naturel [1].

Face à la pénurie d'eau, due essentiellement à la baisse régulière du volume des précipitations depuis ces dernières décennies, et dans un souci de préservation des ressources d'eau encore saines et de protection de l'environnement et de la santé publique, l'Algérie adopte alors, un programme riche en matière d'épuration des eaux usées par la mise en service, à l'horizon 2010, de 194 stations d'épuration.

Grâce à des procédés physico-chimiques ou biologiques, ces stations ont pour rôle de concentrer la pollution contenue dans les eaux usées sous forme de résidus appelés boues, valorisable en agriculture et de rejeter une eau épurée répondant à des normes bien précises, qui trouve quant-à-elle, une réutilisation dans l'irrigation, l'industrie et les usages municipaux.

Parallèlement au procédé à boues activées et au lagunage aéré, qui sont de caractère intensif, le lagunage naturel présente par ses nombreux avantages, une alternative idéale pour notre pays, en réunissant toutes les conditions favorables à son bon fonctionnement.

C'est dans le but de l'étude de ce procédé biologique et peu onéreux, faisant intervenir les micro-algues et les bactéries dans l'épuration des eaux usées, que s'inscrit ce présent mémoire où nous essayons de détailler, un tant soit peu, le principe de fonctionnement d'une station par lagunage naturel avec l'évaluation de ses performances.

Le développement intense des micro-algues dans les différents bassins d'une station d'épuration par lagunage naturel génère une forte production de biomasse, communément, considérée avec la pollution. Il s'agit alors, dans ce document, d'évaluer la pollution résiduelle qui correspond à la part additionnelle de pollution [1].

Chapitre 1

Description de la Zone d'étude

1.1. Introduction

Le lagunage est une technique naturelle d'épuration des eaux fondée sur la dés-eutrophisation. Le principe est de recréer des bassins « tampons » durant lesquels les eaux usées vont transiter, avant d'être rejetées dans le milieu naturel. Les phénomènes d'auto-épuration des eaux se font ainsi dans ces bassins, de grande surface, plutôt que dans le milieu naturel (lac, rivière) qui est ainsi préservé des conséquences néfastes de ce phénomène d'auto-épuration (la dégradation de la matière organique par les micro-organismes aérobies, entraîne une chute du taux d'oxygène dissous, ce qui a pour conséquence, d'asphyxier le macrofaune et la microflore aquatique [1].

1.2. Étude du lagunage naturel de Kef Doukhane

La station de traitement par lagunage des eaux usées de la vallée du M'Zab (4 communes). Implantée au lieu-dit Kef El-Doukhane (commune d'El- Atteuf), en aval d'oued M'Zab, pour un coût de 3,8 milliards de DA, cette infrastructure novatrice de grande envergure est conçue de manière à traiter les eaux usées naturellement, sans mécanisation ni apport chimique, au moyen de lagunage, pour les réutiliser à des fins d'irrigation et contribuer efficacement aux efforts pour le développement durable de la région. Ses eaux épurées sont destinées à irriguer, dans une première phase, un périmètre agricole de 500 ha. Réalisée sur une superficie de 60 ha sur l'exutoire naturel d'oued M'Zab, dans le cadre du mégaprojet d'assainissement et de protection contre les crues cycliques d'oued M'Zab, cette station de traitement des eaux usées permet la mobilisation de quelque 46 000 mètres cubes d'eau traités par jour, utilisables à des fins agricoles, a-t-on expliqué.

Cette station de lagunage naturel, mise en service en novembre 2012, dispose de 16 bassins de décantation, dont huit primaires, profonds, fonctionnant en "anaérobie", et huit autres secondaires, de grande dimension, fonctionnant en "aérobie" et permettant d'obtenir des eaux épurées répondant aux normes internationales de rejets. Cette infrastructure environnementale supprime toutes les nuisances et les risques de contamination dans les zones urbaines, grâce à la collecte de l'ensemble des effluents via un collecteur principal de 32 km, dont 7 km en galeries visitables dans la commune de Ghardaïa. Elle contribue, également, au développement durable et à la préservation de l'environnement et des ressources hydriques des quatre communes, Daya Ben-Dahoua, Ghardaïa, Bounoura et El-Atteuf, qui forment la vallée du M'zab. (R. N./APS) [1].

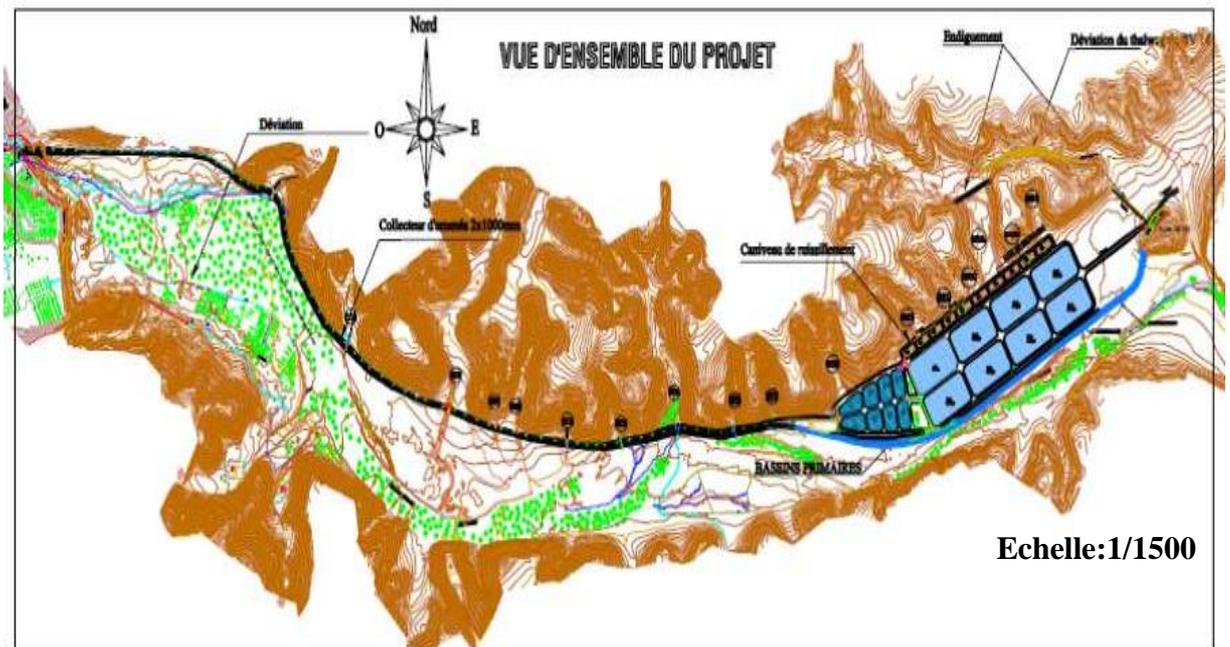


Figure 01 : vue l'ensemble du projet

[1]

1.2.1. Localisation géographique

1.2.1.1. Situation de la wilaya

La région du M'Zab est située à 600 KM au sud d'Alger sur la RN°1, également la route de l'union africaine, à 32 °30 de latitude Nord et à 3° 45' de longitude Est. Elle occupe le fond de la vallée d'oued M'Zab [1].

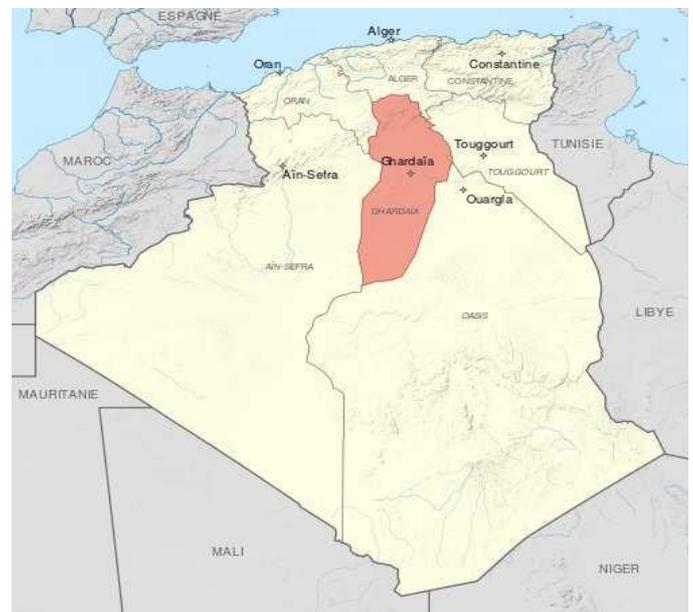


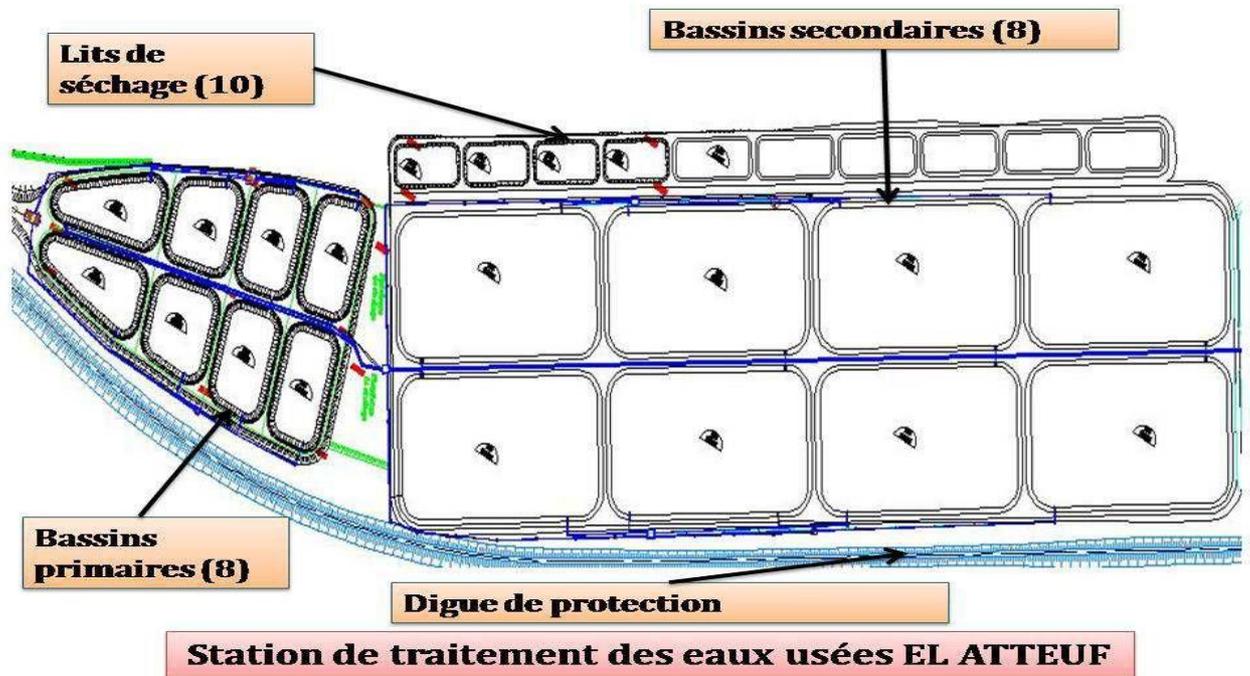
Figure 02 : Situation de la wilaya de Ghardaïa

1.2.1.2. Situation de la zone d'étude (El Atteuf) :

D'une superficie d'environ **79 ha** , L'ensemble des sites d'implantation des ouvrages sont situés à l'aval de la digue d'El Atteuf à environ 8 km au Sud Est de la ville de Ghardaïa



Figure 03 : Site de la STEP Kaf Doukhan



[1]

Figure 04 : Chemin de la station de traitement des eaux usées el Atteuf

1.2.2. Caractéristiques des lagunes :

Les paragraphes suivants présentent les volumes unitaires définitifs des lagunes primaires et secondaires ainsi que les performances épuratoires et les conditions de fonctionnement des lagunes en fonction de l'évolution des charges entrantes [2].

1.2.2.1. Lagunes primaires :

Le volume des lagunes primaires a été déterminé au stade APS. Le calcul de ce volume résulte de la prise en compte des paramètres suivants :

- ❖ Débit moyen journalier à capacité nominale : 46 400 m³ / j,
- ❖ Charge journalière de pollution à traiter à capacité nominale : 11 600 kg DBO₅/ j,
- ❖ Population raccordée à capacité nominale : 331 700 EH (Equivalent Habitant).
- ❖ Charge volumique C_v : 100 g DBO₅ / m³ / j,
- ❖ Temps de séjour des eaux usées dans les lagunes minimum de 3 j,
- ❖ Charge surfacique C_s supérieure à 1000 kg DBO₅ / Ha / j,
- ❖ Hauteur d'eau de 3,50 m.

[2]



Figure 05 : Vue des dégrilleurs automatiques

[2]

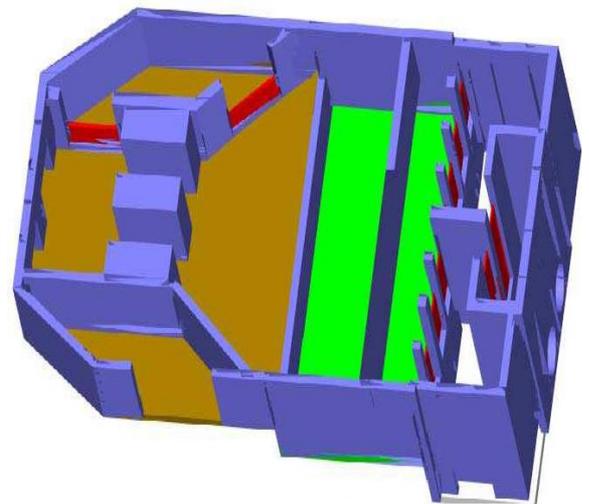
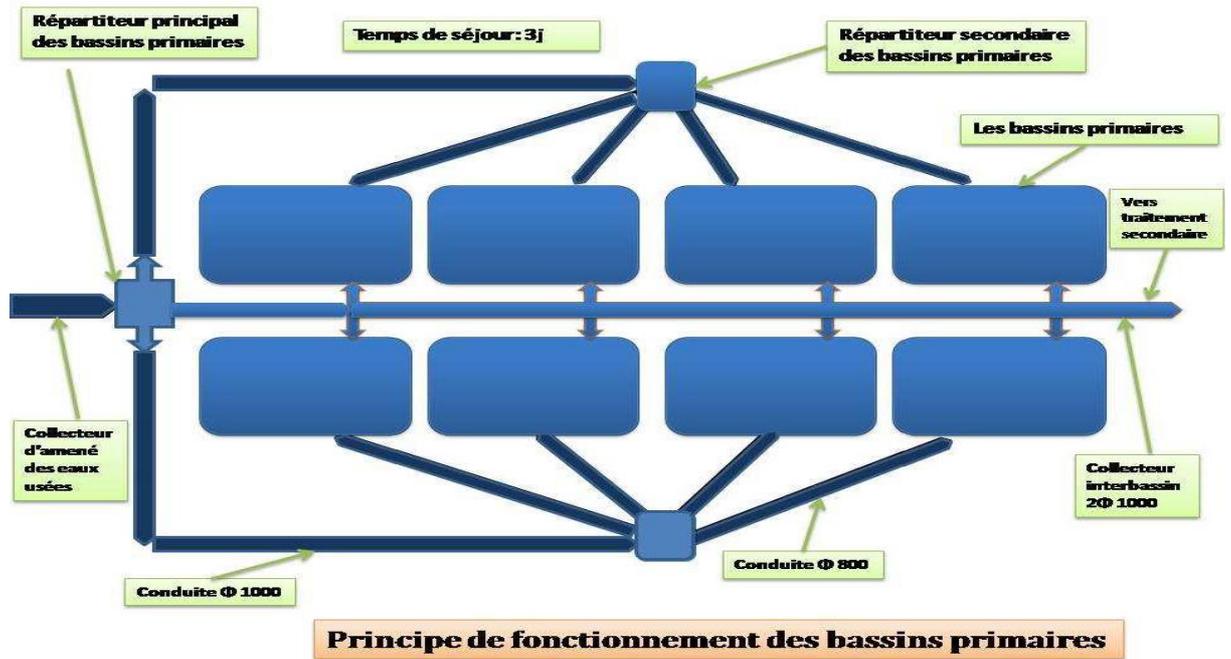


Figure 06 : Vue en plan 3D du Répartiteur Primaire TP

1.2.2.1.1. Traitement primaire :

- ❖ 8 lagunes primaires anaérobies alimentées en parallèle, hauteur d'eau: 3,5 m.
- ❖ Temps de séjour au débit moyen de conception: 3,0 jours.
- ❖ Abattement de la DBO₅: 50 %.

Ouvrages de sortie avec cloison siphonide permettant de retenir les matières flottantes.



[2]

Figure 07 : principe de fonctionnement des bassins primaires

[2]

[2]

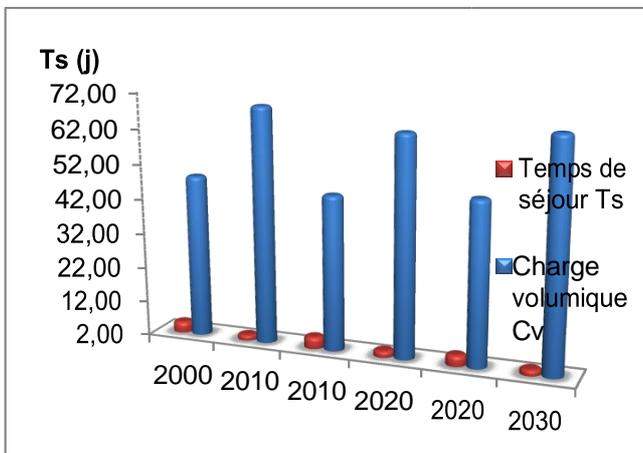


Figure 08 : Evolution des paramètres de fonctionnement des lagunes primaires

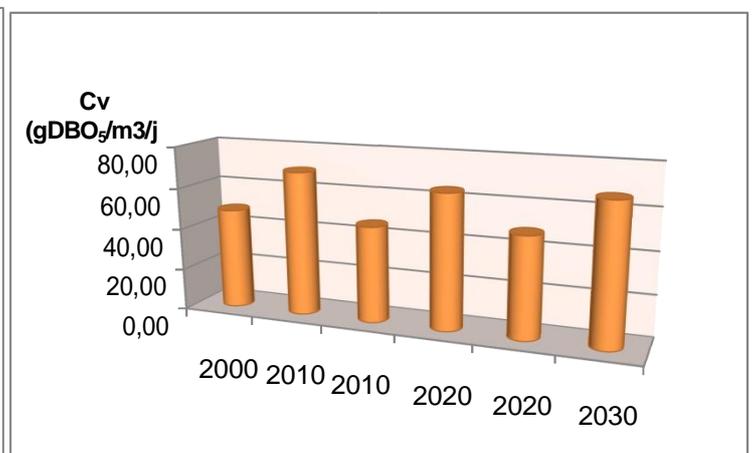


Figure 09 : Evolution des paramètres de fonctionnement des lagunes primaires : Charge volumique Cv

- Le tableau suivant reprend ces éléments et conclut sur le volume unitaire des huit lagunes primaires :

Tableau 01 : capacité nominale

CAPACITE NOMINALE	2030	Les unités
Flux hydrauliques	46400	m ³ /j
Flux organiques	11600	Kg DBO ₅ /j
EH raccordés	331700	u

[2]

Tableau 02 : Evolution des paramètres de fonctionnement et dimensionnement des lagunes primaires

TRAITEMENT PRIMAIRE ANAEROBIE	2030	Les unités
Charge volumique (Cv)	100,00	g DBO ₅ /m ³ /j
Temps de séjour réel (Ts)	3,00	j
production de boues	35,00	l/EH/an
fréquence de curage 1 fois tous les ...	3,00	ans
volume de boues/curage	34 828,50	m ³
volume lagunes pour Cv (y compris boues)	150 828,50	m ³
volume lagunes pour Ts (y compris boues)	174 028,50	m ³
volume total des lagunes	174 028,50	m ³
nombre de lagunes	8,00	u
Volume par lagune	21 753,56	m ³
profondeur	3,50	m
surface mi-hauteur/lagune	0,62	Ha
Charge surfacique	2 332,95	Kg DBO ₅ /Ha/j
Surface 1/2 totale Anaérobie	4,97	Ha
abattement DBO ₅ minimal	50%	%
charge organique résiduelle	5 800,00	Kg DBO ₅ /j

[2]

1.2.2.2. Lagunes secondaires:

Le volume des lagunes secondaires a été déterminé au stade APS. Le calcul de ce volume résulte de la prise en compte des paramètres suivants :

- ✓ Débit moyen journalier à capacité nominale : 46 400 m³ / j,
- ✓ Charge journalière de pollution à traiter à capacité nominale : 11 600 kg DBO₅ / j,
- ✓ Population raccordée à capacité nominale : 331 700 EH (Equivalent Habitant).

- ✓ Charge surfacique Cs maximale : 200 kg DBO₅ / Ha / j,
- ✓ Temps de séjour des eaux usées dans les lagunes minimum de 10 j,
- ✓ Hauteur d'eau de 1,60 m.

1.2.2.2.1. Traitement primaire :

- 8 lagunes secondaires alimentées en parallèle, hauteur d'eau: 1,6 m.
- Temps de séjour au débit moyen de conception: 10 jours.
- Abattement de la DBO₅: 60 % de la charge résiduelle après le traitement primaire (pour un abattement global de 80 %).
- Concentration en coliformes fécaux prévue à l'effluent de la STEP: 6,8x10⁴UFC/100 ml;
- Ouvrages de sortie avec cloison siphonide permettant de retenir les matières flottantes [2].

Le tableau suivant reprend ces éléments et conclut sur le volume unitaire des huit lagunes secondaires :

Tableau 03 :Evolution des paramètres de fonctionnement et dimensionnement des lagunes secondaire.

TRAITEMENT SECONDAIRE FACULTATIF	2030	Les unité
Charge organique entrante	5 800,00	Kg DBO ₅ /j
Charge surfacique	200,00	Kg DBO ₅ /Ha/j
Profondeur	1,60	m
volume	464 000,00	m ³
Temps de séjour	10,00	j
nombre de lagunes	8,00	u
Volume par lagune	58 000,00	m ³
surface unitaire 1/2 h	3,63	Ha
surface 1/2 totale facultatif	29,00	Ha
abattement DBO ₅	60%	%
charge organique résiduelle	2 320,00	Kg DBO ₅ /j

[2]

1.2.2.3. Performances épuratoires et conditions de fonctionnement :

Le tableau suivant présente l'évolution des paramètres précédemment utilisés pour le dimensionnement des lagunes à capacité nominale et qui, dans la mesure où ils restent compris entre deux valeurs inférieure et supérieure déterminées, garantissent un fonctionnement

satisfaisant de l'écosystème dans lequel se développent les micro-organismes participant à l'épuration des eaux usées. Ces paramètres évoluent en fonction de la charge de pollution entrante dans les bassins existants.

On considère trois périodes dans l'évolution de ces paramètres de fonctionnement :

Période 2000-2010 pendant laquelle quatre lagunes primaires sont nécessaires,

Période 2010-2020 pendant laquelle six lagunes primaires et six lagunes secondaires sont nécessaires,

Période 2020-2030 pendant laquelle huit lagunes primaires et huit lagunes secondaires sont nécessaires.

- Ces niveaux de rejet permettent le respect des objectifs de l'assainissement de la vallée. Selon les débits et charges de pollution entrants à la mise en service des lagunes primaires, et au regard des valeurs hautes et basses des paramètres de fonctionnement qui en découleront, l'exploitant de la station d'épuration aura le choix, compte tenu que l'ensemble des lagunes auront été réalisées dans la première tranche, entre : Faire fonctionner l'ensemble des huit lagunes (ou sept en cas de curage de l'une d'entre elles) en même temps, Faire fonctionner en même temps quatre lagunes entre la mise en service et 2010, six entre 2010 et 2020, et la totalité entre 2020 et 2030 [3].

En aucun cas une lagune ne devra rester vide afin de ne pas altérer le dispositif d'étanchéité par géo-membrane et afin d'assurer la stabilité des ouvrages.

Tableau 04 : Evolution des paramètres de fonctionnement des lagunes primaires et secondaire

Période	unité	2000	2010	2010	2020	2020	2030
		Début	Fin	Début	Fin	Début	Fin
Dimensionnement							
Volume lagune primaire	m ³	87 014,25		130 521,38		174 028,50	
Surface lagune primaire	Ha	2,49		3,73		4,97	
Volume lagune secondaire	m ³	-		348 000,00		464 000,00	
Surface lagune secondaire	Ha	-		21,75		29,00	
Charges entrantes							
Flux hydrauliques	m ³ /j	16 920,00	24 150,00	24 150,00	33 730,00	33 730,00	46 440,00
Charges de pollution	kgDBO ₅ /Ha/j	4 230,00	6 040,00	6 040,00	8 430,00	8 430,00	11 610,00

Bassins primaires							
Charge volumique Cv	kgDBO5/m3/j	48,61	69,41	46,28	64,59	48,44	66,71
Temps de séjour Ts	j	5,14	3,60	5,40	3,87	5,16	3,75
Charge surfacique Cs	kgDBO5/Ha/j	1701,45	2429,49	1619,66	2260,55	1695,41	2334,96
Abattement DBO5	%	50%	50%	50%	50%	50%	50%
Bassins secondaires							
Charge surfacique Cs	kgDBO5/Ha/j	-	-	138,85	193,79	145,34	200,17
Temps de séjour Ts	j	-	-	14,41	10,32	13,76	9,99
Abattement DBO5	%	-	-	60%	60%	60%	60%
Niveaux de rejet							
DBO5	mg/l	125,00	125,05	50,02	49,99	49,99	50,00
abattement DBO5 total	%	50%	50%	80%	80%	80%	80%
Coliformes fécaux	CF/100ml	8,86E+05	1,22E+06	2,84E+04	5,29E+04	3,10E+04	5,61E+04

[3].

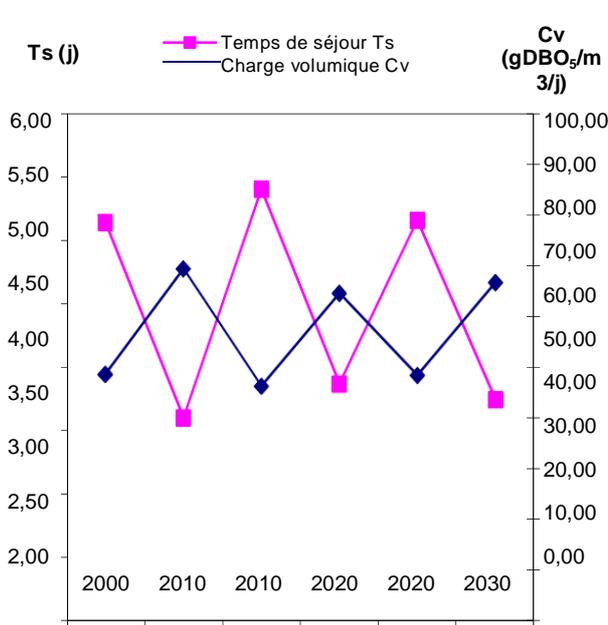


Figure 10 : Evolution des paramètres de fonctionnement des lagunes primaires [3].

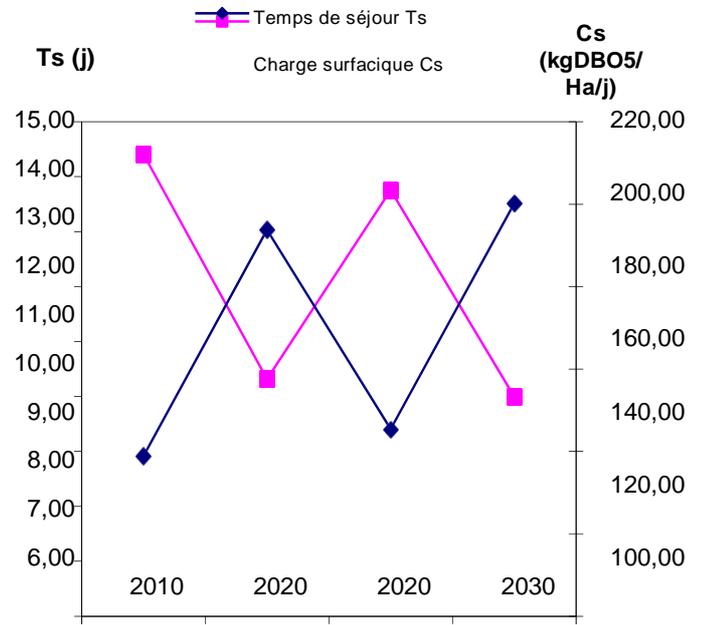
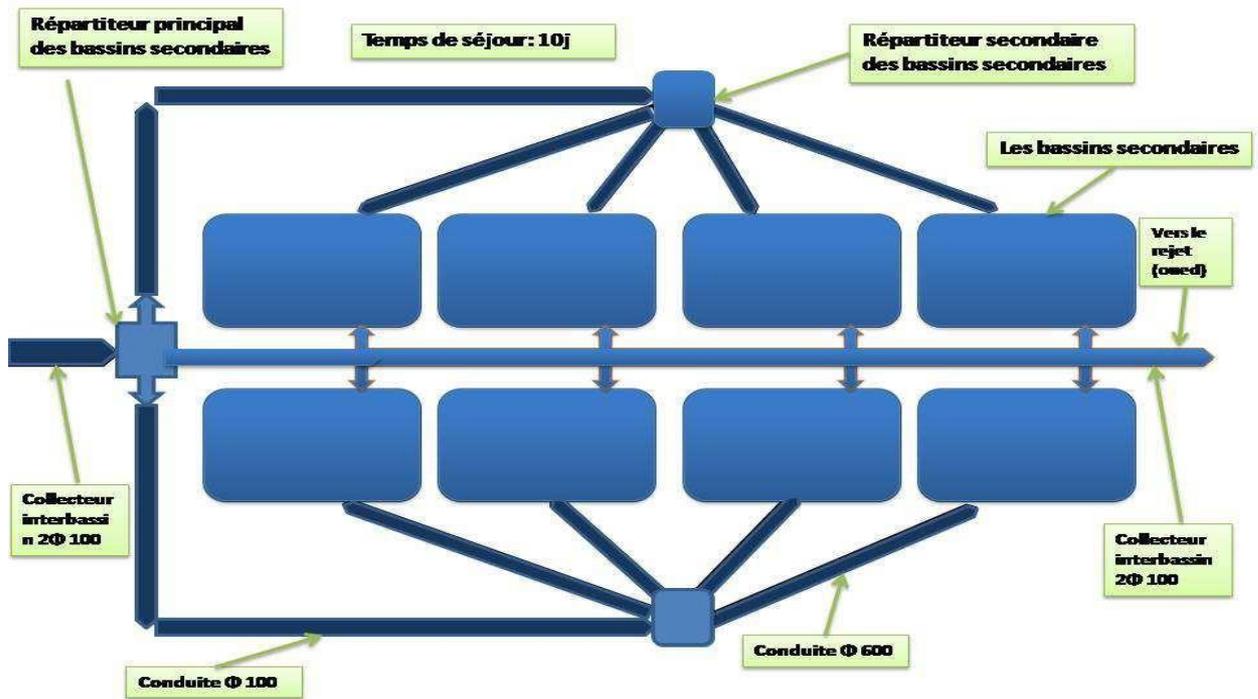


figure 11 : Evolution des paramètres de fonctionnement des lagunes secondaires [3].



Principe de fonctionnement des bassins secondaire

Figure 12 : Chemin de principe de fonctionnement des bassins secondaire [3].

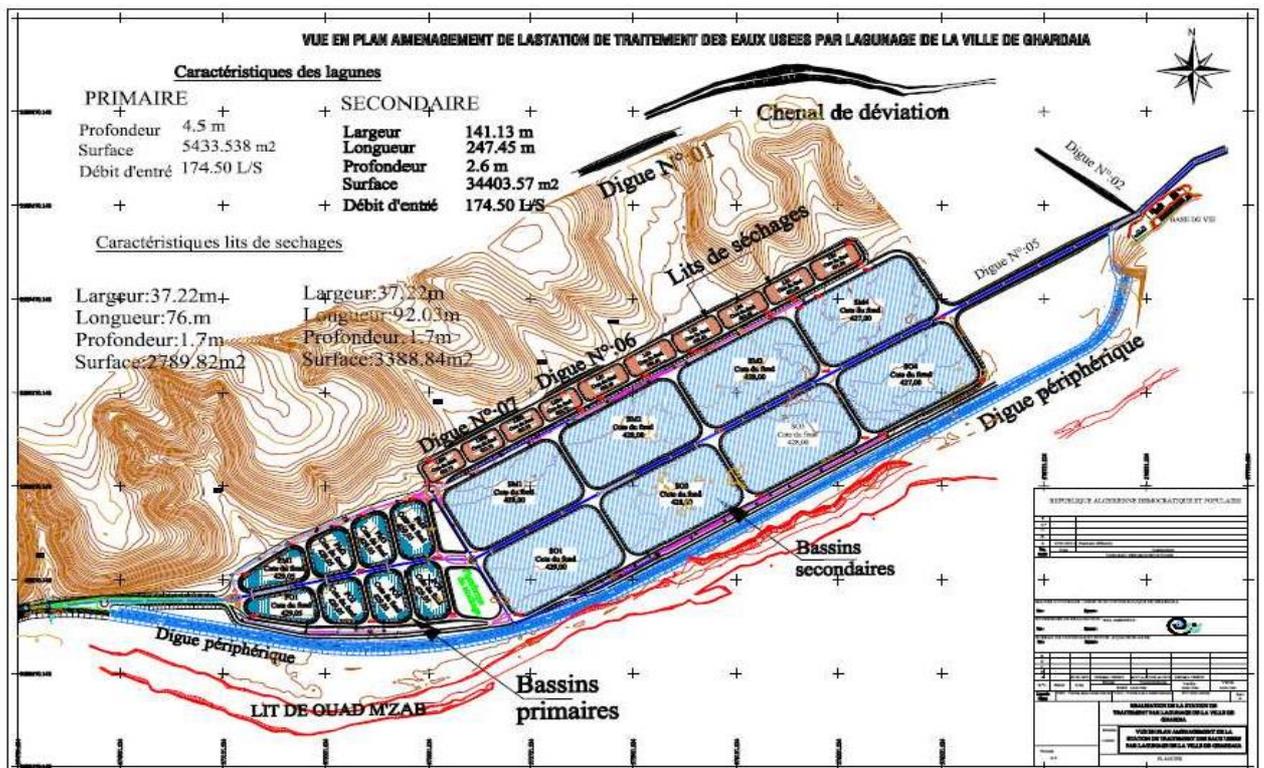


Figure 13 : Prétraitement / Traitement primaire / Traitement secondaire Vue générale [3].



Figure 14 : Autre vue de la STEP



Figure 15 : Autre vue de la STEP en construction

1.2.3. Caractéristiques des eaux usées :

Tableau 05 : Évolution des débits d'eaux usées

[3]

Eaux usées	unité	1996	2000	2010	2020	2030
Taux de branchement	%	85%	85%	90%	95%	100%
EH raccordés	u	108 163	120 870	172 530	240 920	331 700
Débits moyens	m ³ /j	15 143	16 922	24 154	33 729	46 438
% capacité nominale	%	33%	36%	52%	73%	100%

Tableau 06 :Flux de pollution

Pollution organique	Unite	1996	2000	2010	2020	2030
Production	g/DBO ₅ /EH/j	35	35	35	35	35
flux de pollution	kg/DBO ₅ /j	3 786	4 230	6 039	8 432	11 610
Concentration	mg/l	250,00	250,00	250,00	250,00	250,00

[3].

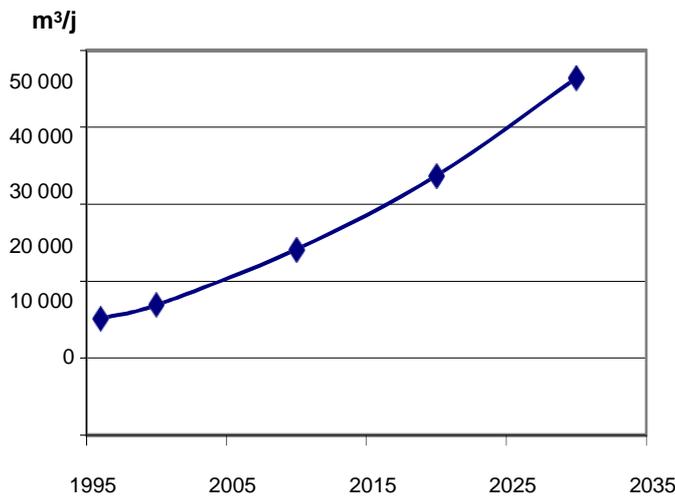


Figure 16 : Evolution de la production D'eaux usées

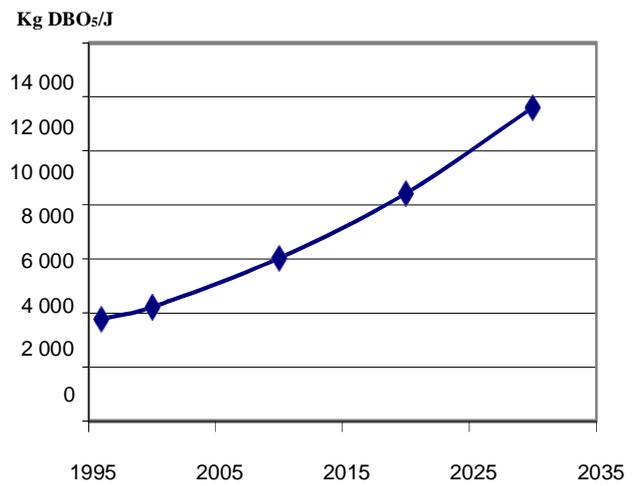


Figure 17 : Evolution des flux de pollution [3].

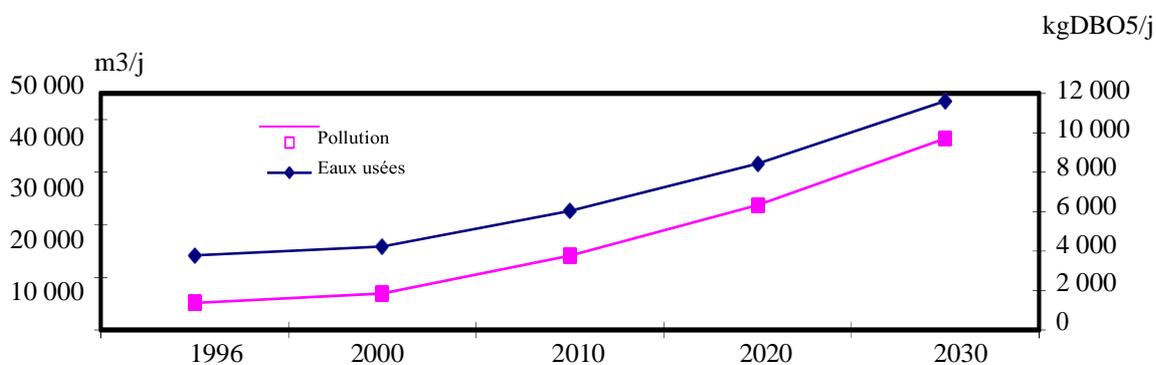


Figure 18 : Evolution des charges à traiter

1.3 Étude géologique de la région de kaf dokhan :

La wilaya de Ghardaïa est composée de point de vue géologique de trois régions naturelles, en l'occurrence :

- ❖ Les plaines de la dalle hamadienne, cuirasse calcaire avec, en surface un cailloutis anguleux ;
- ❖ Les régions ensablées, partie du grand Erg occidental avec des cordons dunaires particulièrement den ses et élevés, cette zone Est consacrée exclusivement au pastoralisme saharien ;
- ❖ Lachebka, dorsale centrale à dominance calcaire en corniches continues de direction Nord-Sud.

La figure suivante représente un schéma géologique structural de la wilaya de Ghardaïa [3].

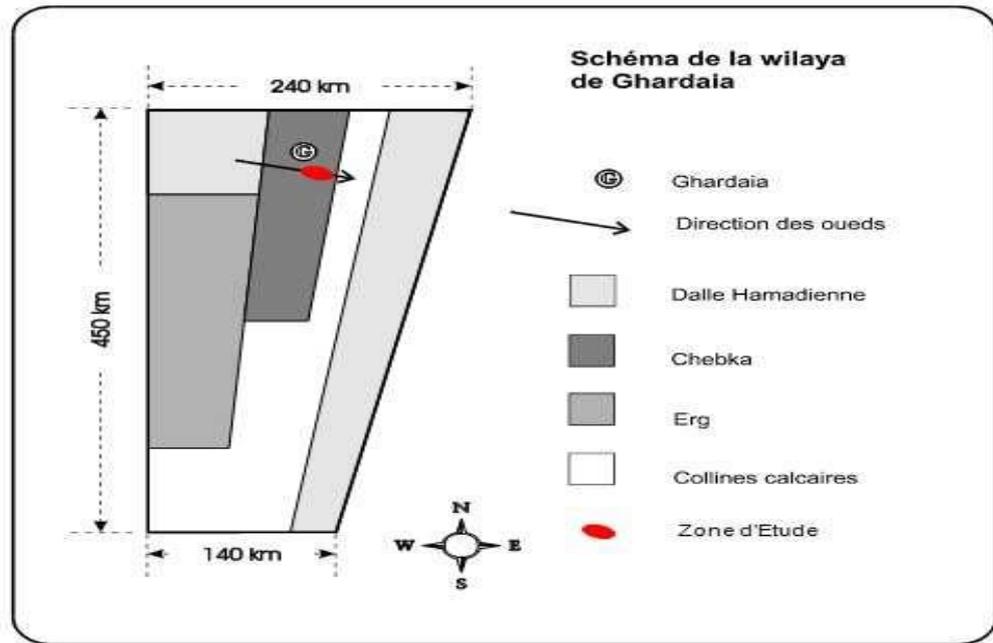


Figure 19 – Schéma géologique structural de la Wilaya de Ghardaïa

La figure suivante donne une coupe géologique schématique de la région de Ghardaïa.

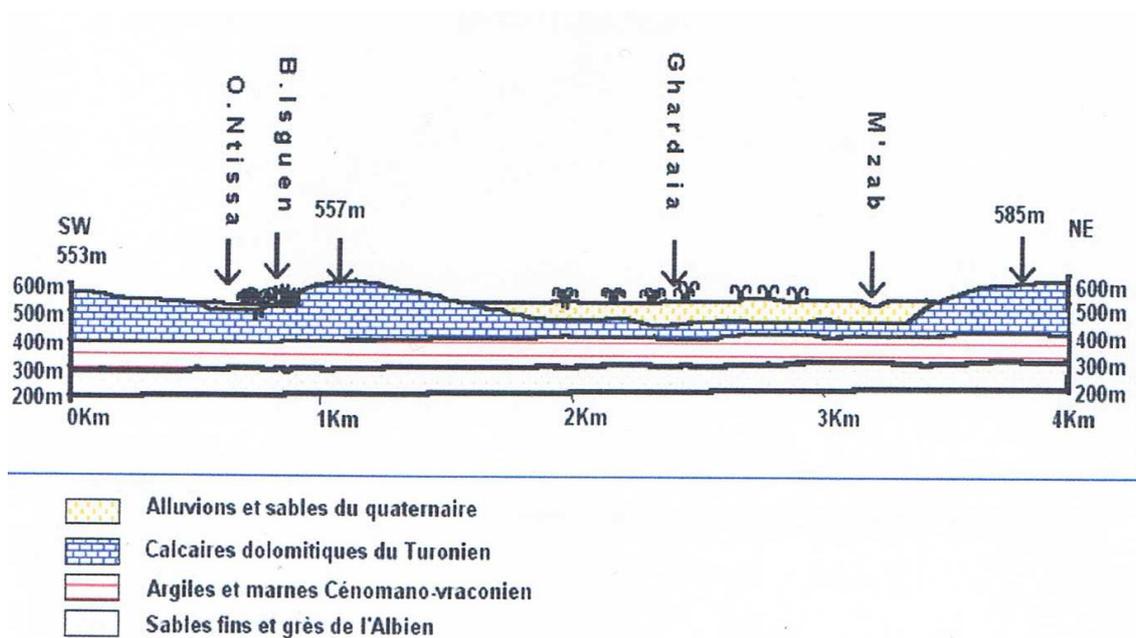


Figure 20: Coupe géologique de la région de Ghardaïa contenant la zone d'étude

1.4. Étude hydrologique de la région de Kaf Dokhan :

Point de vue hydrogéologique, Ghardaïa (dont la zone d'étude fait partie) est constitué de trois (03) types de nappes :

141. La nappe phréatique :

Formé d'alluvions et de sables du quaternaire, constituée de galets et de poudingues tapissant les lits des oueds. Les alluvions reposent sur les couches calcaires dures du turonien. L'épaisseur de la nappe varie entre 25 à 30 m.

142. Le Turonien :

Il est constitué de calcaire dolomitique massif d'une épaisseur de 40 à 50 m.

143. L'albien :

Elle est profonde, et est constituée d'une masse importante de grès et sables fins argileux. Le Cénomaniens représente son toit imperméable.

Ce qui implique l'application d'une étanchéisation du sol de la STEP afin d'éviter tout risque de contamination de la nappe [4].

La figure suivante représente la piézométrie des aquifères à travers la région de Ghardaïa (dont la zone d'étude fait partie).

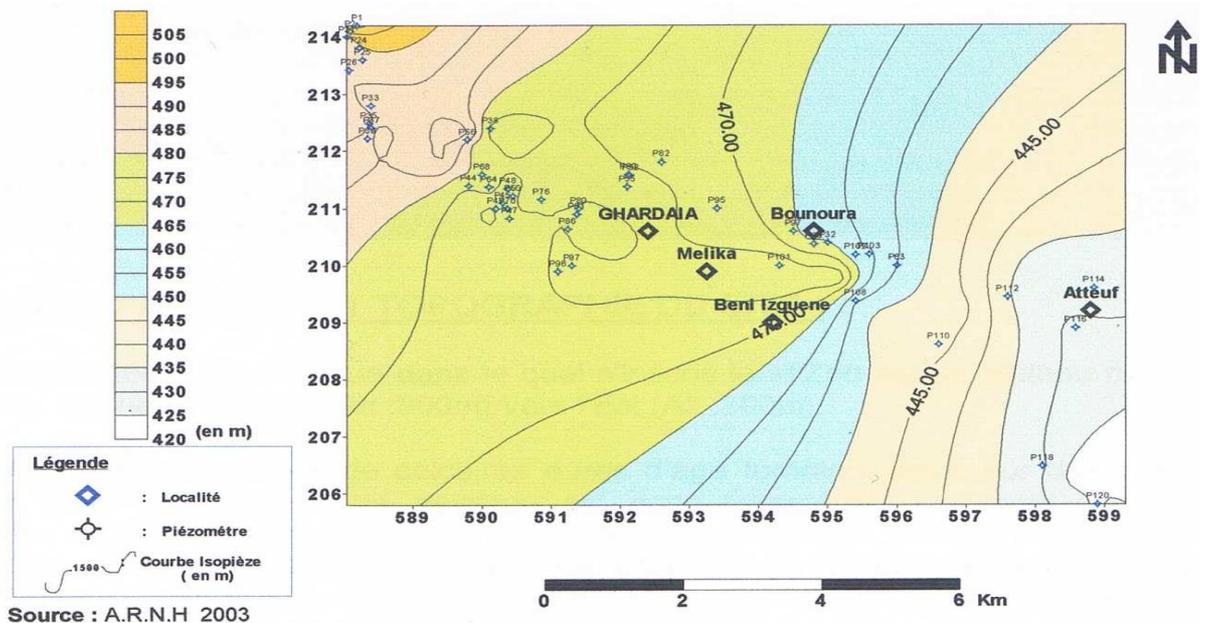


Figure 21 : Piézométrie des eaux souterraine de la région de Ghardaïa

1.5. Étude démographique de la population concernée :

1.5.1. Estimation de la population :

La STEP est réalisée pour qu'elle puisse fonctionner jusqu'à 2030 et le développement démographique qu'on peut atteindre pendant ce temps-là est de 332000 Habitants environ, estimé par la relation suivante :

Où

$$P_n = P_0 \left(1 + \frac{T}{100}\right)^n$$

P_n : Nombre d'habitants à horizon d'étude. (2030)

P_0 : Nombre d'habitants à l'année de référence.

T : Taux d'accroissement démographique.

n : Différence en années entre l'horizon et l'année de référence.

Voici le tableau qui présente le taux d'accroissement de la population de chaque municipalité de Ghardaïa concernée par la STEP, avec le développement démographique :

Tableau 07 : population et taux d'accroissement

Nombre d'habitants	1991	1996	2000	2010	2020	2030
Daya	6 510	8 680	10 900	17 100	24 500	33 400
Ghardaïa	72 420	81 140	88 600	115 100	148 200	190 000
Bounoura	21 720	24 870	27 700	36 400	45 100	54 600
El Atteuf	10 100	12 560	15 000	23 100	35 800	53 700
Population totale	110 750	127 250	142 200	191 700	253 600	331 700
% d'accroissement par an	-	1,49%	1,17%	3,48%	3,23%	3,08%

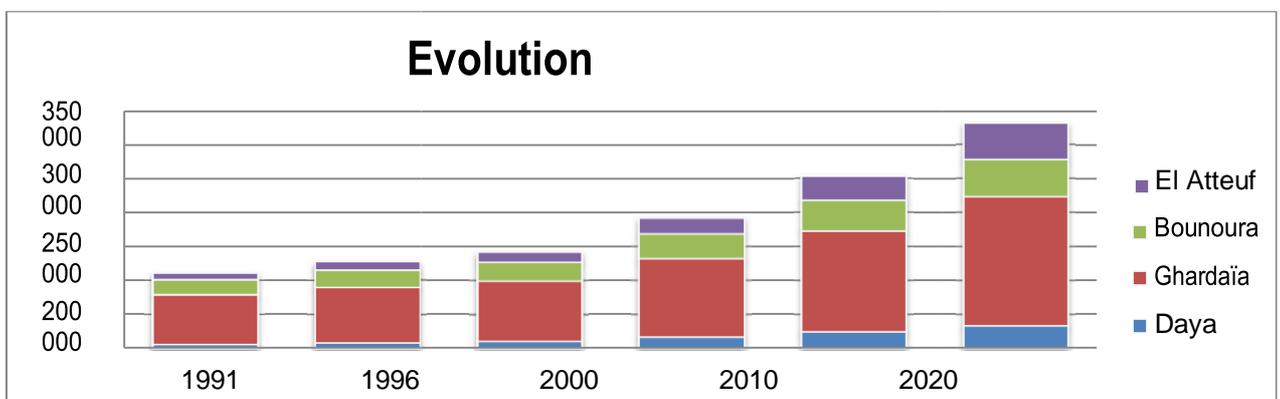


Figure 22 :Evolution Démographique

1.6. Description des conditions climatiques :

1.6.1. Température :

La période chaude commence au mois de Mai et dure jusqu'au mois de Septembre.

La température moyenne enregistrée au mois de Juillet est de 35°C, le maximum absolu de cette période a atteint 41 °C. Pour la période hivernale, la température moyenne enregistrée au mois de Janvier ne dépasse pas 12°C, le minimum absolu de cette période a atteint 2.5°C.

En hiver les température d'air minimales sont enregistrée en décembre avec 12° C et en janvier avec 11.01° C, elles peuvent aussi chuter jusqu'à 0°C.

En été la température moyenne est de 36° C peut être atteinte en juillet. En valeur absolue, en été nous pouvons enregistrer des températures d'air moyennes maximales de 40°C et 42°C, avec des pics occasionnels de 46°C [4].

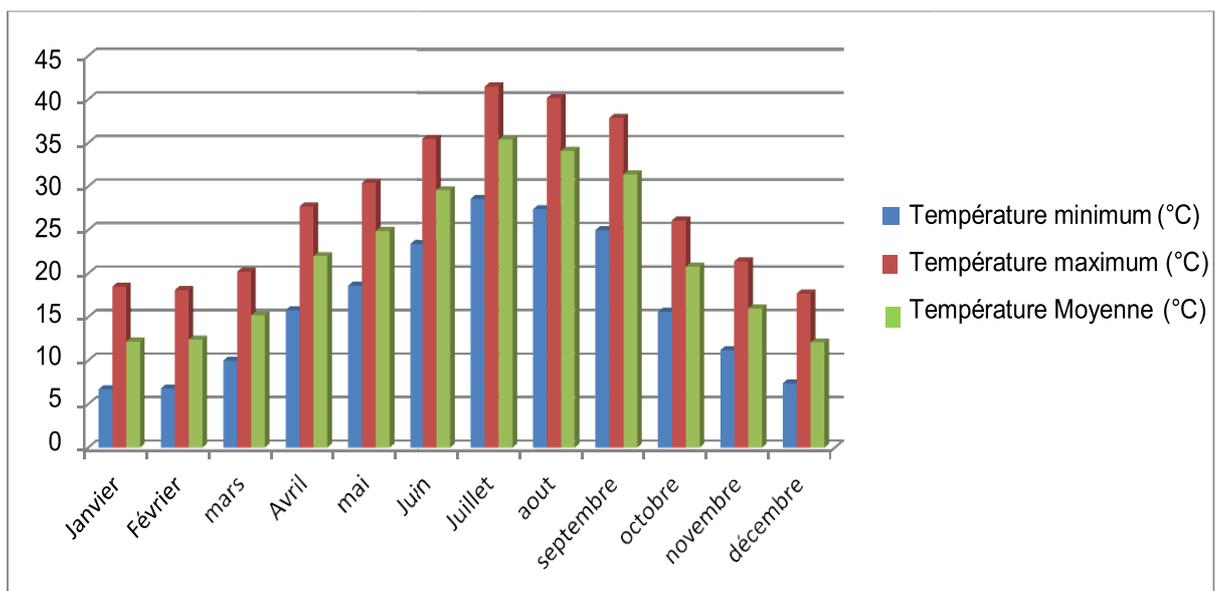


Figure 23 : température mensuelle l'année 2015 .

[4]

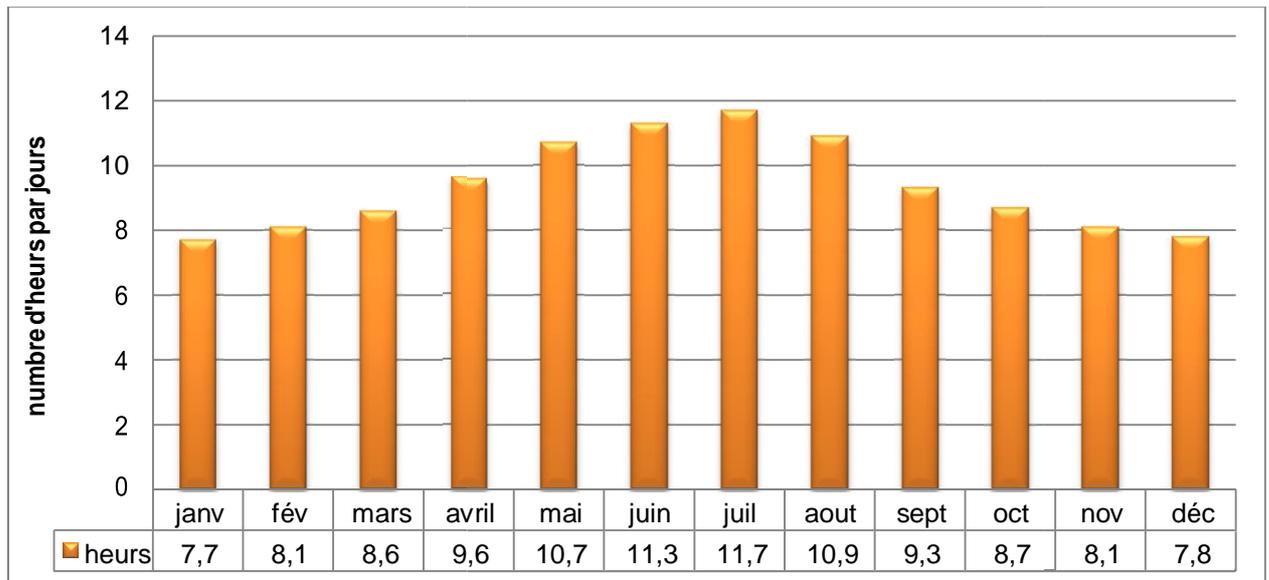
Tableau 08 : température mensuelle

Année 2015	Température Moyenne (°C)	Température maximum (C°)	Température minimum (C°)
Janvier	12.2	18.5	6.7
Février	12.4	18.1	6.8
mars	15.2	20.2	10
Avril	22	27.7	15.8
mai	24.9	30.4	18.6
Juin	29.6	35.5	23.4
Juillet	35.4	41.5	28.6
aout	34.1	40.2	27.4
septembre	31.4	37.9	25
octobre	20.8	26.1	15.6
novembre	16	21.4	11.2
décembre	12,1	17.7	7.4

[4].

1.6.2. Ensoleillement :

Les valeurs moyennes mensuelles de l'ensoleillement au niveau de la station de Ghardaïa de mesure sont les suivantes :



[4]

Figure 24: ensoleillement moyenne mensuelles .

1.6.3. Les vents :

En hiver, les latitudes les plus basses permettent aux perturbations du front polaire de des cendres vers Sud atlantiques et le Sahara septentrional ; les vents sont réguliers sur la partie

méridionale des hautes pressions , dit : l ' Alizé d 'Harmattan .

En été, les influences sahariennes s'étendent dans toutes l'Algérie septentrionale

Jusqu'au Sud de l'Europe à cause des déplacements des hautes pressions vers les latitudes les plus élevées [4].

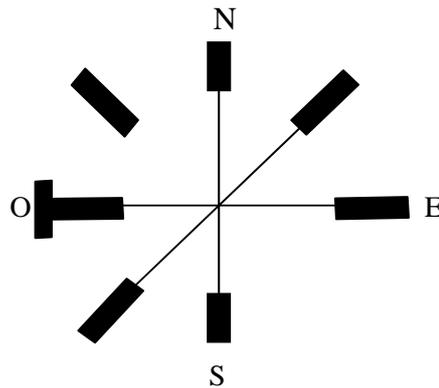


Figure 25: Direction des vents dominants

- ❖ **Au Sud du Sahara :** ce sont les vents du Nord à Nord/ Est.
- ❖ **Au Nord/Est du Sahara :** ce sont les vents Alésiens saisonniers Nord à Nord/Est.
- ❖ **Au Nord du Sahara :** ce sont les vents du Sud très brûlants.

1.6.3.1. Les vents d'origine Nord :

Les vents du Nord sont les plus fréquents pendant les mois de Janvier à Mars, Octobre et Décembre.

Ils sont à l'origine d'importantes précipitations quant les perturbations qui se forment sur la Méditerranée progressent vers le Sud Algérien [4].

1.6.3.2. Les vents d'origine Est:

Cette direction prédomine au cours des mois d' Avril jusqu'à Septembre avec des foises vents soufflant du Nord au Sud. Les vents du Sud sont à l'origine

du sirocco qui atteint les côtes méditerranéennes. Ils sont fréquents pendant l'été (Juillet– Août) et rares en hiver mais peuvent se manifester au mois de

Septembre [4].

1.6.3.3. Les vents d'origine ouest :

Ces vents sont présents pendant toute l'année avec cependant une certaine force remarquable au cours de l'hiver et du printemps. Les averses qu'on observe pendant ces deux saisons sont dues à ces vents qui circulent d'Ouest en Est [4].

Nous résumons dans le tableau 09 suivant les vitesses des vents observés entre 1988 - 2006 de la station de Noumérat :

Tableau 09 : Moyenne mensuelles des vitesses maximales du vent l'année 2015

Mois	Janv.	Févr.	Mars	Avril	Mai	Juin	Juill.	Août	Sept	Oct.	Nov.	Déc.
Vent Max en (km/h)	18,1	26,2	26,2	25,3	24,8	24,8	25,5	23,5	26,1	18,5	22,8	21,1

[4].

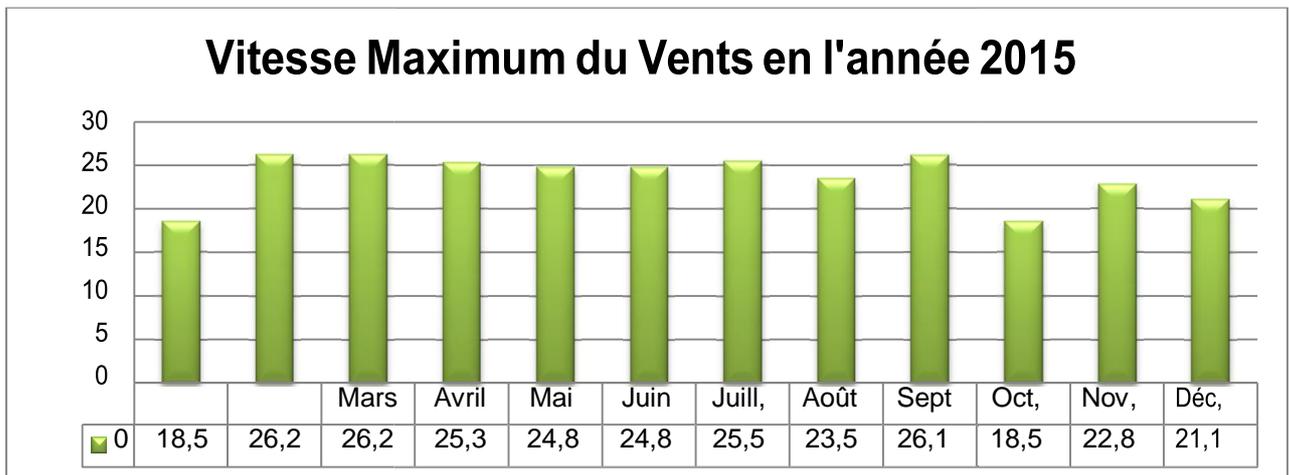


Figure 26 : Vitesse Maximum du Vents en l'année 2015

[4].

L'analyse de la figure, montre que la vitesse maximale du vent, mise à part les mois d janvier et octobre, elle dépasse les 20 km/h, avec des pics qui peuvent atteindre 30 Km/h enregistrés en Février et mars et Septembre.

Ces vents de différentes directions sont caractérisés par une circulation importante de grandes masses mouvantes de sable.

Cette mouvance du sable augmente d'avantage en se déplaçant vers le Sud de la zone étudiée.

Ceci implique la formation des bancs de sable et des dunes, au niveau des obstacles ou lors d'une diminution de la vitesse du vent [4].

1.6.4. Pluviométrie:

Tableau 10 : Précipitation moyenne mensuelle (mm) en 2015

Mois	Janv.	Févr.	Mars	Avril	Mai	Juin	Juill.	Août	Sept	Oct.	No v.	Déc.
Précipitation moyenne (mm)	0	0	49.28	7.87	0	0	12.96	1.53	21.08	57.92	0	3.3

[4].

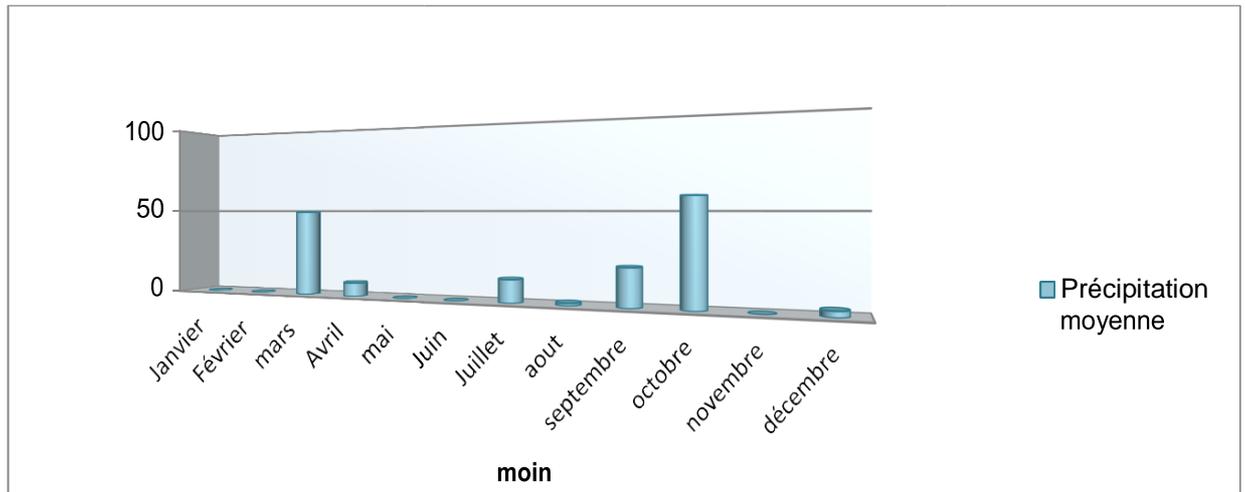


Figure 27 : Précipitation mensuelle en année 2015

[4].

1.6.5. Évaporation :

1.6.5.1.Évaporation mesurée :

L'évaporation est mesurée journallement sur le bac type COLORADO de la station de Ghardaïa (1988,2005).

Cette évaporation journalière est définie par la relation :

$$E = P \pm H$$

E : Evaporation journalière du bac en mm,

P : Précipitation en mm,

H : Hauteur d'eau ajoutée ou enlevée dans le bac (mm) [4].

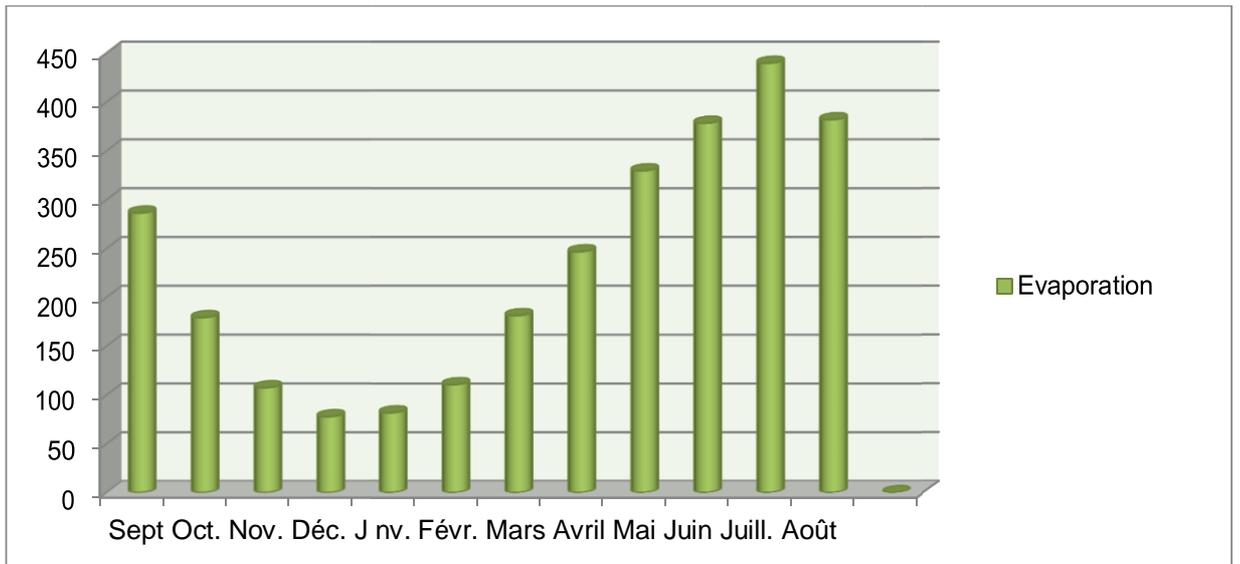
Pour notre zone d'étude, les valeurs observées de l'évaporation du plan d'eau libre sont résumées dans le tableau N° 11 suivant :

Tableau 11 : Evaporation moyenne mensuelle (mm)

Mois	Sept	Oct .	Nov.	Déc.	Janv.	Févr .	Mars	Avril	Mai	Juin	Juill .	Août	Annuel
Evaporat ion (m m)	286,4	179,3	107,5	77,8	81,8	110,6	181,3	246,8	329,7	378,4	439,9	382,0	2801.53

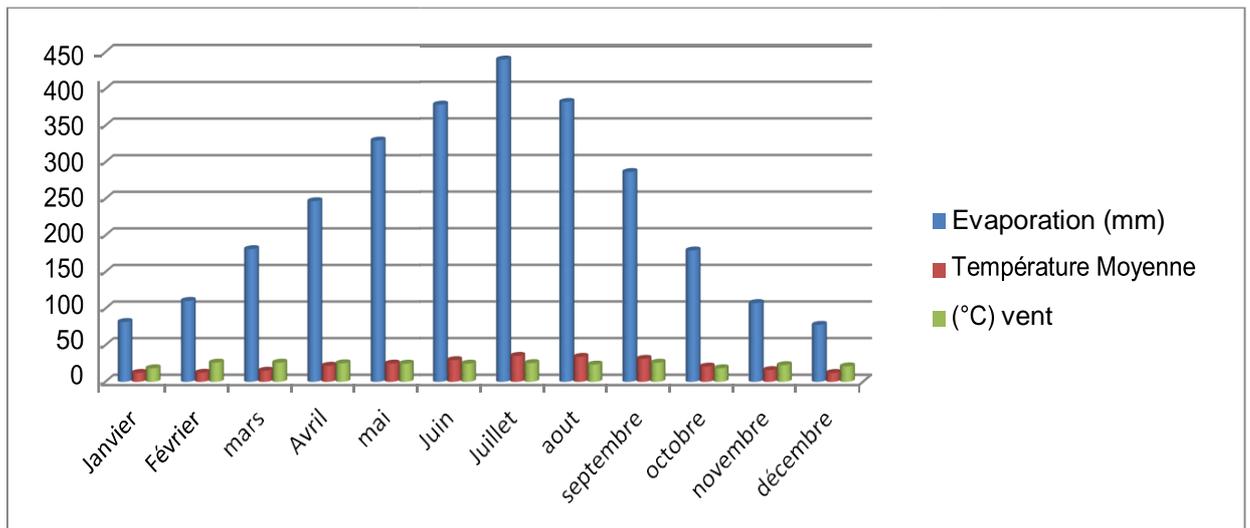
Source ANRH

Nous représentons dans la figure suivante la variation de l'évaporation par rapport à la précipitation et la température.



[4]

Figure 28 : Evaporation moyenne mensuelle



[4]

Figure 29 : Evaporation et température et vitesse de vent moyenne mensuelle en année 2015

Nous remarquons que l'évaporation varie proportionnellement à la température et Contrairement à la précipitation.

Cette évaporation est faible entre Novembre et Mars et plus faible encore entre Décembre et Janvier, c'est -à-dire durant la période humide, lorsque les précipitations sont plus élevées que les températures.

Au cours des autres mois de l'année l'évaporation est très importante en registrant des pics très élevés allant à 440 mm le mois de Juillet [4].

1.6.5.1. Evaporation réelle :

Ces mesures ne sont pas représentatives de l'évaporation réelle d'une surface d'eau libre. Cet écart résulte de la différence d'inertie thermique des appareils mis en place ainsi que de l'effet de paroi pour les bacs. Pour déterminer l'évaporation réelle nous sommes appelés à recourir à un coefficient correcteur (K).

D'après diverses études réalisées en Algérie et à l'aide du mémoire réalisée sur la détermination pratique de l'évaporation de (M.RTOU-ORSTOM) le coefficient correcteur retenu pour le bac Colorado est égal à : **$K = 0.78$**

L'estimation de l'évaporation réelle est résumée dans le tableau 12 suivant[4]:

Tableau 12 : Evaporation Réelle Mensuelle (mm)

M o i s	Sept	Oct .	Nov	Déc	Janv	Févr	Mars	Avril	Mai	Juin	Juill	Août	Ans
Evaporation (m m)	223,4	139,9	83,9	60,7	63,8	86,2	141,4	192,5	257,2	295,2	443,1	297,9	2185,2

[4].

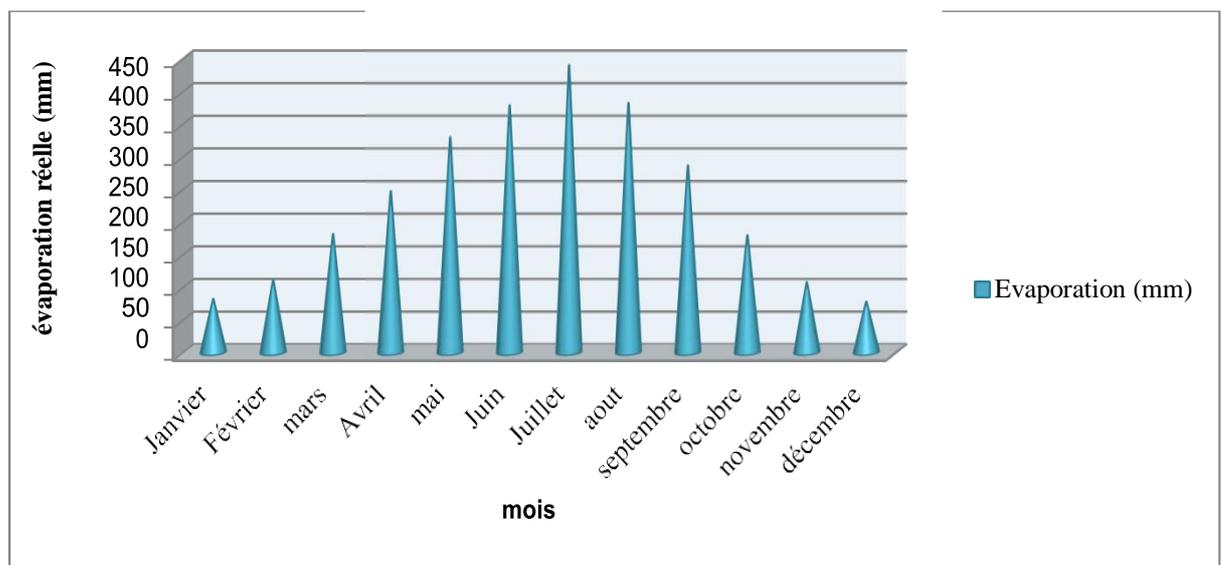


Figure 30 : Evaporation de la surface d'eau libre

Chapitre 2

Généralité sur les eaux usées

2.1. Définition de la Pollution :

La pollution est la conséquence de l'introduction de matières, en quantité suffisamment importante pour perturber son fonctionnement habituel à court, moyen, ou long terme. La plupart du temps elle est due à l'activité de l'homme mais pas toujours.

Pour cerner correctement la notion de pollution par un effluent, il faut intégrer plusieurs facteurs qui caractérisent l'eau usée et le site où elle est rejetée :

- 1- La nature des produits incriminés,
- 2- Leurs concentrations (leurs quantités) dans l'eau usée,
- 3- La durée pendant laquelle elle est rejetée,
- 4- La sensibilité du milieu récepteur, c'est à dire, de l'écosystème qui recevra ces produits !

A quantité égale tous les produits n'ont pas le même impact polluant. Il peut être plus ou moins important en fonction de leur nature.

Ceux qui ont un impact important à faible concentration sont dits « toxiques » parce que, présents en faible quantité, ils vont modifier de manière importante et dans un sens négatif, l'équilibre de l'écosystème. Cela peut être le cas de métaux lourds, de cyanures, d'arsenic ou des molécules qui sont utilisées pour les traitements phytosanitaires [13].

L'introduction d'un polluant dans un écosystème peut modifier l'équilibre d'une communauté microbienne et permettre le développement de bactéries pathogènes qui peuvent être à l'origine de maladies chez l'homme, les animaux ou les plantes...

Lorsqu'une eau usée est récupérée dans un réseau tuyau de par exemple, elles sont disponibles pour être traitées en un point précis. C'est ce que l'on appelle la **pollution localisée**.

Par contre quand des produits chimiques sont répartis dans les champs (comme les engrais, ou des produits phytosanitaires), seulement une partie de ce qui a été répandu sera absorbés par les plantes ou transformés par les micro-organismes du sol.

Les restes qui ne seront pas consommés peuvent être « polluants » car ils seront emportés par les pluies et vont modifier l'équilibre de l'écosystème naturel en d'autres endroits.

L'homme ne peut à posteriori rien faire pour éliminer cette pollution, parce qu'elle est répartie sur de grandes surfaces (ou dans de grands volumes d'eau). On la qualifiera de pollution diffuse [13].

2.2. Origine des eaux usées :

Les eaux usées résultent de la pollution tant physico-chimique que bactériologique des eaux de consommation de bonne qualité, du fait des activités humaines, qu'elles soient domestiques, industrielles ou agricoles [13]. Ces eaux proviennent de quatre sources principales :

2.2.1. Les eaux usées domestiques :

Elles proviennent des différents usages domestiques de l'eau. Elles sont essentiellement porteuses de pollutions organiques. Elles se répartissent en eau ménagère qui a pour origine les salles de bain et les cuisines, elles sont généralement chargées de détergents, de graisses, de solvants, et de débris organiques. Il s'agit aussi des rejets des toilettes, chargées de diverses matières organiques azotées et de germes fécaux.

La pollution journalière produite par une personne utilisant de 150 à 200 litres d'eau est évaluée à :

De 70 à 90 grammes de matières en suspension.

De 60 à 70 grammes de matières organiques.

De 15 à 17 grammes de matières azotées.

4 grammes de phosphore.

Plusieurs milliards de germes pour 100 ml [13].

2.2.2. Les 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 contiennent également des produits toxiques, des solvants, des métaux lourds, des micropolluants organiques, des hydrocarbures [13].

2.2.3. Les eaux usées pluviales :

Normalement les eaux pluviales ne sont pas forcément polluées. Elles ne sont considérées comme des eaux usées que si elles sont mélangées avec des effluents urbains au niveau des égouts de type unitaire. Elles sont de même nature que les rejets domestiques et peuvent contenir en plus des éléments toxiques [13].

2.2.4. Les eaux usées de ruissellement agricole :

Il s'agit de rejets liquides agricoles issus du ruissellement d'eau d'irrigation qui entraîne des engrais, des pesticides, des herbicides ou des rejets organiques dus à un élevage important.

2.3. Caractérisation des eaux usées :

La composition des eaux usées est extrêmement variable en fonction de leur origine (industrielle, domestique, etc.). Elles peuvent contenir de nombreuses substances, sous forme solide ou dissoute, ainsi que de nombreux micro-organismes. En fonction de leurs caractéristiques physiques, chimiques, biologiques et du danger sanitaire qu'elles représentent, ces substances peuvent être classées en quatre groupes : les micro-organismes, les matières en suspension, les éléments traces minéraux ou organiques, et les substances nutritives [13].

2.3.1. Propriétés organoleptiques :

2.3.1.1. La couleur :

La coloration d'une eau est dite vraie ou réelle lorsqu'elle est due aux seules substances en solution, elle est dite apparente quand les substances en suspension y ajoutent leur propre coloration la couleur réelle et apparente sont approximativement identiques dans l'eau claire et les eaux de faible turbidité.

2.3.1.2. Le goût :

Le goût est un ensemble de sensation chimique perçus lorsque la boisson est dans la bouche.

2.3.1.3. L'odeur :

Une eau destinée à l'alimentation doit être inodore, en effet toute odeur est un signe de pollution ou de la présence de matière organiques en décomposition [5].

2.3.1.4. La saveur :

Le goût est un ensemble de sensation perçus à la suite de la stimulation par certaines, substances bourgeons gustatifs.

2.3.1.5. La turbidité :

La turbidité d'une eau est due à la présence des matières en suspension finement divisées argiles, limons, grains de silice, matière organique. L'appréciation de l'abondance de ces

métiers mesure son degré de turbidité, celui-ci sera d'autant plus faibles que le traitement de l'eau aura été plus efficace [6]

2.3.2. Paramètres physicochimiques

2.3.2.1. La température :

Il est primordial de connaître la température d'une eau. En effet, elle joue un rôle très important dans la solubilité des sels et surtout des gaz, et la détermination du pH. Donc cette grandeur physique permet de déceler les conditions extrêmes préjudiciables au nb fonctionnement du processus biologique.

2.3.2.2. Le potentiel d'Hydrogène (pH):

Le pH est la mesure du caractère acide ($1 < \text{pH} < 7$) ou basique ($7 < \text{pH} < 14$) des eaux usées. En général, l'activité biologique se situe entre 6.5 et 8 unités de pH. En dehors de cet intervalle, le pH affecte la vie aquatique et par conséquent influence l'autoépuration du milieu naturel.

2.3.2.3. Matières en suspension (MES) :

C'est la quantité de pollution organique et minérale non dissoute dans l'eau [7].

Les MES sont responsable d'ensablement et de baisse de pénétration de la lumière dans l'eau, ce qui entraîne une diminution l'activité photosynthétique une chute de la productivité du phytoplancton.

2.3.2.4. Demande biochimique en oxygène (DBO) :

Les phénomènes d'autoépuration dans les eaux superficielles résultent de la dégradation des charges organiques polluantes par les micro-organismes. La demande biologique en oxygène est, par définition, la quantité d'oxygène nécessaire aux microorganismes vantés pour assurer l'oxydation et la stabilisation des matières organiques présentes dans l'eau usée. C'est un paramètre qui permet d'évaluer la fraction de la pollution organique biodégradable.

Par convention, la DBO_5 est la valeur obtenue après cinq jours d'incubation [8].

La gamme de la DBO_5 des eaux usées urbaines au Maroc est 200-400mg/L.

2.3.2.5. La demande chimique en oxygène (DCO) :

DCO est la quantité d'oxygène nécessaire pour oxyder les matières organiques y compris les matières biodégradables et non biodégradables par voie chimique. Vu la simplicité de mesure de DCO et sa précision, il s'est avéré nécessaire de développer

corrélations entre la DBO et la DCO ainsi le rapport⁵ DCO/ DBO₅ des eaux usées urbaines est proche de deux, le rapport DCO/ DBO₅ des effluents domestiques est de 1,9 à 2,5.

2.3.2.6. L'azote :

Les formes de l'azote dans les eaux usées sont l'azote total (NTK), les nitrates (NO₃⁻) et les nitrites (NO₂⁻). En plus de la toxicité de la forme ammoniacale et nitrique l'azote intervient dans le phénomène de l'eutrophisation. Donc, sa caractérisation et sa quantification sont primordiales pour les rejets liquides dans le milieu naturel [14].

2.3.2.7. Le phosphore :

C'est la quantité de phosphore total contenu dans l'eau sous diverses formes : polyphosphates, organophosphates et orthophosphates. Le phosphore est aussi responsable de l'eutrophisation du milieu aquatique, d'où l'obligation de sa détermination [9].

2.3.2.8. Les nitrates :

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 dans les eaux superficielles et quelques mg/L 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. La teneur en nitrates est en augmentation ces dernières années, de l'ordre de 0,5 à 1 mg/l/an, voire 2 mg/l/an dans certaines régions. Cette augmentation a plusieurs origines :

- Agricole : agriculture intensive avec utilisation massive d'engrais azoté ainsi que rejets d'effluents d'élevage. Cette source représente les 2/3 de l'apport en nitrates dans le milieu naturel ;

- Urbaine : rejet des eaux épurées des stations d'épuration où l'élimination de l'azote n'est pas total et qui peuvent rejeter des nitrates ou des ions ammonium qui se transformeront en nitrates dans le milieu naturel.

Cette source représente les 2/9 des apports ;

- Industrielle : rejet des industries minérales, en particulier de fabrication des engrais azotés. Cette source représente 1/9 des apports [10].

2.3.2.9. L'azote ammoniacal :

Pour désigner l'azote ammoniacal, on utilise souvent le terme d'ammoniaque qui correspond au formes ionisées (NH₄⁺) et non ionisées (NH₃) de cette forme d'azote.

L'ammoniaque constitue un des maillons du cycle de l'azote. Dans son état primitif, l'ammoniac (NH_3) 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 (NH_4^+).

Les réactions réversibles avec l'eau sont fonction également de la température et sont les suivantes :



2.4. Oligo-éléments et les toxiques minéraux :

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

La plupart sont désignés comme étant "métaux lourds", bien que tous ne soient pas des métaux ; ces éléments sont soumis à des normes, particulièrement en eau potable, mais aussi en rejets industriels, pour les boues d'épuration valorisable en agriculture, pour les épandages de boues de curage de rivières [11].

2.5. L'équivalent habitant (EH) :

Un équivalent habitant correspond à la pollution quotidienne que génère un individu. Chacun se sent utiliser 180 à 300 l d'eau par jour.

La quantité de pollution journalière produite par un individu est estimée à 57 g de matières oxydables (MO), 90 g de matières en suspension (MES), 15 g de matières azotées (MA), et 4 g de matières phosphorées (MP). Enfin, la concentration des germes est généralement de l'ordre de 1 à 10 milliards de germes pour 100 ml.

2.6. Les normes algériennes de rejet d'effluents :

Les eaux usées collectées, dans les réseaux urbains ou les eaux usées directement émises par les industries, ne doivent être rejetées dans un milieu récepteur naturel (rivière, lac, littoral marin, ou terrain d'épandage) que lorsqu'elles correspondent à des normes fixées par voie réglementaire.

Le Décret exécutif n° 93-160 du 10 Juillet 1993, du Journal Officiel de la République Algérienne réglementant les rejets d'effluents liquides dans son chapitre I, article 2, définit un rejet comme tout déversement, écoulement, jets, dépôts directs ou indirects d'effluents

liquides dans le milieu naturel et fixe, en son annexe, les valeurs limites de ce rejet représentées dans Tableau 13 [12].

Tableau 13 : Normes de rejets Algériennes.

Paramètre	Valeurs seuil	Unité
Temperature	30	°C
PH	6,5-8,5	-
DBO ₅	35	mg/l
DCO	120	mg/l
MES	35	mg/l
Azote Kjeldahl	30	mg/l
Phosphates	02	mg/l
Phosphore total	10	mg/l
Cyanures	0,1	mg/l
Aluminium	03	mg/l
Cadmium	0,2	mg/l
Fer	03	mg/l
Manganèse	01	mg/l
Mercur total	0,01	mg/l
Nickel total	0,5	mg/l
Plomb total	0,5	mg/l
Cuivre total	0,5	mg/l
Zinc total	3	mg/l
Huiles et graisses	20	mg/l
Hydrocarbures totaux	10	mg/l
Indice de phénols	0,3	mg/l
Fluor et composés	15	mg/l
Etain total	02	mg/l
Composés organiques chlorés	05	mg/l
Chrome total	0,5	mg/l
Chrome ³⁺	03	mg/l
Chrome ⁶⁺	0,1	mg/l
Solvants organiques	20	mg/l
Chlore actif	1	mg/l
PCB	0,001	mg/l
Détergents	2	mg/l
Tensioactifs anioniques	10	mg/l

2.7. Les Normes internationales :

La norme est représentée par un chiffre qui fixe une limite supérieure à ne pas dépasser ou une limite inférieure à respecter. Un critère donne est rempli lorsque la norme est respectée pour un paramètre donné. Une norme est fixée par une loi, une directive, un décret de loi. Les normes internationales selon l'organisation mondiale de la santé pour les eaux usées sont représentées dans le tableau 14 [12].

Tableau 14 : Normes de rejets internationales.

Paramètre	Valeurs seuil	unité
PH	6,5-8,5	-
DBO ₅	<30	mg/l
DCO	<90	mg/l
MES	<20	mg/l
NH ₄ ⁺	<0,5	mg/l
NO ⁻²	1	mg/l
NO ⁻³	<1	mg/l
P ₂ O ₅	<2	mg/l
Temperature T	<30	°C
Couleur	Incolore	-
Odeur	Inodore	-

2.8. Conclusion :

Collectées par le réseau d'assainissement, les eaux usées contiennent de nombreux éléments polluants, provenant de la population, des activités commerciales, industrielles et agricoles et des phénomènes naturels.

Les eaux usées se caractérisent par des paramètres physico-chimiques et bactériologiques, qui permettent de déterminer leur éventuelle origine et de connaître l'importance de leur charge polluante.

Avant qu'elles ne soient rejetées dans le milieu naturel et ne le dégradent, elles doivent impérativement obéir des normes établies pour protéger les milieux récepteurs contre la pollution. Pour cela, elles sont acheminées vers une station d'épuration où elles subissent plusieurs phases de traitement.

Chapitre 3

Généralité sur l'argile

3.1- Introduction

L'argile est une terre naturelle. C'est plus précisément une roche terreuse à texture très fine, imperméable lorsqu'elle est sèche, plastique lorsqu'elle est humide.

L'argile joue un rôle important dans certains domaines d'activité, tels la fabrication de médicaments et le traitement des eaux polluées, par exemple dans l'adsorption des composés organiques toxiques. L'activation est un procédé qui consiste à améliorer les propriétés d'adsorption de l'argile en lui faisant subir un traitement thermique ou chimique.

3.2- Définition de l'argile :

L'argile est une roche sédimentaire, composée pour une large part de minéraux spécifiques, silicates en général d'aluminium plus ou moins hydratés, à structure feuilletée (phyllosilicates) ou structure fibreuse (sépiolite et palygorskite) qui explique leurs qualités d'absorption et leur plasticité [15].

Véritable cadeau de la nature, l'argile est essentiellement constituée de silicates d'alumine hydratés, dans lesquels sont imbriqués des éléments minéraux qui lui donnent sa coloration. Ces éléments présents en quantités réduites sont des oxydes d'alumine, de titane, de calcium, de magnésium, de potassium et de sodium [16].

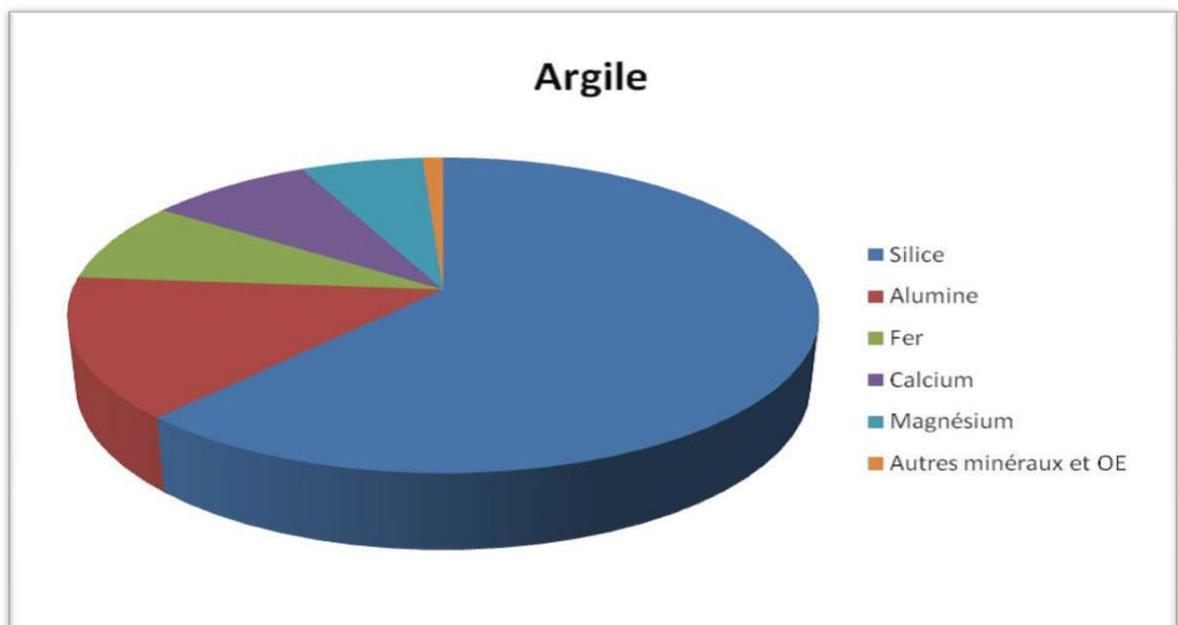


Figure 31 : Résumé pour les constituants en général de l'argile

3.3- Argile de la Mer Morte :

La boue de la mer Morte est l'un des minéraux et des sels les plus riches du monde, avec une concentration sept fois supérieure à celle du sel dans l'océan. Il est de notoriété publique que la mer Morte ne contient aucune forme de vie, Les bactéries, qui ont su s'adapter à cet environnement très salé, l'utilisent depuis l'Antiquité jusqu'à nos jours, pour la cicatrisation et le traitement, ainsi qu'à des fins esthétiques [17].

3.3.1- Les métaux Argile de la Mer Morte :

- **Calcium** : favorise le renouvellement cellulaire, revitalise la peau et la maintient humide, et aide à réduire l'ostéoporose.
- **Sodium** : réduit l'accélération du processus de vieillissement en maintenant la peau fraîche et en préservant sa santé.
- **Le magnésium** : aide également à ralentir le vieillissement de la peau, réduit les dommages causés à ses cellules, car il agit pour la protéger des allergies et des éruptions cutanées.
- **Soufre** : aide à éliminer les toxines et les impuretés de la peau.
- **Potassium** : agit pour ajuster l'équilibre d'hydratation de la peau.
- **Bromure** : répare les cellules endommagées, restaure la vitalité de la peau [17].

3.3.2- Propriétés utiles de l'argile de la mer morte :

- Résident dans sa haute salinité (teneur en sel).
- La composition de la boue thérapeutique est similaire
- La Mer Morte a plus de trois décennies de sels minéraux [17].

3.4- Argile Local :

L'argile est constituée principalement de très petites plaquettes d'alumine et de silice liées à de l'eau. Il existe différents matériaux en argile qui peuvent lui donner des couleurs différentes. Par exemple, l'oxyde de fer peut rendre la boue rouge, alors que les composés du carbone donnent différentes nuances de gris, tandis que la matière organique donne l'argile noire.

3.5- Origine :

Les minéraux argileux proviennent de l'érosion des roches silicatées en particulier de la désagrégation des minéraux composants du granite : mica et feldspath. Les minéraux argileux les plus communs: la kaolinite, l'halloysite, la montmorillonite l'illite la vermiculite sont de très fines particules, elles peuvent soit resté sur place (argiles résiduelles, ex: argiles à silex, argiles de décalcification) soit être transportés sur de longues distances par les cours d'eau jusqu'au fond de la mer (ex : argiles des fonds océaniques) [18].

3.6- Minéralogie et cristallographie :

En 1980, les comités des nomenclatures de l' A.I.P.E.A. ont fixé une standardisation des termes structuraux [18]. Les termes plan, couche, et feuillet se référant à des arrangements plus ou moins épais d'atomes et sont utilisés de la manière suivante :

- **Les plans :** (planes) sont constitués par les atomes.
- **Les couches :** (sheets), tétraédrique ou octaédrique, sont formés par une combinaison de plans.
- **Les feuillets :** Les feuillets sont les unités structurales de base définissant la nature minéralogique, l'appartenance au type d'argile, les propriétés physico-chimiques ainsi que le comportement macroscopique. Le feuillet représente la répétition horizontale de la demi-maille dans les directions x et y. Il est assimilable à un disque ou à une plaquette, possédant des dimensions latérales de l'ordre du micron, et faisant à peu près un nanomètre d'épaisseur. Ces plaquettes sont considérées comme souples et relativement déformables. L'anisotropie des feuillets est très importante [19].

3.6.1- La couche tétraédrique :

Tous les phyllosilicates appartiennent au groupe des silicates, dont l'unité cristallographique de base est tétraèdre SiO_4 . Ils sont formés par des arrangements de tétraèdres qui sont susceptibles de développer des feuillets de grande dimension et dont la structure de base est Si_2O_5 , grâce à une liaison entre deux tétraèdres par un oxygène [18].

3.6.2- La couche octaédrique :

Deux structures de base sont également utilisées : la structure bruite et la structure gibbsite [18].

3.7- Classification des argiles :

Il existe différentes classifications des argiles. La plus classique est basée sur l'épaisseur et la structure du feuillet. On distingue ainsi quatre groupes [20].

- **Minéraux à 7 Å:** Le feuillet est constitué d'une couche tétraédrique et d'une couche octaédrique. Il est qualifié de T:O ou de type 1:1. Son épaisseur est d'environ 7 Å [20].
- **Minéraux à 10 Å:** Le feuillet est constitué de deux couches tétraédriques et d'une couche octaédrique. Il est qualifié de T:O:T ou de type 2:1. Son épaisseur est d'environ 10 Å [20].
- **Minéraux à 14 Å:** Le feuillet est constitué de l'alternance de feuillets T:O:T et de couches octaédriques inter foliaires [20].
- **Minéraux interstratifiés:** L'épaisseur du feuillet est variable. Ces minéraux résultent du mélange régulier ou irrégulier d'argiles appartenant aux groupes ci-dessus. Par ailleurs, on trouve dans la littérature des modèles différents pour la classification des phyllosilicates[20].

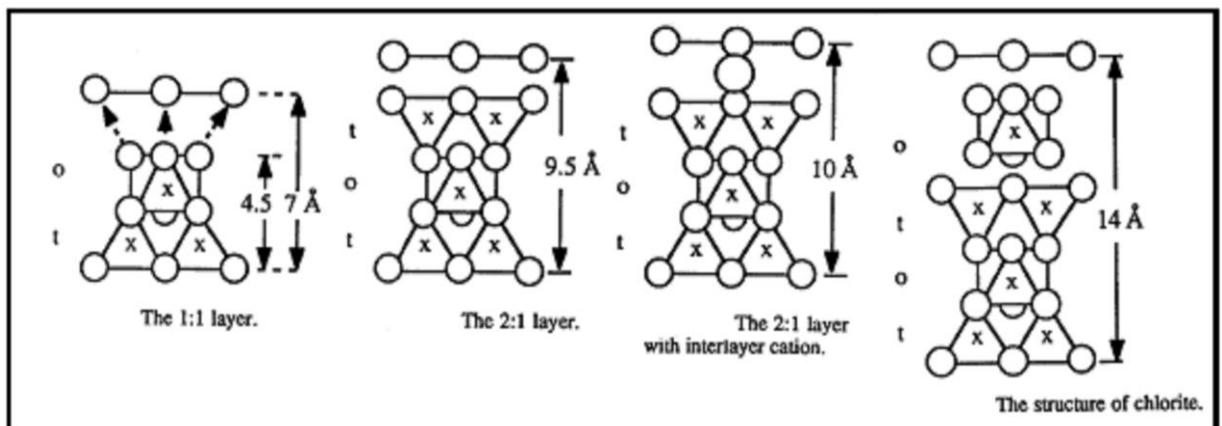


Figure 32 : Les familles argileuses

3.8- Type Structure des argiles :

Les groupes d'argiles les plus importants sont les kaolinites, les illites, les chlorites, et les vermiculites [19].

3.8.1- Structure de la Kaolinite : $(Si_2)(Al_2)O_5(OH)_4$ le feuillet de la kaolinite est toujours neutre, d'octaédrique et alumineux, de composition $(Si_2)(Al_2)O_5(OH)_4$.

La kaolinite se présente sous forme de particules hexagonales constitués par des empilements de feuillets [19].

La faible capacité d'échange des kaolinites est due à des sites de surface amphotères.

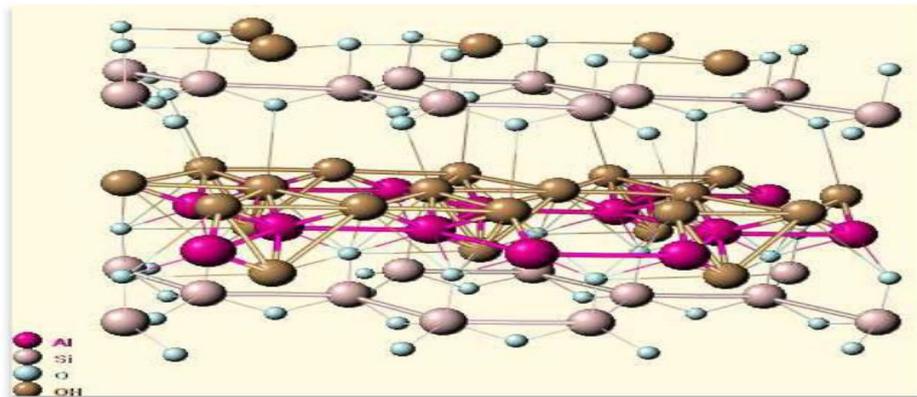


Figure 33 : Structure cristalline de la kaolinite d'après Bish and Von Dreele (1989).

3.8.2-Structure de l'illite : $(K, H_3O) (Al, Mg, Fe)_2 (Si, Al)_4 O_{10} [(OH)_2, (H_2O)]$

L'illite appartient à la famille des phyllosilicates 2 :1. Les feuillets possèdent une charge global négative, plus élevée que celle des smectites, qui est compensée par des ions potassium. La différence fondamentale avec les smectites réside dans le fait que les ions compensateurs (potassium) ne sont que très faiblement échangeables : l'illite a une capacité d'échange cationique faible. Il n'y a pas d'hydratation des espaces interfoliaires [19].

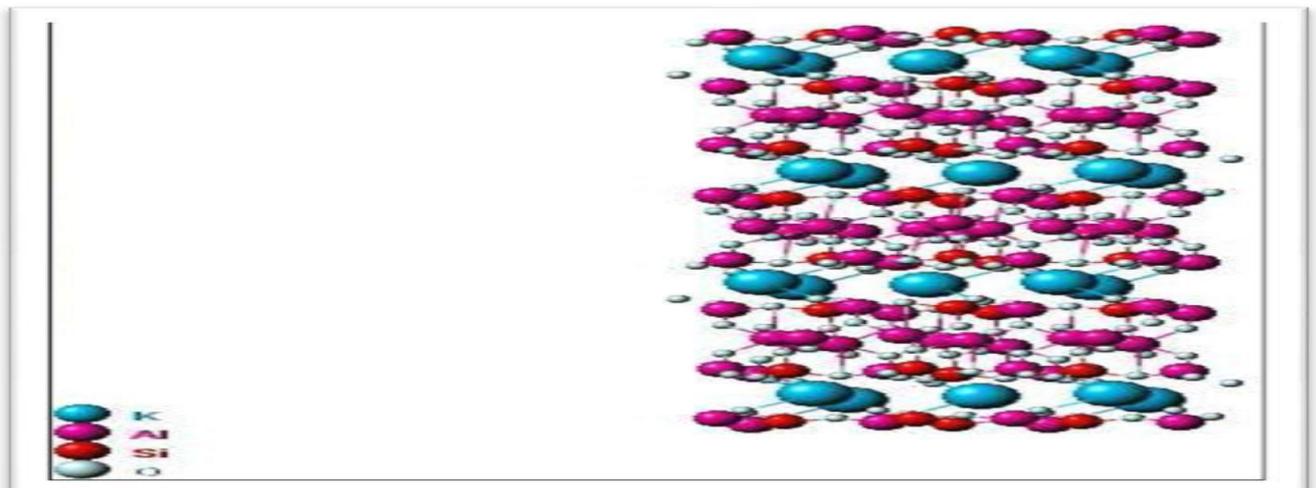


Figure 34 : Structure cristalline de l'illite (Gualtieri 2000).

3.8.3-Structure du chlorite: $(Mg, Al, Fe)_6 [(Si, Al)_4 O_{10}] (OH)_8$

Les chlorites appartiennent à la famille des phyllosilicates 2:1:1. Leur structure se compose d'un feuillet 2:1 entre lequel s'insère un feuillet de brucite [19].

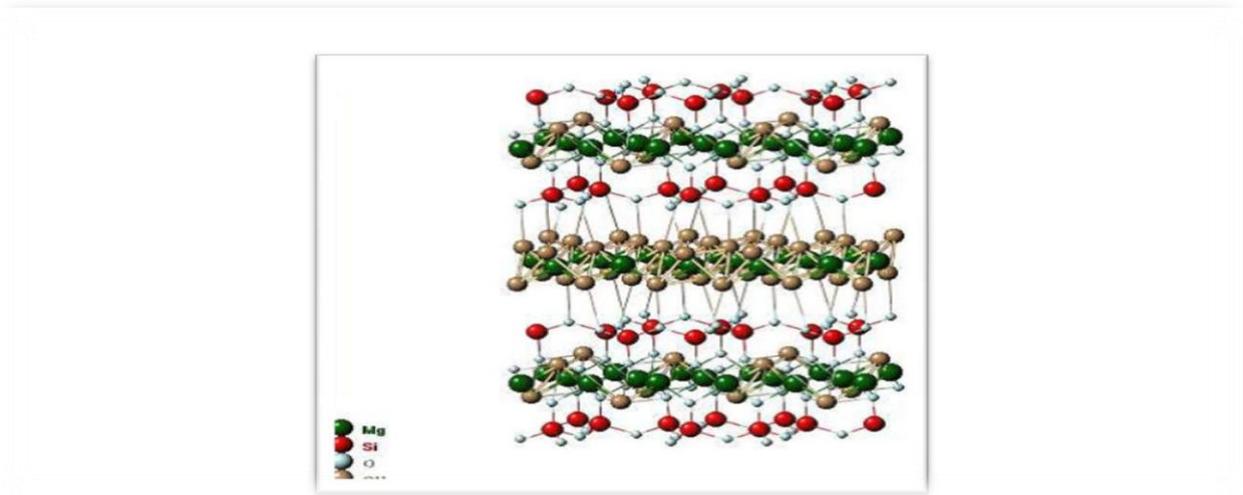


Figure 35 : Structure cristalline du chlorite (Brown and Bailey, 1963).

3.8.4-Structure de la vermiculite : $(\text{Mg}, \text{Ca}) (\text{Mg}, \text{Fe}, \text{Al})_6 (\text{Al}, \text{Si})_8 \text{O}_{22} (\text{OH})_4 \cdot 8\text{H}_2\text{O}$.

Les vermiculites appartiennent à la famille des phyllosilicates 2:1. Elles sont majoritairement trioctaédriques. Elles constituent une famille proche de celle des smectites, mais les feuillets sont caractérisés par un déficit de charge plus important.

Le déficit de charge est essentiellement dû aux substitutions tétraédriques et la compensation est assurée dans l'espace interfoliaire par des cations (Mg^{2+} principalement) et des couches d'eau [19].



Figure 36 : représentation d'une vermiculite (Gruner, 1934).

3.9- Le caractéristiques des l'argile:

Tableau 15 : Caractéristiques des différentes familles d'argile.

Nom	Type	Diamètre d'une particule(cm)	Surface spécifique en m ² g ⁻¹	C.E.C en meq /100 g
Kaolinite	1:1	0,1 – 4	10- 30	25 – 40
Illite	2:1	0,1 – 1	100- 175	3 – 15
Smectite	2:1	0,1	700- 840	80 - 100
Vermiculite	2:02:1	0,1	760	100 – 150
Chlorite	02:01:01	0,1	20	5 - 15

3.10- La surface spécifique:

La surface spécifique d'une poudre d'argile est la surface développée par l'ensemble des grains. La surface spécifique d'un matériau argileux constitue un indicateur de sa susceptibilité au phénomène de retrait-gonflement, et par conséquent il s'agit d'un paramètre important pour le choix des voies de valorisation. On la mesure le plus souvent en fixant un gaz (azote) a base température en monocouche sur la surface de chaque grain [19].

3.11- Propriété 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) [16]. 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 [21].

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. Exploitée comme charge minérale, l'argile joue un rôle important dans la papeterie et l'industrie du caoutchouc.

3.12. Définition du phénomène d'adsorption :

L'adsorption est un phénomène de surface spontané par lequel des molécules de gaz ou de liquides se fixent sur les surfaces des solides selon divers processus plus ou moins intenses. Le terme surface correspond à la totalité de la surface du solide, surface géométrique pour un solide non poreux, à laquelle s'ajoute pour un solide poreux, la surface interne des pores, accessible aux molécules du fluide. Elle est traduite par une augmentation de la densité du fluide à l'interface des deux phases. Elle peut donc aller de quelques molécules sur la surface, puis une monocouche et jusqu'à plusieurs couches formant une véritable phase liquide, surtout dans les micropores (figure 37).

On appelle « adsorbat » la molécule qui s'adsorbe et « adsorbant » le solide sur lequel s'adsorbe la molécule. Le phénomène inverse par lequel les molécules se détachent est la désorption.

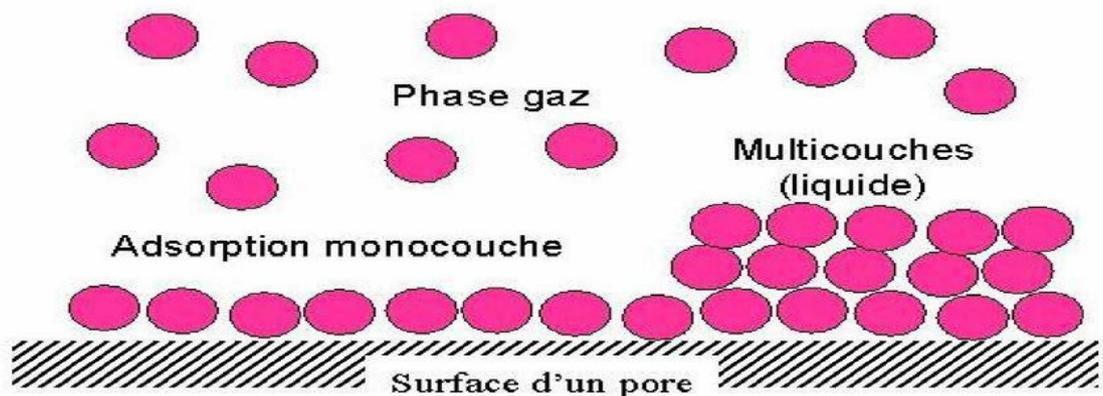


Figure 37 : Phénomène d'adsorption

3.12.1. Définition de la bio sorption:

La bio sorption correspond à l'utilisation des matériaux biologiques ayant un grand potentiel de fixation des polluants par adsorption. Elle est considérée comme alternative ou complémentaire aux méthodes conventionnelles et généralement coûteuses, utilisées pour le

traitement des effluents contenant des ions métalliques ou des colorants. En effet, la biosorption des métaux lourds, colorants ou autres composés organiques comme le phénol contenu dans des effluents aqueux est un procédé pas très ancien et qui a montré une grande efficacité dans l'élimination de ces espèces métalliques ou organiques polluantes, utilisant des matériaux naturels comme adsorbants, tels qu'à titre d'exemple, les dérivés de déchets agricoles.

3.13. Les types d'adsorption :

Selon les types et la nature des interactions adsorbat-adsorbant ou les forces qui maintiennent les adsorbats sur la surface solide, on distingue deux types d'adsorption : la physisorption et la chimisorption.

3.13.1. Physisorption :

C'est une adsorption de type physique, qui se produit lorsque les forces qui fixent l'adsorbat dans une couche à la surface de l'adsorbant sont du même ordre que les forces de Van der Waals (figure 38).

Ce type d'adsorption se caractérise par :

- La rapidité dans l'établissement de l'équilibre entre la phase adsorbée et la phase fluide.
- Une réversibilité relativement facile et une absence de spécificité.

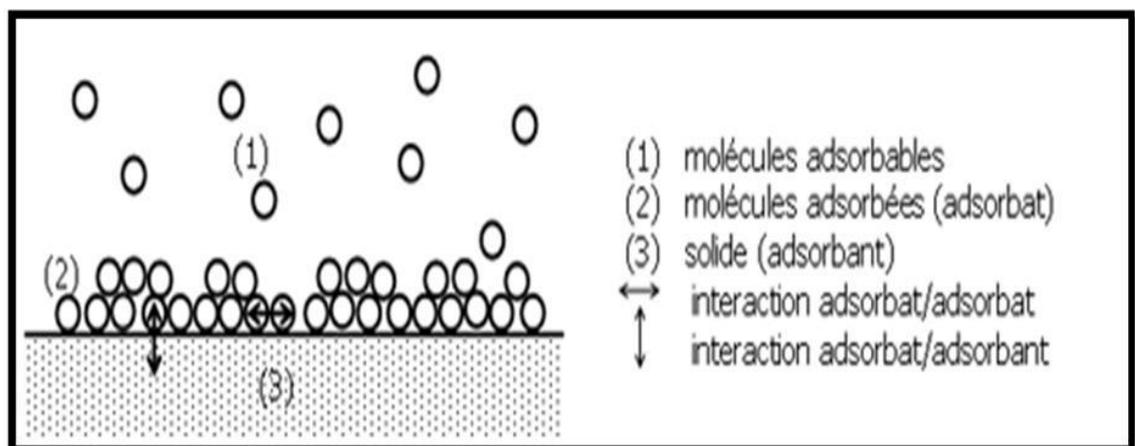


Figure 38 : Schéma de l'adsorption physique.

3.13.2. Chimie sorption :

C'est une adsorption de type chimique, qui résulte des forces de liaison de nature chimique (nettement supérieures aux forces de Van der Waals) avec mise en commun ou transfert d'électrons ; il y a donc des ruptures et des créations des liaisons chimiques en surface entre le réactif et les sites actifs de l'adsorbant. La chimie sorption se caractérise par :

- Un équilibre long à atteindre entre la phase adsorbée et le milieu fluide
- Une augmentation de la quantité de matière adsorbée avec la température.
- Une chaleur dégagée durant l'adsorption comparable aux chaleurs de réaction (de 40 à 100 kJ/mol), environ 10 fois supérieure à l'adsorption physique.
- La non-réversibilité.
- Une spécificité marquée, dans le sens que sur un adsorbant déterminé se fixent certains adsorbats.

Quand les conditions s'y prêtent, l'adsorption chimique peut assez souvent se superposer à l'adsorption physique.

Tableau 16 : Principales différences entre la physisorption et la chimie sorption.

Propriétés	Physisorption	Chimisorption
Liaison	Force de van der waals	Chimique
Température du processus	Relativement basse	Elevée
Chaleur d'adsorption	1-10 $kcalmol^{-1}$	10-25 $kcalmol^{-1}$
Processus de désorption	facile	Difficile
Cinétique	Très rapide	Lente
Formation de couches	Formation de multicouches	Formation d'une monocouche
Réversibilité	Réversible	Irréversible

3.14- Conclusion :

L'argile est une roche sédimentaire, composée pour une large part de minéraux spécifiques, silicates en général d'aluminium plus ou moins hydratés, les classifications basées sur l'épaisseur et la structure du feuillet.

Chapitre 4

Matériels et Méthodes d'Analyses

4.1. Introduction :

Dans toute station d'épuration des eaux usées il est nécessaire d'effectuer des analyses de l'eau brute et de l'eau traitée afin de déterminer les différents paramètres physicochimique et bactériologiques permettant d'évaluer le niveau de pollution dans chaque phase de traitement. Les analyses ne sont valides que si le prélèvement et l'échantillonnage ont été entourées de soins suffisants ; la séquence prélèvement échantillonnage-conservation-analyse constitue alors une chaîne cohérente pour laquelle on aura conscience de ne négliger aucun maillon.

Pour avoir des résultats analytiques significatifs, il est très important de connaître le devenir de l'échantillon entre le prélèvement et l'analyse. Le moyen le plus courant de conservation des échantillons d'eaux résiduaire consiste à les garder dans une mallette isotherme de température comprise entre 0 et 4°C jusqu'à leur arrivée au laboratoire dans un temps ne dépassant pas les 24 heures.

Pour stabiliser un échantillon ou du moins, ralentir toutes réactions éventuelles, il n'existe pas de panacée. On recommande de prendre pour chaque analyse des précautions particulières et parfois, d'ajouter des agents chimiques (conservateurs) afin d'éviter certaines transformations lors du transport ou certaines interférences au moment de l'analyse en laboratoire.

4.2. Le prélèvement d'un échantillon :

Le prélèvement d'un échantillon d'eau est une opération délicate à laquelle le plus grand soin doit être apporté ; il conditionne les résultats analytiques et l'interprétation qui en sera donnée. L'échantillon doit être homogène, représentatif et obtenu sans modifier les caractéristiques physico-chimiques de l'eau (gaz dissous, matières en suspension, etc.).

Les échantillons d'eau usée sont prélevés dans des flacons en polyéthylène de 1 litre. Les analyses ont lieu immédiatement après prélèvement, au laboratoire de chimie de l'eau.

4.3. Préparation de mélange (Eau et l'argile) :

Prendre une quantité de 10 g d'argile Jordanie dans 1000 ml d'eau usée brut et même chose pour l'argile local et mélangez bien l'échantillon jusqu'à ce qu'il soit homogène, puis laissez-le reposer pendant une semaine ensuite, nous analysons.

4.4. Paramètre de dimensionnement :

4.4.1. Paramètre physico-chimique :

4.4.1.1. Température :

La température est l'un des paramètres à mesurer et noter sur place au moment du prélèvement, la mesure de température de l'eau est effectuée avec un thermomètre précis.

Il est important de connaître la température de l'eau avec une bonne précision.

Celle-ci joue un rôle dans la :

- Solubilité des sels et surtout des gaz.
- La dissociation des sels dissous.
- Sur la conductivité électrique.
- Dans la détermination de pH pour la connaissance de l'origine de l'eau et des mélanges éventuels.

4.4.1.2. Potentiel hydrogène(pH) :

Le caractère acide ou alcalin d'une eau est représenté par son potentiel d'hydrogène qui indique la concentration en ions H^+ présente dans l'eau. Le pH influence fortement les processus métaboliques et régit la plupart des réaction chimiques et biochimiques en particulier l'état d'ionisation de certains paramètres.

On le mesure à l'aide d'un pH-mètre :

- Préparer la solution d'analyse
- Prolonger l'électrode d'appareil dans la solution
- Prendre la mesure.

4.4.1.3. Conductivité :

C'est la capacité d'une eau à conduire l'électricité. La conductivité des eaux dépend de leur concentration ionique et de leur température. Cette mesure permet d'évaluer rapidement le degré de minéralisation d'une eau, c'est-à-dire la quantité de substances dissoutes ionisées présentes.

Le résultat est donc exprimé en micro siemens par centimètre

Tableau 17 : Classification de l'eau selon la conductivité électrique.

Conductivité	Nature de l'eau
50 – 400 $\mu\text{s} / \text{cm}$	Eau excellent
400 – 750	Eau bonne qualité
750 – 1500	Eau de moyenne qualité
> 1500	Eau médiocre

4.4.1.4. La turbidité :

La turbidité d'une eau est due à la présence des matières en suspension finement divisée argiles, limons, grains de silice, matière organique. L'appréciation de l'abondance de ces matières mesure son degré de turbidité, celui-ci sera d'autant plus faibles que le traitement de l'eau aura été plus efficace [6].

Cuvette d'évaluation de la transparence constituée d'une cuvette de verre incolore de 50 mm. de diamètre, La mesure est obtenue directement en NTU.

4.4.1.5. La demande biochimique en oxygène (DBO5) :

La DBO₅ (La demande biochimique en oxygène en 5 jours) est un paramètre permettant de déterminer la quantité d'oxygène nécessaire pour l'élimination comprise par autoépuration, de la pollution organique. Elle mesure la présence de matières organiques présente dans les effluents et car caractérise leur biodégradation.

4.4.1.6. La demande chimique en oxygène (DCO) :

La demande chimique en oxygène (DCO) est la consommation en dioxygène par les oxydants chimiques forts pour oxyder les substances organiques et minérales de l'eau. Elle permet d'évaluer la charge polluante des eaux usées.

L'oxydation est réalisée ici par un réactif ayant un pouvoir d'oxydation puissant (le permanganate de potassium à chaud en milieu acide).

La quantité de réactif consommé pour l'oxydation des matières organiques présentes, rapportée en mg/l d'oxygène, correspond à la DCO.

4.4.1.7. Détermination de résidus sec :

La détermination de résidus permet d'estimer la teneur en matière dissoute et en suspension d'une eau, mais les résultats sont influencés par la température et la durée de la dessiccation [6].

- **Expression des résultats:**

$$R_s = \frac{(E_2 - E_1)}{V_{ech}} 1000$$

E_2 : Poids plein de la capsule.

E_1 : Poids à vide de la capsule.

4.4.1.8. Détermination des matières en suspension :

Les matières en suspension liées en général aux séquences hydrologiques des fleuves (crue et étiage) **Principe “ la méthode par filtration ”** : Vaporisation de l'échantillon à une température de 150° pendant 2 heures, détermination des matières en suspension par pesée différentielle.

* Des eaux non chargées en MES : on utilise des filtres pour la filtration.

* Les eaux chargées en matière en suspension, on utilise directement les échantillons dans des capsules. Appareil : Etuve. Température : 150 °C. Matériels : Fioles, capsules, filtres, rampe de filtration, balance, dessiccateur.

- **Expression des résultats:**

$$\text{MES (mg/l)} = (M_1 - M_2) \times 1000 / V$$

M_1 = masse de papier après filtration en mg.

M_2 = masse de papier avant filtration en mg.

V = volume d'échantillon en ml.

4.4.1.9. Dureté ou hydrotimétrie :

La dureté ou hydrotimétrique d'une eau correspond à la somme des concentrations en cation métalliques à l'exception de ceux des métaux alcalins et de l'ion hydrogène, dans la plupart des cas la dureté est surtout due au anion calcium et magnésium auquel s'ajoutent quelque fois les ions fer, aluminium, manganèse [5].

Tableau 18 : Classification de l'eau selon la dureté.

Valeurs de TH	Nature de l'eau
0 à 5 F°	Eau très douce
5 à 15 F°	Eau douce
15 à 25 F°	Eau moyennement dure
25 à 35 F°	Eau dure
Plus de 35 F°	Eau très dure

- **Principe:**

Titration par complexométrie du calcium et du magnésium avec une solution aqueuse de sel disodique d'acide éthylène – diamine tétraacétique (EDTA) à un pH de 10. Le mordant noir 11, qui donne une couleur rouge foncé ou violette en présence des ions calcium et magnésium est utilisé comme indicateur [5]

- **Expression des résultats:**

$$[\text{TH}] \text{ mg / l} = V_{\text{EDTA}} \times F \times 20$$

[TH] : concentration de la dureté totale en mg/l.

V_{EDTA} : volume de l'EDTA en ml.

F : indicateur de dilution.

4.4.1.10. Détermination de TAC (Titre alcalimétrique complet) :

C'est le volume d'acide, de concentration molaire en ions H^+ égale à $0,02 \text{ mol. L}^{-1}$, nécessaire pour doser 100 mL d'eau en présence de vert de bromocrésol rhodamine

- **Principe:**

Se réalise par la méthode volumétrique. Le titre alcalimétrie complet ou TAC

Correspond à la teneur de l'eau en alcalis libres, carbonates et hydrogencarbonates.

Ces déterminations sont basées sur la neutralisation d'un certain volume d'eau par un acide minéral dilué en présence d'un indicateur coloré [5].

- **Expression des résultats:**

La détermination du mg/l de TAC est donnée par la formule suivante :

$$\text{TAC mg/l} = V \cdot 6.1 \cdot f$$

Avec :

f : Facteur de dilution.

4.4.1.11. Dosage du calcium -Méthode titrimétrique à l'EDTA :

Le calcium (Ca^{2+}) : Origine généralement naturelle (dissolution du calcaire et gypse), des teneurs variables allant de 1 à 200 mg/l en eaux douces et d'environ 400 mg/l en eau de mer. Le Ca joue un rôle essentiel dans la constitution des squelettes [22], le seul inconvénient domestique est lié à une dureté élevée et à l'entartrage occasionné respectivement par la présence Ca^{2+} et la précipitation du calcaire.

- **Principe:**

Le principe est identique à celui de la méthode titrimétrique décrite pour la dureté totale, toutefois comme le dosage se fait à un pH élevé (12-13), le magnésium est précipité sous forme d'hydroxyde et n'intervient pas, par ailleurs, l'indicateur choisi, l'acide calcine carboxylique ne se combine qu'avec le calcium pour former un complexe rouge.

- **Expression des résultats:**

$$[\text{Ca}^{+2} \text{ mg/l}] = 8,016 \times V \times F$$

f : Facteur de dilution.

4.4.1.12. Détermination du magnésium :

La teneur en magnésium est calculée par la formule suivante :

$$[\text{Mg}^{+2}] = V_{\text{EDTA}(\text{TH})} - V_{\text{EDTA}(\text{Ca}^{2+})} \times f \times 4,86$$

f : Facteur de dilution dans ce cas f=2.

La valeur 4,86 est constante.

4.4.1.13. Dosage des Chlorures :

Les chlorures (Cl⁻) : Les chlorures existent dans toutes les eaux à une concentration variable (selon les conditions locales), mais il faut tenir compte que ses teneurs augmentent considérablement en fonction de la formation géologique.

- **Principe:**

Les chlorures sont dosés en milieu neutre par une solution titrée de nitrate d'argent en présence de chromate de potassium. La fin de la réaction est indiquée l'apparition de teinte rouge caractéristique du chromate d'argent (ISO, 1986)

- **Expression des résultats:**

$$[\text{Cl mg/l}] = \frac{V_s * c * F * f}{V_a}$$

- ❖ V_{AgNO₃} (V_s): Volume d'AgNO₃ nécessaire pour le dosage de l'échantillon.
- ❖ V_a: volume d'échantillon =100
- ❖ C_{AgNO₃}: Normalité d'AgNO₃ =0.02.
- ❖ F: facteur de correction du titre d'Ag NO₃ =35453.
- ❖ f: facteur de dilution f =10.

4.4.1.14. Détermination de l'azote ammoniacal (NH₄⁺) :

Composé de formule NH₄⁺ constituant le premier stade de la décomposition de la matière organique, les ions d'ammonium se trouvent dans les eaux souterraines à partir de l'opération de réduction des nitrates à l'aide des bactéries autotrophes ou à l'aide des sables contenant les ions ferreux qui est capable de réduire les nitrates.

La présence d'azote ammoniacal traduit habituellement un processus de dégradation incomplète de la matière organique mais les apports d'origine domestique, industrielle ou agricole ne doivent cependant pas être négligés [06].

L'ammoniacal est un élément de pollution responsable de la dégradation de la qualité des eaux, les composés azotés dans ces eaux sont très faibles et parfois négligeables ce qui rend difficile de conclure sur leur présence.

- **Principe :**

La réaction de l'ammonium avec les ions salicylate et hypochlorite en présence de nitro sopanta cyanoferrate III de sodium (nitro prussiate de sodium)

Mesure spectrométrique à environ 655nm du composé bleu formé par réaction de l'ammonium avec les ions salicylate et hypochlorite en présence de nitroprussiate de sodium.

4.4.1.15. Détermination des Ortho phosphate (OPO_4^{-3}) :

Les ortho phosphate correspondant au groupement OPO_4^{-3} . Les eaux naturelles n'en contiennent pratiquement pas, ils proviennent d'une contamination fécale (eaux usées domestiques), industrielle (industrie chimique) ou agricole (lessivage des engrais phosphatés) ces phosphates sont fixés facilement par le sol, leur présence dans les eaux est souvent liée à la nature des terrains traversés à la décomposition de la matière organique, au engrais phosphatés industriels entraînés par lessivage ou par infiltration [06].

La réaction des ions ortho phosphates avec une solution acide contenant des ions de molybdate et d'antimoine pour former un complexe d'antimonyle phosphomolybdate

- **Principe :**

Formation en milieu acide d'un complexe avec le molybdate d'ammonium et le tartrate double d'antimoine et de potassium. Réduction par l'acide ascorbique en un complexe coloré en bleu qui présente deux valeurs maximales d'absorption l'une vers 700 nm, l'autre plus importante à 880 nm.

4.4.1.16. Dosage des nitrates :

Selon Claus et Robert (2004), les nitrates, NO_3 , sont des ions minéraux nutritifs solubles dans l'eau qui sont directement assimilables par des plantes, ils sont ajoutés au sol soit directement par les agricultures soit indirectement par le fumier ou le purin. A cause de leur bonne solubilité dans l'eau, les nitrates sont facilement éliminés du sol en direction de la nappe phréatique, en particulier quand le sol est en jachère par exemple en hiver.

Les nitrites se transforment en nitrates. Les nitrates, état le plus oxydé de l'azote, montrent des variations spatio-temporelles importantes témoignant d'une nitrification appréciable dans le milieu récepteur due probablement à la turbulence importante et à la bonne oxygénation. L'évolution des formes azotées reflète le déséquilibre chimique dû à la pollution organique importante

- **Principe:**

La réaction des nitrates avec le diméthyl-2,6 phénol en présence des acides sulfuriques et phosphoriques avec production de nitro-4-diméthyl-2,6 phénol. Les nitrates constituent le stade ultime d'oxygène et de l'azote.

4.4.1.17. Dosage de nitrite :

L'existence d'une grande quantité des ions nitrites dans l'eau potable cause un état d'abaissement de pression chez les adultes et un état de suffocation à cause du manque d'oxygène dans le sang chez les nouveaux nés [23].

La concentration des eaux souterraines et superficielles par les nitrites est un problème rencontré de plus en plus fréquemment.

- **Principe**

La réaction des ions nitrites présents dans une prise d'essai à PH 1.9 avec le réactif amino-4- Benzène sulfonamide en présence d'acide ortho-phosphorique pour former un sel diazoïque qui forme un complexe de coloration rose avec le dichlorhydrate de N-(naphtyl-1) diamino-1, 2 éthane (ajoute avec le réactif amino-4- Benzène sulfonamide) mesurage de l'absorbance à 540 nm.

4.4.1.18. Détermination du fer méthode à l'orthophénanthroline :

Le fer, très abondant dans les roches et sol ne se trouve pas à l'état natif (à l'expression de quelques rares mines de fer) mais sous forme de composés minéraux. Leur teneur dans les eaux est souvent élevée, ce n'est pas un polluant majeur et leur ingestion ne représente pas de danger pour l'homme. Cependant le métal a des incidences sur le goût, la couleur et l'odeur de l'eau. Certaines eaux souterraines anaérobies peuvent contenir en solution jusqu'à 10 mg/l de fer Le fer est un élément essentiel et vital à tous les organismes vivants : l'hémoglobine, myoglobine, foie, la moelle osseuse, le cœur et les muscles squelettiques [24].

- **Principe:**

Addition d'une solution de phénantroline 1,10 à une prise d'essai et mesurage photométrique du complexe rouge-orange à une longueur d'onde de 510nm. Pour le dosage du fer total et du fer total dissous, du chlorhydrate d'hydroxylamine est ajouté pour réduire le Fe_3^+ en Fe_2^+ .

Chapitre 5

Résultat et Discussion

5.1. Introduction :

Ce chapitre sera consacré à l'interprétation des résultats des analyses physico-chimiques des échantillons d'eau prélevés au niveau du STEP de Kef Doukhan (El atteuf).

Le but de cette étude est de déterminer les caractéristiques physico-chimiques des eaux usées et des éléments dissous afin d'identifier leurs origines.

Étudier la possibilité de réutilisation de l'eau épurée de la station dans l'irrigation des terres agricoles avoisinantes par l'étude davantage de paramètres physicochimiques mais aussi microbiologiques.

Notre objectif est basé sur le traitement des eaux usées par l'application de ces matériaux argileux dans l'adsorption des micropolluants en milieu aqueux pour connaître leurs capacités d'adsorption et rendre compte de leurs efficacités.

Les diagrammes illustrent une comparaison des paramètres physico-chimiques des eaux usées avec les normes fixées par les normes algériennes et celles de l'OMS.

Les analyses physico-chimique ont été réalisées au niveau de laboratoire universitaire.

5.2. Résultats et discussions des analyses effectuées :

Dans notre étude nous avons utilisée l'eau usée à la STEP, cette eau variable.

La composition et la quantité des eaux usées sont liées à divers facteurs notamment au mode de vie ainsi qu'aux activités humaines.

Pour réaliser ce travail nous avons utilisé l'eau brute de la STEP avant le traitement par l'argile, l'analyse physico-chimique de cette eau est suivent :

Tableau 19 : Analyses d'eau prélevée avant traitement par l'argile

Paramètre	Eau brute	Les Norms
T(C°)	15,7	30
pH	7,67	8,5
CE (ms/cm)	4,19	3
Turbidité (NTU)	17,3	25

MES (mg/l)	200	35
DBO ₅ (mg/l)	80	35
DCO (mg/l)	400	120
Cl ⁻ (mg/l)	1751,37	250
Ca ²⁺ (mg/l)	184,36	100
Fe ⁺² (mg/l)	0,86	3
NH ₄ ⁺ (mg/l)	2,46	0.5
TH (mg/l)	560	50
TAC (mg/l)	408.7	15
Mg ⁺² (mg/l)	160,38	50

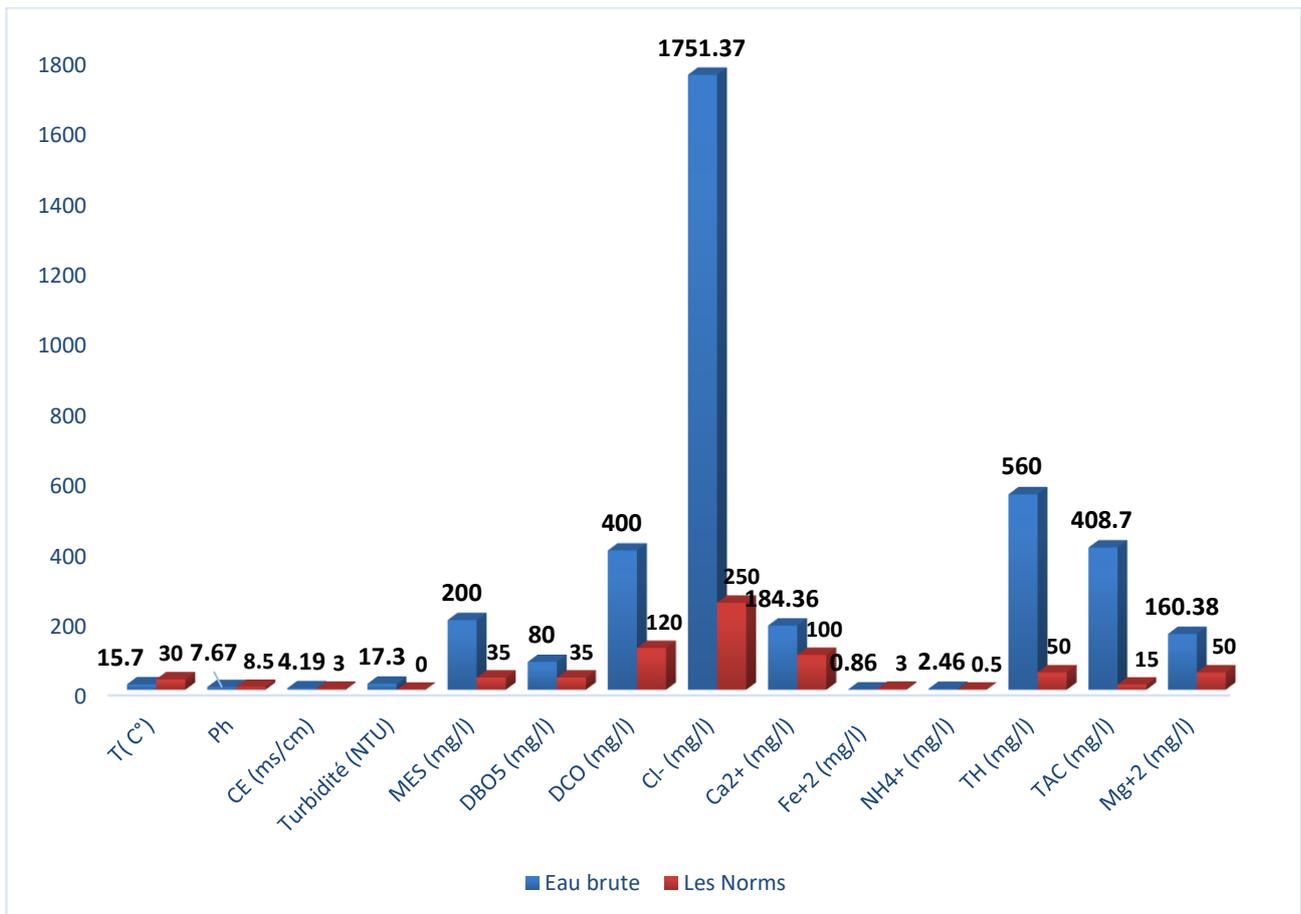


Figure 39 : Analyse de l'eau brute

5.3. Résultats et Discussions de traitement par l'argile :

Le traitement en argile durant 07jour et analyser On utilise deux types d'argile Jordanie et locale.

Tableau 20 : Analyses de l'eau à traiter par l'argile après 7jour

Paramètres	Eau +Argile Jordanie	Rendement%	Eau +Argile locale	Rendement%
T(C°)	16,7	/	16,5	/
pH	6,39	17	7,18	6
CE (µs/cm)	8,69	/	4,51	/
Turbidité (NTU)	2,99	83	5,41	63
MES (mg/l)	35	78	50	69
DBO ₅ (mg/l)	50	38	15	81
DCO (mg/l)	250	38	75	81
CL ⁻ (mg/l)	2006,6	/	694,87	60
Ca ⁺² (mg/l)	328,65	/	304	/
Fe ²⁺ (mg/l)	0,24	72	0,54	37
NH ₄ ⁺ (mg/l)	1,75	29	1,38	44
TH (mg/l)	1200	/	1080	/
TAC (mg/l)	445,3	/	475,8	/
Mg ²⁺ (mg/l)	92,34	42	77,76	52

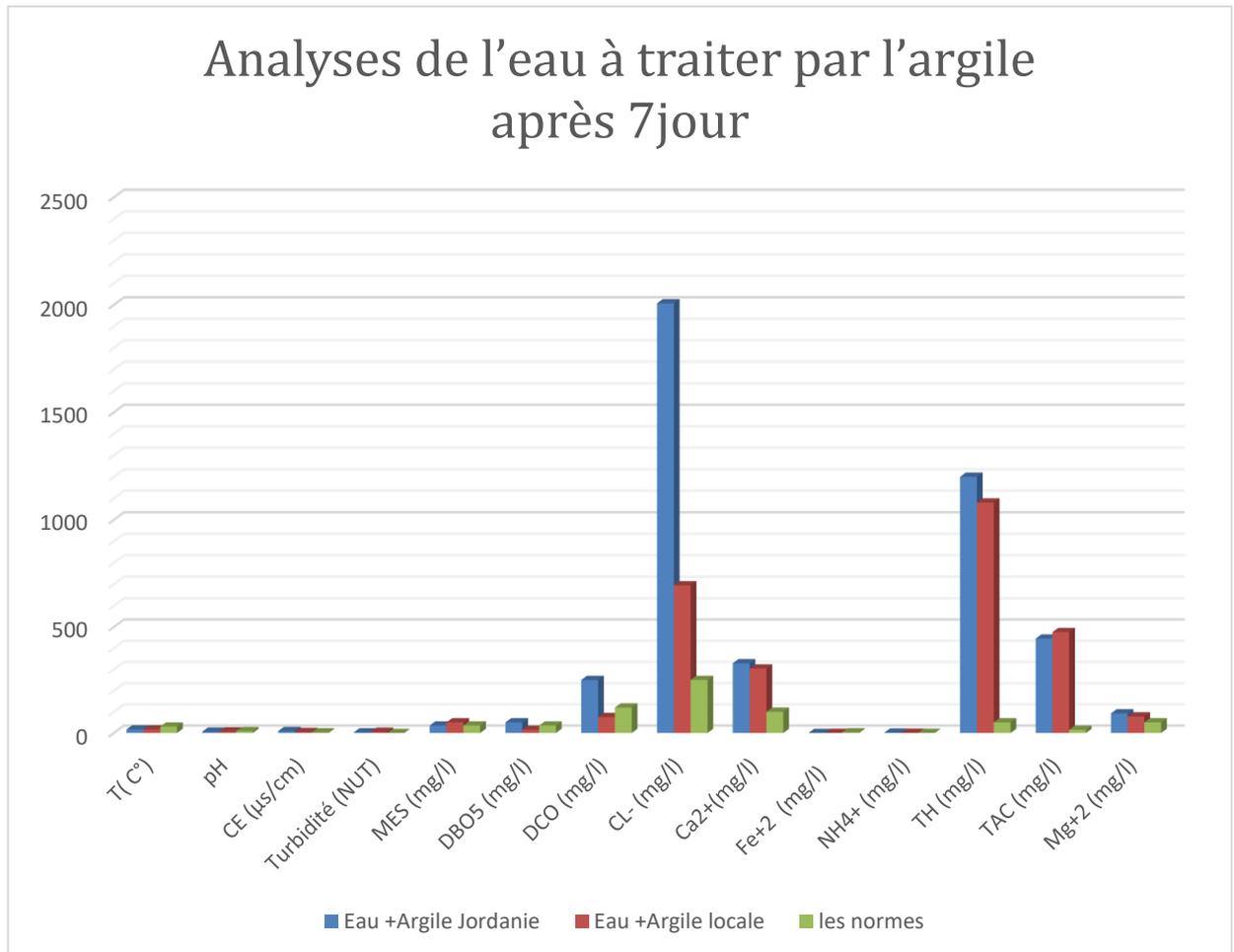


Figure 40 : Analyses de l'eau à traiter par l'argile après 7jour

5.4. Etude physico-chimique :

5.4.1. Potentiel hydrogène (pH) :

La mesure du pH des eaux usées donne une indication sur l'alcalinité ou l'acidité de ces eaux. Il est important pour la croissance des micro-organismes qui ont généralement un pH optimal variant de 6,5 à 7,5 [25].

La figure 41 présente la variation de pH selon la méthode de traitement, les valeurs mesurées entre 6,39 et 7,67. Concernant l'eau brute la valeur enregistrée 7.67 en revanche on remarque une diminution de pH dans le traitement par l'argile Jordanie et l'argile locale, les valeurs sont 6,39 et 7,18 respectivement nous pouvons expliquer cela par la réaction de nitrification qui dégage des ions H⁺ [26] par conséquence l'abaissement de pH.

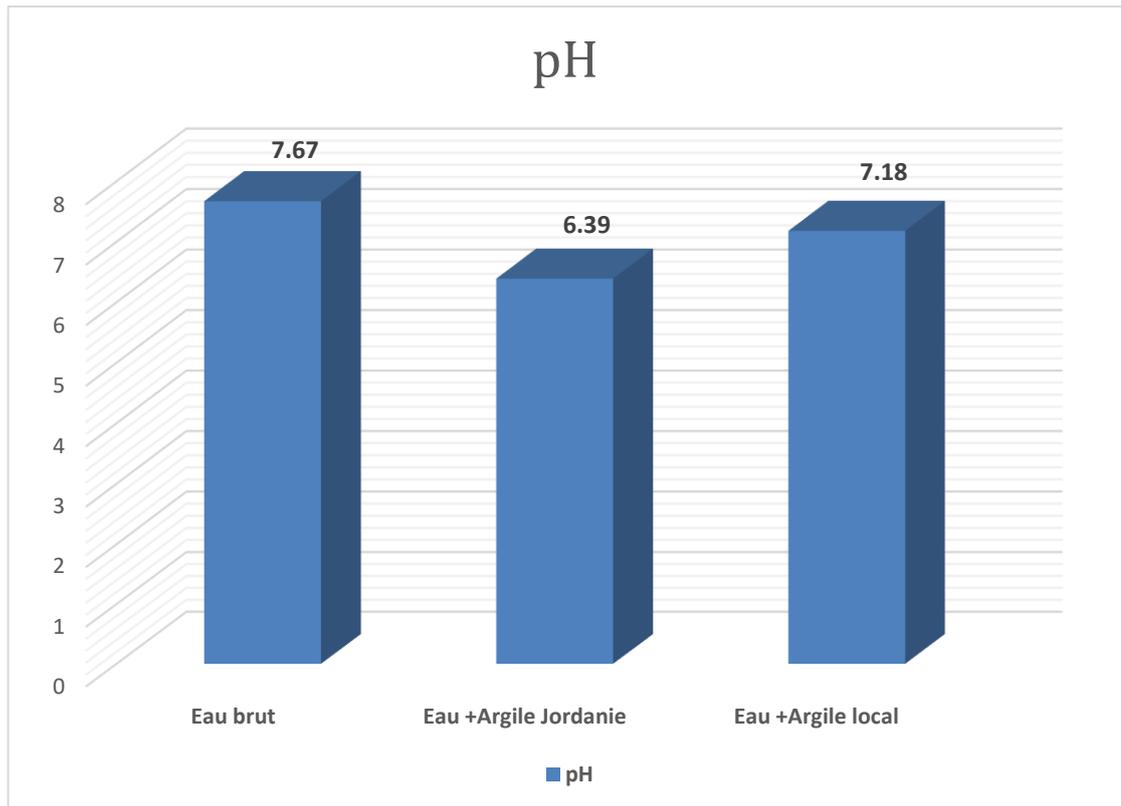


Figure 41 : Variation de pH des trois échantillons étudiées

5.4.2. Température :

La température d'eau est un facteur important dans le milieu aquatique, a une influence sur les réactions physico-chimiques et biologiques. C'est un facteur clé dans l'activité biologique avec des répercussions écologiques [27].

D'après la figure 42, une légère variation de température remarquée, des valeurs entre 15.7 C° comme une valeur minimale donné par l'eau brute et 16.7C° comme une maximale valeur donné par l'eau traité par l'argile Jordanie, cette variation est due aux conditions climatiques.

La valeur donnée par l'eau brute < 30C°, elle répond aux limites maximales indiquées dans [28] et on remarque que toutes les valeurs enregistrées répondent aux normes algériennes de rejet [31], de la qualité des eaux destinées à l'irrigation [32]et à la norme internationale pour l'irrigation [36].

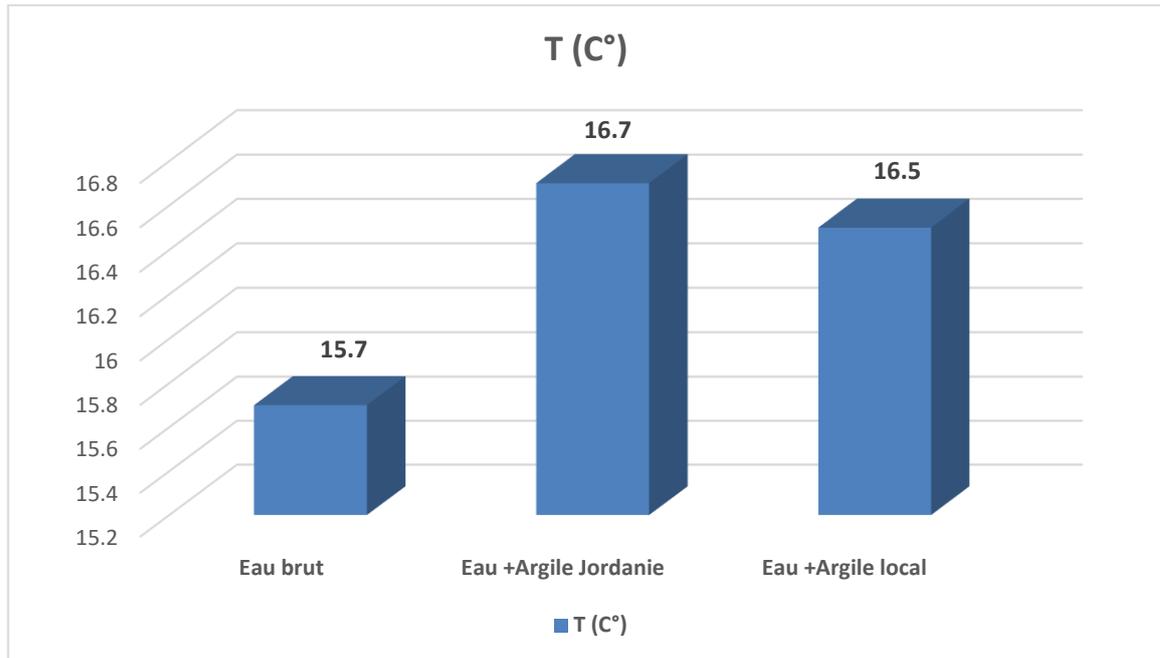


Figure 42 : Variation de Température des trois échantillons étudiées

5.4.3. Turbidité :

La norme ISO7027 (Afnor, 1999b) définit la turbidité comme la « réduction de transparence d'un liquide due à la présence de substance non dissoutes ». Pour des raisons plus techniques et opérationnelles, Wezernak & Polcun (1975) se référaient au manuel de l'American Public Health association de 1965 : « la turbidité traduit la propriété optique responsable de la dispersion et de l'absorption de la lumière plutôt que de sa transmission en ligne droite à travers l'échantillon » [29].

De ces définitions il découle 1) que lorsque l'on mesure la turbidité on s'intéresse implicitement à la dispersion et l'absorption de lumière, abstraction faite de l'eau pure (il s'agit donc de l'effet des particules en suspension), 2) que les instruments mesureront la dispersion plutôt que la transmission de lumière [29].

La figure 43 présente la variation de turbidité de nos échantillons, d'après nos résultats, la turbidité de l'eau brute est la plus élevée est de 17.3 NTU, elle due à l'origine de l'eau (l'eau usée domestique très turbide et chargé en matière en suspension et volumique aussi).

L'effet de l'argile est remarquable la turbidité diminuée à 2.99 NTU (donnée par l'argile Jordanie) on peut justifier cette réduction de turbidité par la fixation des particules sur l'argile.

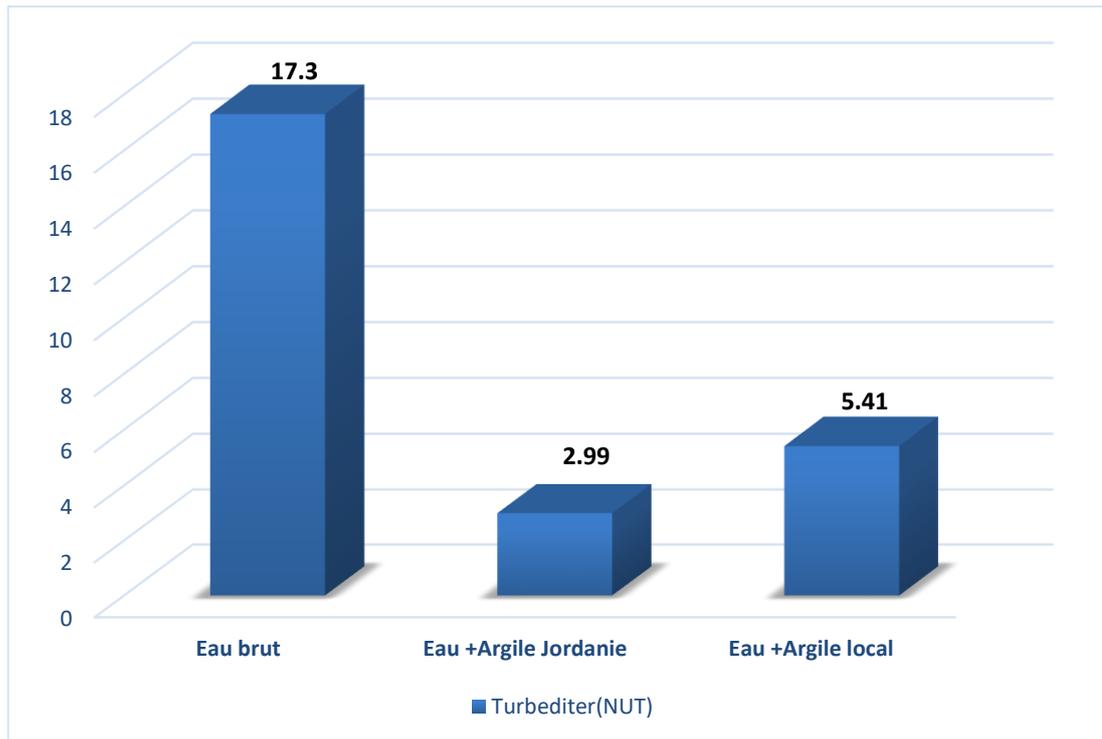


Figure 43 : Variation de Turbidité des trois échantillons étudiées

5.4.4. Conductivité électrique (CE) :

La conductivité électrique traduit la capacité d'une solution aqueuse à conduire le courant électrique. La conductivité est directement proportionnelle à la quantité de solides (les sels minéraux) dissous dans l'eau. Ainsi, plus la concentration en solide dissous sera importante, plus la conductivité sera élevée. La mesure ne permet toutefois pas de déterminer quels sont les ions qui produisent cette conductivité [30].

Les valeurs enregistrées montrent une minéralisation excessive ($> 1000 \mu\text{s} / \text{cm}$) ; les valeurs oscillant entre 4.19 et 8.68 ms/cm. Pour l'eau brute la valeur est due à salinité des eaux usées domestiques, par ailleurs pour l'eau traitée par l'argile Jordanie et locale l'augmentation est due à l'effet de l'argile lui-même peuvent être des argiles salées.

D'après nos résultats les valeurs de conductivité électrique sont $> 3\text{ms/cm}$, ne répondent pas aux normes algériennes [28,31,32].

La variation de la conductivité électrique présentée dans la figure 44.

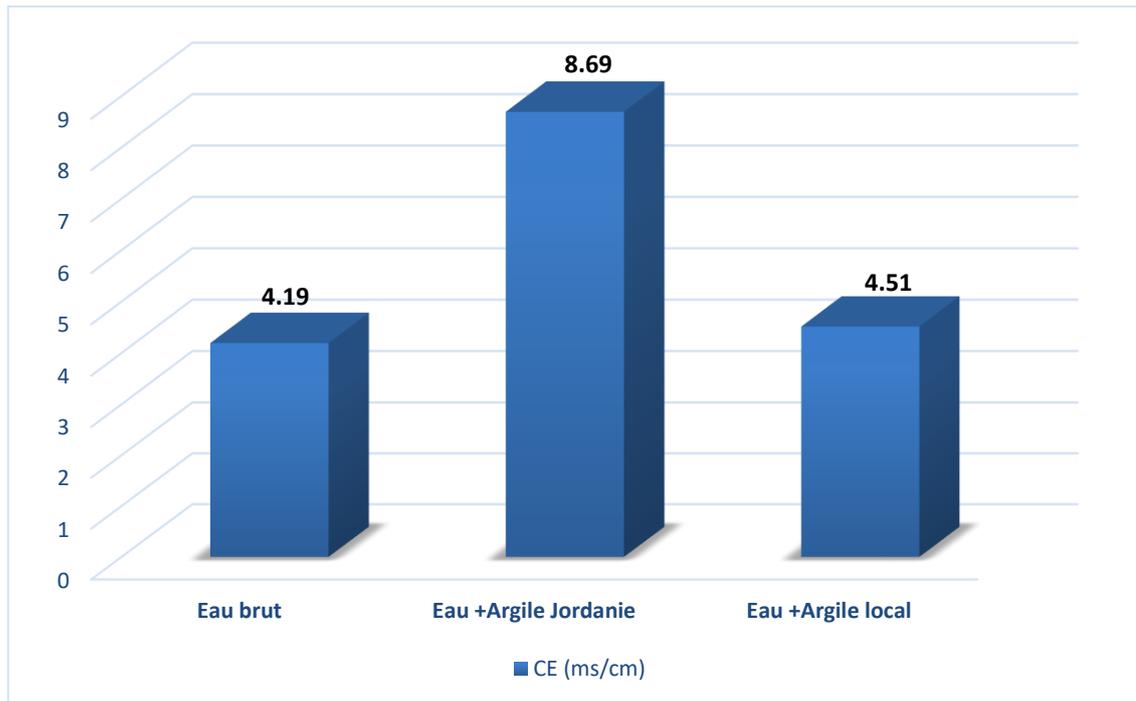


Figure 44 : Variation de CE des trois échantillons étudiés

5.4.5. Calcium (Ca^{2+}) et magnésium (Mg^{2+}) :

La figure 45 présente la variation de calcium et magnésium de trois échantillons, la figure 45 montre que la teneur de calcium augmente, elle est de 184.36mg/l pour l'eau brute et de 328.65mg/l et 304mg/l pour l'argile Jordanie et locale respectivement, l'augmentation est due à l'effet de l'argile et on note que la concentration de ce paramètre dans l'argile Jordanie plus élève que l'argile locale et comme nous remarquons que la variation de Ca^{+2} est proportionnelle avec la dureté total.

Par contre on remarque que la teneur de magnésium diminue elle arrive à 77.76 mg/l comme une minimale valeur obtenu par l'argile locale et à 92.34 mg/l donné par l'argile Jordanie, où nous enregistrant 160.38 mg/l dans l'eau usée brute.

D'après la figure 45 l'effet de l'argile et remarquable dans la diminution des concentrations de Mg^{+2} et une meilleure efficacité obtenue par l'argile locale contrairement le calcium son effet est indésirable.

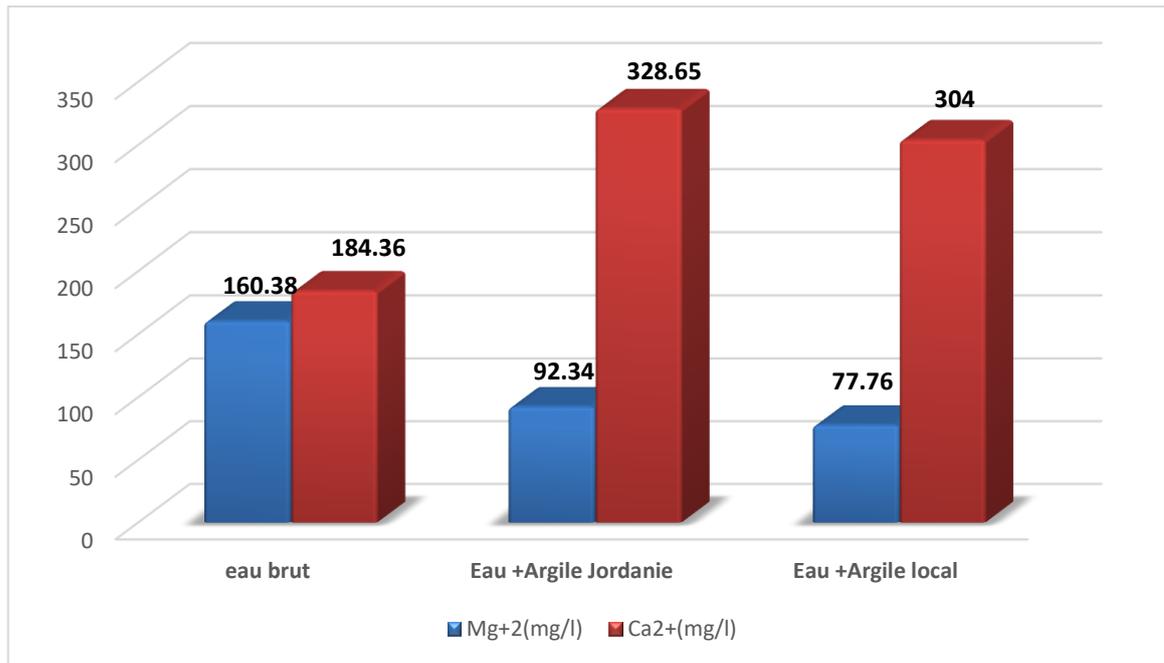


Figure 45 : Variation de Ca²⁺ et Mg²⁺ des trois échantillons étudiés

5.4.6. Titre hydrotimétrique (TH) et les titres alcalimétriques (TAC) :

L'importance ancienne donnée à la maîtrise de la dureté des eaux et aux différentes épurations chimique d'adoucissement consécutives a entraîné l'expression de titres particuliers relatifs à la dureté de l'eau et à son alcalinité et qui sont le titre hydrotimétrique (TH) et les titres alcalimétriques (TAC et TA) [33].

5.4.6.1. Titre hydrotimétrique (TH) :

La figure 46 montre que le TH de l'eau brute est de 1120 mg/l ; 1200 mg/l pour l'eau traitée par l'argile Jordanie et de 1080 mg/l pour l'eau avec l'argile locale, ces concentrations sont très élevées, elles sont dues à la composition des rejets domestiques (eau de savon, selles, urine, etc.) [34].

D'après la figure 46 on remarque que le traitement par l'argile locale permet de réduire la concentration de TH avec un rendement très faible estimé de 3%, par contre la concentration de TH augmente dans le traitement par l'argile Jordanie on peut justifier ça par l'augmentation de Ca²⁺.

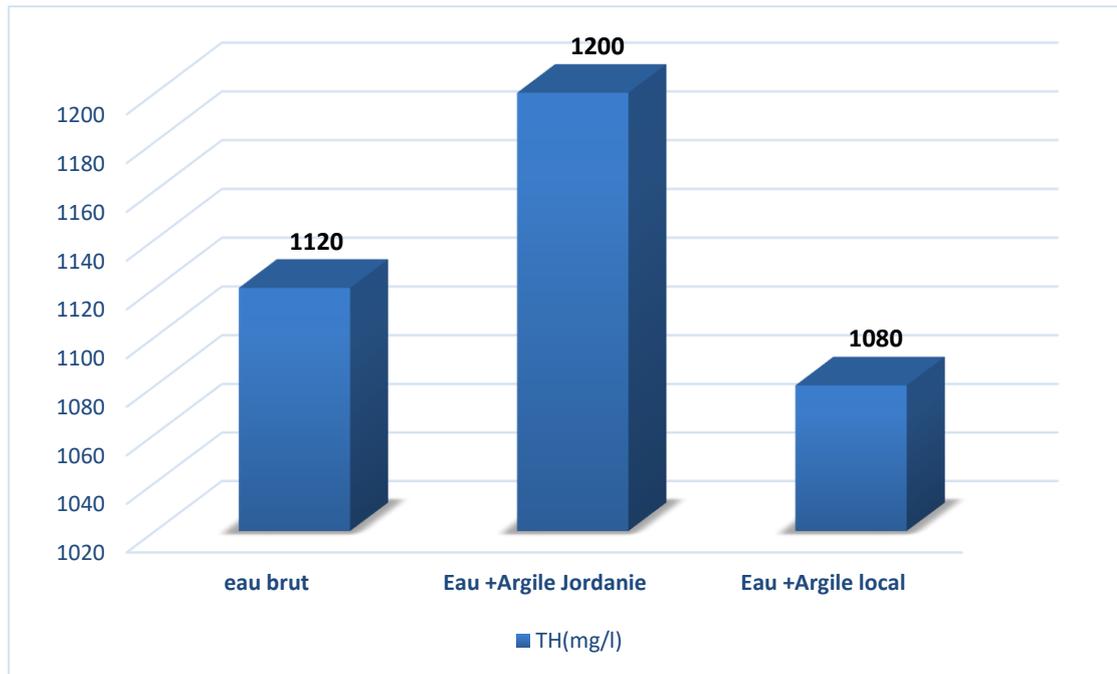


Figure 46 : Variation TH des trois échantillons étudiées

5.4.6.2. Titre alcalimétriques (TAC) :

La figure 47 montre que le TAC de l'eau brute est de 408.7 mg/l ; 445.3 mg/l pour l'eau traitée par l'argile Jordanie et de 475.8 mg/l pour l'eau avec l'argile locale, Ces concentrations augmentent, elles sont dues à la composition des rejets domestiques (eau de savon, selles, urine, etc.) [34].

D'après la figure 47 on remarque que le traitement par l'argile Jordanie et locale augmente dans on peut justifier ça par ce que PH 6,39 alcalin.

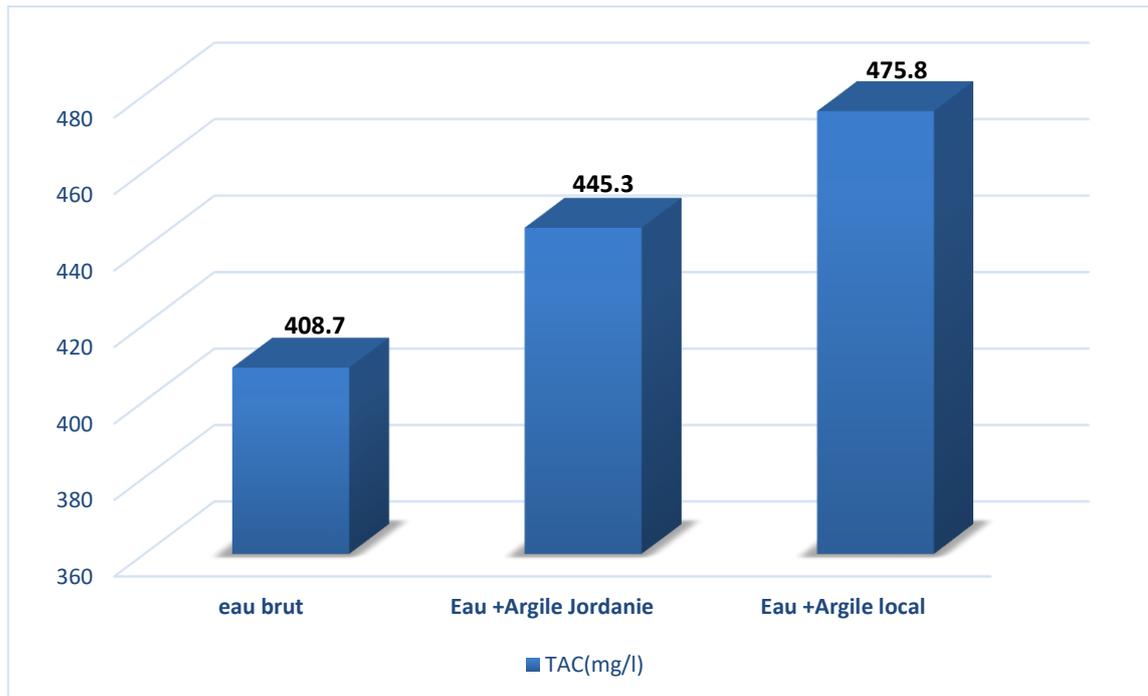


Figure 47 : Variation TAC des trois échantillons étudiées

5.4.7. Chlore (Cl⁻) :

En général, les chlorures sont présents dans eaux à l'état brut et transformés à des concentrations allant de petites traces jusqu'à plusieurs centaines de mg/l. Ils sont présents sous la forme de chlorures de sodium, de calcium et de magnésium. [35].

D'après la figure 48 l'eau brute a une concentration de Cl⁻ très élevée 1751.37mg/l, à cause de l'origine des eaux usées (eau domestique), de fortes concentrations de chlorures peuvent restreindre l'utilisation de l'eau en raison de la saveur qu'ils donnent et l'effet laxatif qu'ils peuvent causer [35].

La concentration de Cl⁻ diminué dans le traitement par l'argile locale elle arrive à 694.87 mg/l par contre elle est plus supérieure à celle d'eau brute dans le traitement par l'argile Jordanie la concentration de Cl⁻ est 2006.6 mg/l donc cette augmentation est due à l'argile Jordanie peut être contienne le chlore dans sa composition.

Pour les eaux traitées par l'argile locale la valeur de Cl⁻ diminue avec des rendements très élevé de 60%

Les valeurs mesurées dépassent les limites des substances des eaux usées au moment de leur déversement dans un réseau public d'assainissement ou dans une station d'épuration [28],

ainsi que l'eau traitée par les deux types d'argile ne repende pas aux normes algérienne [32] et [36] des eaux destinées à l'irrigation.

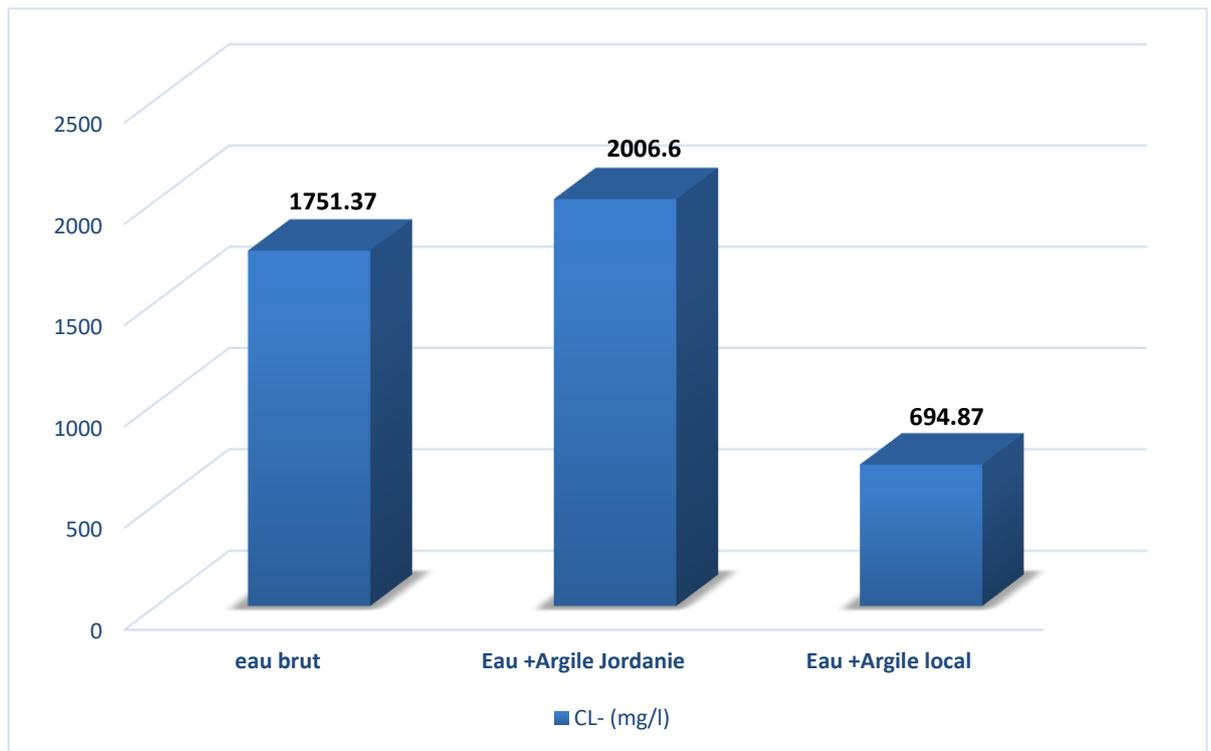


Figure 48 : Variation Cl⁻ des trois échantillons étudiées

5.5. Etude des pollutions organiques :

5.5.1. La matière en suspension (MES) :

La quantité de la matière en suspension des eaux usées brutes est 161mg/l elle est inférieure à celle trouvée dans l'eau brute de la ville d'Ouargla (205 mg/l) [37] cette valeur est inférieure aussi à la valeur limite spécifique de rejet applicables aux déversements d'eaux usées des agglomérations urbaines [38]; pour les eaux traitées par l'argile la valeur de MES diminue avec des rendements très élevés de 78% donné par l'argile Jordanie et 69% par l'argile locale, alors la diminution des MES était remarquable dans la turbidité l'eau devient très claire avec les argiles, la diminution est due à la fixation des particules sur l'argile.

Toutes les valeurs ne répondent pas aux normes nationale et internationale d'irrigation sauf que celle donnée par l'argile Jordanie.

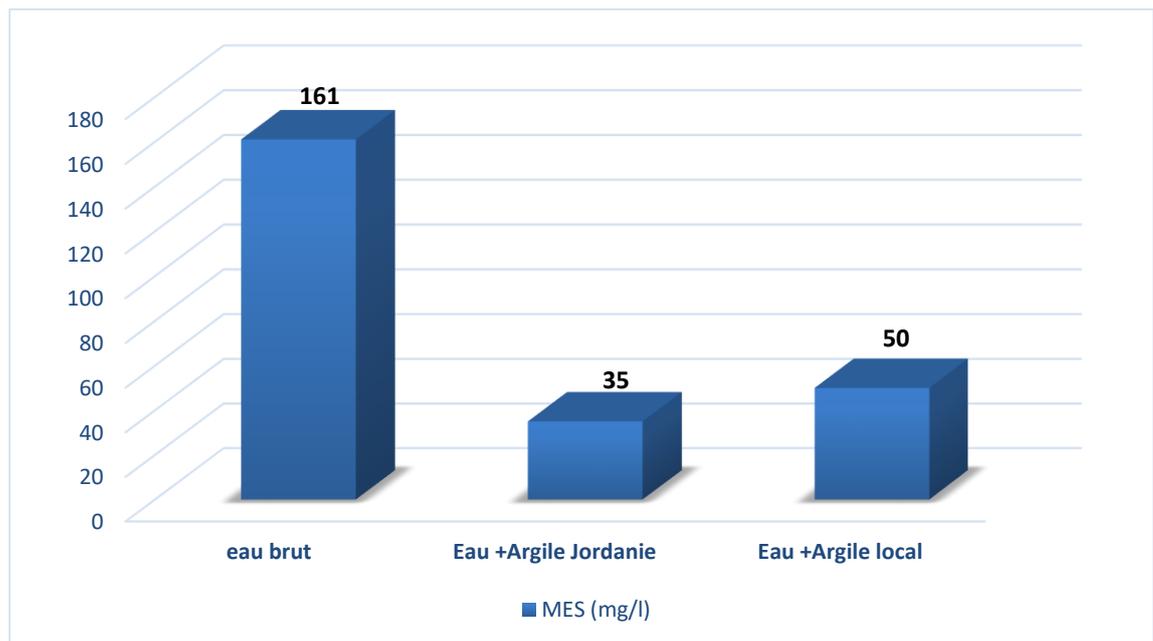


Figure 49 : Variation MES des trois échantillons étudiés

5.5.2. La Demande biochimique en oxygène (DBO₅) :

La demande biologique en oxygène exprime la quantité d'oxygène nécessaire à la dégradation de la matière organique biodégradable d'une eau par le développement de microorganismes, dans des conditions données. (5 jours à 20°C, à l'abri de la lumière et de l'air) on parle alors de la DBO₅.

Les valeurs de pollution organique exprime en DBO₅ pour l'eau brute est 80 mg/l, cette valeur reste dans la plage de référence pour les eaux usées domestiques (100 à 400 mg/L) [39] et inférieur à la valeur limite spécifique de rejet [38], concernant l'eau avec l'argile la valeur diminuée à 50 mg/l avec un rendement de 38%, en revanche elle arrive à 15 mg/l avec un rendement de 81% dans l'eau avec l'argile locale, a partir les résultats obtenus présenter dans la figure 50 l'effet de l'argile locale plus efficace que l'argile Jordanie. D'autre part la teneur de BCO₅ de l'eau traité par l'argile locale répondent aux normes algériennes de rejet (40 mg/l) et à celles de l'OMS (<30 mg/l).

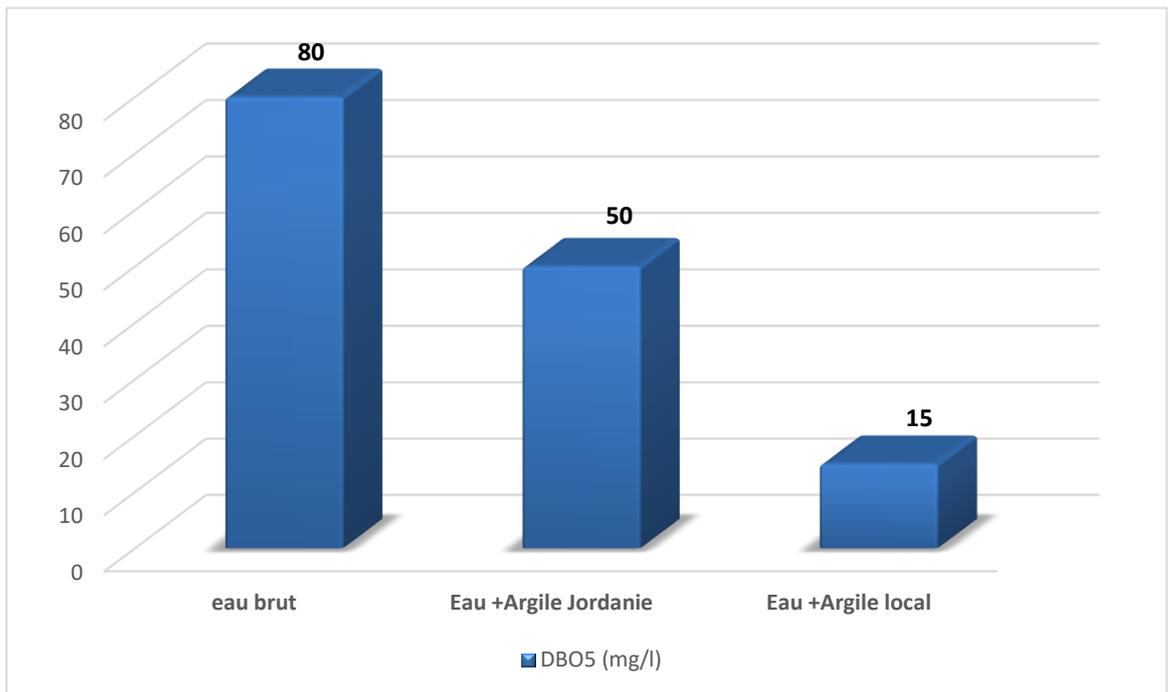


Figure 50 : Variation DBO₅ des trois échantillons étudiées

5.5.3. La Demande chimique en oxygène (DCO) :

La DCO permet d'apprécier la concentration en matières organiques ou minérales dissoutes ou en suspension dans l'eau, au travers de la quantité d'oxygène nécessaire à leur oxydation chimique totale [40]. Les valeurs de la DCO de l'eau brute est 400 mg O₂/l, ces est très élevé mais reste dans la plage de référence pour les eaux usées domestiques (300 à 1000 mg/L).

Pour l'eau traité par l'argile Jordanie la teneur de DCO est de 250 mg/l, elle est inférieure à celle de l'eau brute, le rendement d'élimination est de 37.5% et la valeur enregistré reste supérieure ne réponde pas aux normes d'irrigation [32]et [36].

Concernant l'eau avec l'argile locale la valeur de la DCO diminue elle est de 75 mg/l avec un rendement d'élimination de 81% cette valeur reste inférieure à celle trouvé par l'argile Jordanie et dans l'eau brute, elle réponde à la norme nationale (90mg/l) [31].

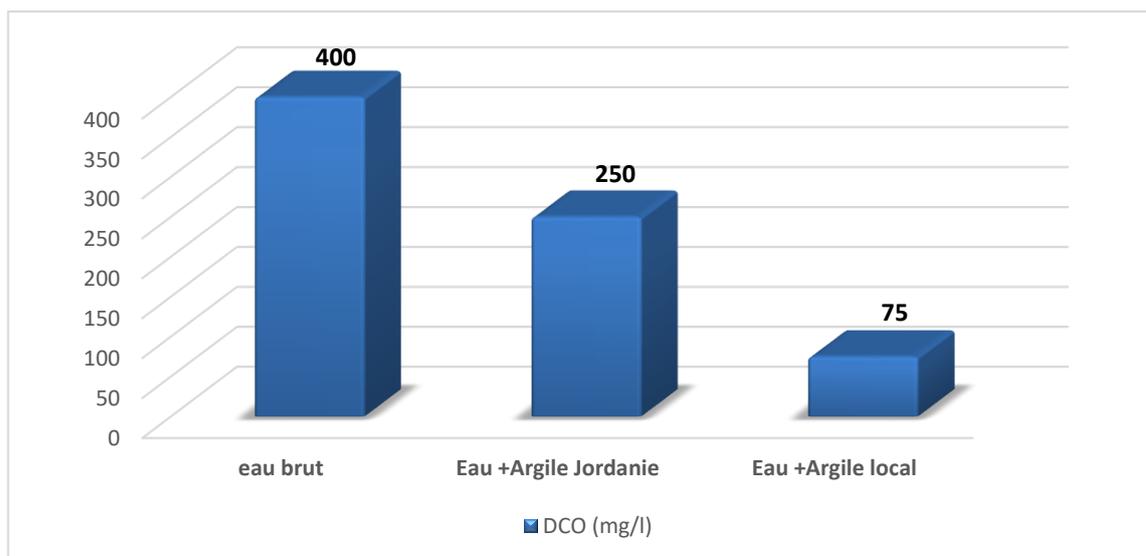


Figure 51 : Variation DCO des trois échantillons étudiés

5.5.4.fer (Fe²⁺) :

On remarque des faibles concentrations de fer (0.86, 0.24, 0.54 mg/l) obtenues par analyses des eaux usées avant et après traitement.

Les valeurs de pour (Fe²⁺) l'eau brute est 0,86 mg/l, cette valeur est inférieure à la valeur limite spécifique de rejet [38], concernant l'eau avec l'argile Jordanie la valeur diminuée à 0,24 mg/l avec un rendement de 72%, en revanche elle arrive à 0,54 mg/l avec un rendement de 37% dans l'eau avec l'argile locale, à partir les résultats obtenus présenter dans la figure 52 l'effet de l'argile Jordanie plus efficace que l'argile locale. D'autre part la teneur de Fe²⁺ de l'eau traité par l'argile locale et Jordanie répondent aux normes algériennes de rejet (3 mg/l).

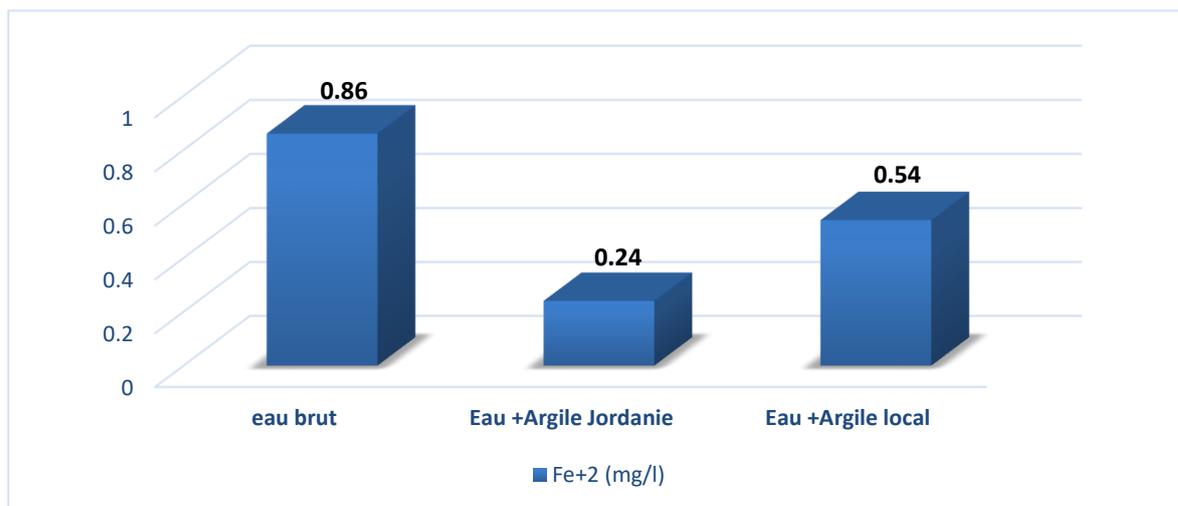


Figure 52 : Variation Fe²⁺ des trois échantillons étudiés

5.5.5. L'azote ammoniacal (N-NH⁴⁺) :

Selon les résultats obtenus, la valeur moyenne de l'azote ammoniacal pour les eaux brutes est de l'ordre de 2,46mg/l, Cette dernière est supérieure aux normes internationales des eaux d'irrigation selon FAO (NH⁴⁺<0,5mg/l) [27].

Mais pour les eaux traitées par l'argile, on trouve une diminution remarquable de concentration en NH⁴⁺ (1,75 et 1,38 mg/l) et qui respectent la norme mentionnée au-dessus, avec un rendement de (28%,43%).

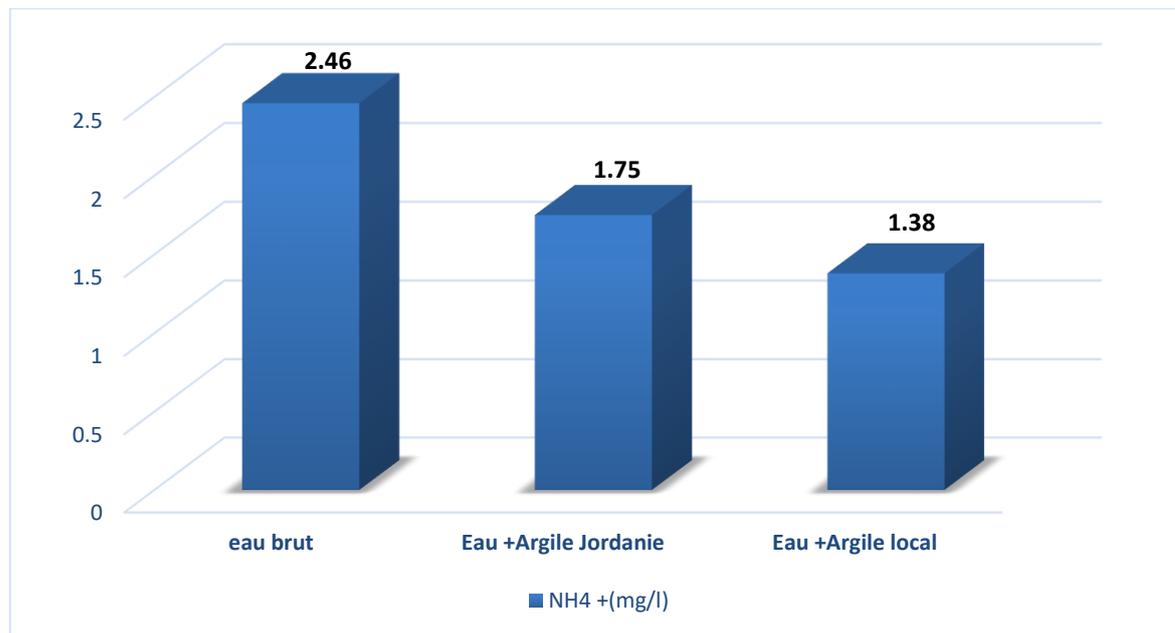


Figure 53 : Variation NH⁴⁺ des trois échantillons étudiés

➤ La réutilisation des eaux usées épurées comme une ressource alternative à l'irrigation (step de el'atteuf kef eddoukhen) :

Pour évaluer le rendement de la station d'épuration de notre cas d'étude, nous avons étudié les paramètres physicochimiques des eaux usées à l'entrée et la sortie durant une année de la STEP d'El atteuf de système lagunage naturel en vue de la protection du milieu récepteur et de la nappe phréatique, et la possibilité de réutiliser les eaux traitées à l'irrigation.

Pour cela, nous avons réalisé les mesures suivantes : la température, le pH et la conductivité (Paramètres sur places), la demande biochimique en oxygène DBO5, la demande chimique en oxygène DCO, les matières en suspension MES.

Les résultats du suivi montrent que les rendements épuratoires sont de 60 % pour la DBO5, de 41% pour la DCO, de 27% pour les MES. Tous les valeurs répondent aux limites indiquées par les normes algériennes de préservation de milieu récepteur, sauf que la conductivité électrique ne pas conformer à la norme algérienne de rejets.

5.6. Conclusion :

Par comparaison de nos résultats, nous trouvons que la majorité des valeurs sont inférieures à celle des valeurs initiales avant traitement, et on déduit que notre méthode de traitement par argile et surtout l'argile locale est efficace la diminution des teneurs des éléments avec le même pourcentage soit avec argile locale ou Jordanie.

*Conclusion
générale*

Conclusion générale :

Nous avons tenté à travers ce travail de déterminer la pollution résiduelle d'une station d'épuration par lagunage naturel EL ATTEUF KAF DOUKHANE par l'analyse des paramètres globaux d'estimation de la pollution organique des eaux usées.

Pour ce faire, nous avons tout d'abord choisi de regrouper les informations pertinentes sur les eaux usées et leurs traitements pour maîtriser les principaux paramètres pouvant les caractériser.

Nous nous sommes ensuite penchés sur l'étude du lagunage naturel en décrivant son principe de fonctionnement mais également ses avantages, ses inconvénients et les paramètres pouvant influencer son bon fonctionnement.

Après la description de la région de Ghardaïa où est implantée la station d'épuration par lagunage naturel à El Atteuf sur laquelle nous avons choisi de travailler, nous avons abordé les méthodes de prélèvement, d'échantillonnage et de conservation des échantillons d'eaux usées pour détailler ensuite les méthodes d'analyses des paramètres étudiés à savoir : la température, le pH, les MES, la DCO et la DBO5 ce qui a donc permis de rassembler leurs protocoles d'analyse.

Les argiles se caractérisent par une capacité élevée d'adsorption, d'échange ionique et de gonflement ainsi que par des propriétés rhéologiques particulières, Cependant pour des applications techniques, les argiles doivent être soumises à une préparation adaptée aux exigences de leur utilisation.

Les résultats de traitement des eaux usées par l'argile est donnés des bonnes résultats concernant les matières en suspension , la valeur de MES diminue avec des rendements très élevé de 78% donné par l'argile Jordanie et 69% par l'argile locale, l'effet de l'argile est remarquable la turbidité diminuée de (17.3 UNT jusqu'à 2.99) suite la diminution de MES avec un temps de contact 7 jour, ce traitement montré une efficacité d'élimination de la matière organique, pour la DBO5 un rendement de 81% dans l'eau avec l'argile locale après 7 jours de contact en effet on remarque que la cinétique d'adsorption de l'argile locale présente la meilleur capacité que l'argile importe (Jordanie) en éléments minéraux par contre ce dernier donne une efficacité important avec les éléments de pollutions ex fer et MES .

Conclusion générale

La comparaison de nos résultats avec ceux obtenus par le traitement chimique dans la station d'épuration montre que le traitement des eaux usées par les procédés naturels est plus efficace.

L'épuration des eaux usées va nous permettre non seulement de réduire le coût d'épuration mais aussi de contribuer à la préservation de l'environnement.

À l'issue du dernier chapitre qui présente les résultats obtenus pour les échantillons prélevés de la station étudiée, nous espérons avoir atteint l'objectif qui vise l'appréciation de l'importance de la pollution résiduelle d'une station d'épuration par lagunage naturel et la qualité de l'eau qu'elle rejette.

Il nous semble utile, Cependant, de revenir sur quelques points pouvant approfondir notre étude, à savoir :

- Suivre l'évolution de la pollution résiduelle à l'issue de plusieurs prélèvements répartis sur toute une saison par exemple ;
- La possibilité de réutilisation de l'eau épurée de la station dans l'irrigation des terres agricoles avoisinantes par l'étude davantage de paramètres physicochimiques mais aussi microbiologiques.
- Faire des essais de grossissement d'espèces piscicoles dans le bassin de sortie qui profiteront du phytoplancton abondant.

Références

Bibliographiques

Références Bibliographiques

- [1] **Agence Nationale des Ressources Hydrauliques., 1996.** Étude de faisabilité du lagunage sur les hauts plateaux. 13p.
- [2] **CHAIB A., 2004.** Bio épuration par lagunage naturel. Bulletin du Centre de Développement des Énergies Renouvelables (CDER), N°5 Juin 2004, pp21.
- [3] **ANRH, 2005.** Note relative aux ressources en eaux souterraines de la Wilaya de Ghardaïa, rapport de l'Agence nationale des ressources hydrauliques, Ouargla, 19p.
- [4] **ANRH, 2010.** Note de synthèse sur les premières mesures piézométriques en utilisant les nouveaux piézomètres captant la nappe du continental intercalaire dans la wilaya de Ghardaïa, rapport de l'Agence nationale des ressources hydrauliques, Ouargla, 9p.
- [5] **Rodier J.** (1996) L'analyse de l'eau : Eaux naturelles eaux résiduaires. Eaux de mer. 8eme. Ed. Du Rod. Paris pp 748 45.
- [6] **Rodier J.** (1984) : « Analyse de l'eau », ED. Dunond, Paris.
- [7] **Gomella C., Guerre H.** (1978) Les eaux usées dans les agglomérations urbaines et rurales. Edition Eyrolles, Paris (France) 47 p.
- [8] **Eckenfelder W.W,** (1982). Gestion des eaux usées urbaines et industrielles. Ed. Lavoisier. Paris, 503p.
- [9] **Martin G.** (1979)., Le problème de l'azote dans les eaux. Ed technique et documentation, Paris, 279p.
- [10] **Rejesk, F,** (2002), « Analyse des eaux ; aspects réglementaires et techniques » ; centre régional de documentaires techniques pédagogique d'aquitaine ;
- [11] **Gaujous D,** (1995). La pollution des milieux aquatiques. Edit. Lavoisier Techniques et documentation. Paris.2 17p.
- [12] **Journal officiel de la république algérienne (JORA).** Annexe des valeurs limites maximales des paramètres de rejet des installations de déversement industrielles. 1993 ; 46.p.7.

Références Bibliographiques

[13] **Baumont S, Camard J-P, Lefranc A, Franconi A. (2004)**, Réutilisation des eaux usées : risques sanitaires et faisabilité en Île-de-France. Rapport ORS, 220p.

[14] **DERONZIER G, CHOUBERT J-M. (2004)**-Traitement du phosphore dans les petites stations d'épuration à boues activées, Comparaisons techniques et économiques des voies de traitement biologique et physico-chimique. Ministère de l'Agriculture, de l'Alimentation, de la Pêche et des Affaires rurales FNDAE n° 29. Edition Cemagref, Antony, 24 pages.

[15] **AGENCE DE L'EAU (France)** "L'assainissement de l'agglomération. Technique d'épuration actuelles et évaluation étude inter agence "Avril 1994.

[16] **Järnström L. et Sternius P.**, "Adsorption of polyacrylate and carboxy methylcellulose on kaolinite: salt effects and competitive adsorption", Colloids and Surfaces, Vol. 50, pp. 47-73, 1990.

[17] https://fr.iliveok.com/health/argile-de-la-mer-morte_112629i15828.html.

[18] **HAKKOUM Abdelkader** ;" Dépôt de particules d'or sur argile préparation, caractérisation et application catalytique ». Mémoire de magister, l'université Aboubekr belkaid-tlemcen, 2010.

[19] **Meriam ELOuahabi**;"Valorisation industrielle et artisanale des argiles du maro" ; thèse de docteur. L'université de Liege 7 November 2013.

[20] **EMANA ERRAIS** ;" Réactivité de surface d'argile naturelles étude de l'adsorption de colorants anioniques « ; thèse de Docteur. Université Strasbourg2011.

[21] **Diard P.**, » Etude de la biosorption du plomb et du cuivre par des boues de La station d'épuration-mise en oeuvre d'un procédé de biosorption à contre-courant". Thèse de doctorat, spécialité science et technique du déchet. Institut national des sciences appliquées de Lyon, 1996.

[22] **KATTAB.A. 1992** : Traitement des eaux. Office des publications universitaires, Alger

[23] **EL HAIK N 1989**« Pollution et traitement des eaux.

[24] **RODIER. J BERNARD L, MERLET N (2005)** L'analyse de l'eau 9 édition Dunod Belgique

Références Bibliographiques

- [25] **Ouafae EL HACHEMI., (2012)**; traitement des eaux usées par lagunage naturel en milieu désertique (oasis de figuig) : performances épuratoires et aspect phytoplanktonique, thèse doctorat en Ecologie végétale , Faculté Faculté des Sciences, Université Mohammed Premier.
- [26] **Mounira CHACHOUA et Abdelali SEDDINI., (2013)** ; étude de la qualité des eaux épurées par le lagunage naturel en Algérie, Afrique SCIENCE 09(3) (2013) 113 – 121.
- [27] **Fouad Dimane, Khadija Haboubi,Issam Hanafi, Abdelouahad El Himri.,(2016).** Etude de la Performance du Dispositif de Traitement des Eaux Usées par Boues Activées de la ville d'Al-Hoceima, Maroc ; European Scientific Journal June 2016 edition vol.12, No.17.
- [28] **JORA (2006).** journal officiel de la république algérienne. Décret Exécutif n° 06-141 du 20 Rabie El Aouel 1427 correspondant au 19 Avril 2006, section 1, article 3.
- [29] **Alain Aminot, Roger Kérouel. (2004).** Hydrologie des écosystèmes marins: paramètres et analyses ; méthode d'analyse en milieu marin, éditions lfrmer, 2004,314p.
- [30] **Christelle Brémaud, Jean- René Claisse, Florence Leulier, Jérôme Thibaut, Edith Ulrich., (2008)** ;Alimentation, santé, qualité de l'environnement et du cadre de vie en milieu rural; module MP3 Bac professionnel services en milieu rural ; Educagri édition.
- [31] **JORA (2009)** ;journal officiel de la république algérienne. Décret Exécutif n° 09-209 du 17 Joumada Ethania 1430 correspondant au 11 juin 2009, chapitre 1, article 3.
- [32] **JORA (2012)** ; journal officiel de la république algérienne. Arrêté interministériel du 8 Safar 1433 correspondant au 2 janvier 2012 fixant les spécifications des eaux usées épurées utilisées à des fins d'irrigation.
- [33] **F. BERNE, et J.CORDONNIER (1991).** Traitement des eaux ; école nationale supérieur de pétrole et de moteurs ; éditions Technip, 306p.
- [34] **PALIWAL K., K.S.T.K. KARUNAICHAMY et M. ANANTHAVALLI (1998).** Effect of sewage water irrigation on growth performance, biomass and nutrient accumulation in *Hardwickia binata* under nursery conditions. Bioresour. Technol., 66, 105-111.
- [35] **FUNASA., (2013),** Manuel pratique d'analyse de l'eau/National Health Foundation – 4. ed. – Brasilia, FUNASA, 2013.150 p.

Références Bibliographiques

- [36] **Food and Agriculture Organisation (FAO) (2003)**. L'irrigation avec les eaux usées traitées. Manuel d'utilisation. Bureau Régional pour le proche orient et l'Afrique du Nord. Le Caire Egypte; 2003. p73.
- [37] **OUNOKI S et ACHOUR S. (2014)** ; évaluation de la qualité physicochimique et bactériologique des eaux usées brutes et épurées de la ville d'Ouargla. Possibilité de leur valorisation en irrigation, Larhyss Journal, n°20, Décembre 2014, pp. 247-258
- [38] **Bulletin Officiel, n° 5448 du Jeudi 17 Août 2006**, portant fixation des valeurs limites spécifiques de rejet domestique,2006.
- [39] **Bremondn R., Perrodon C.1979**. Paramètres de la qualité des eaux. Ministère de l'Environnement et du cadre de vie, 2nd ed , Paris, France. pp. 259
- [40] **Rodier J, Legube B, Merlet N, Brunet R., (2009)** ; Analyse de l'eau. Eaux naturelles, eaux résiduaires, eaux de mer. Dunod, 9ème éd. Paris ; 2009. 1579p.

ANNEXES

ANNEXES

- **Annexe 1** : l'argile locale et Jordanie.

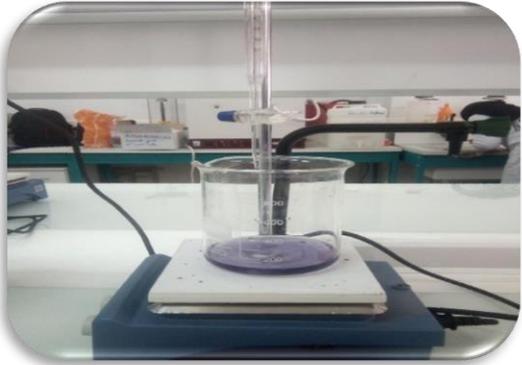
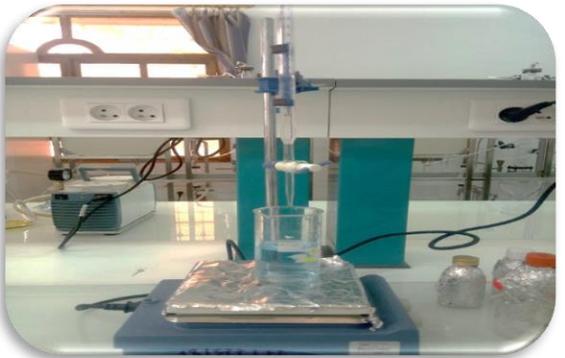


- **Annexe 2** : Les Normes utilisés .

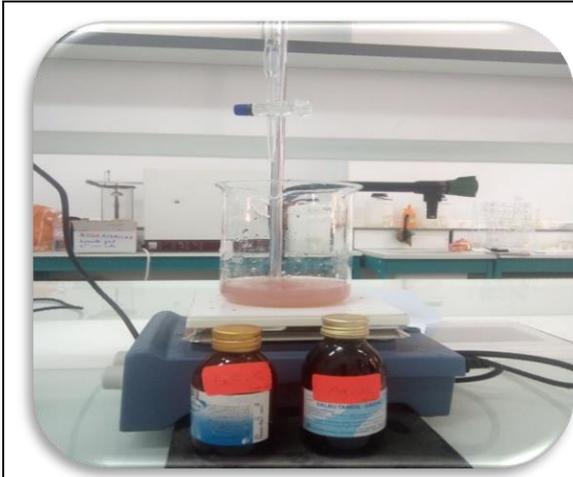
Paramètres	Unité de mesure	Valeurs d'Civé	Valeurs d'Wouro Bokar	Valeurs guides de l'OMS
<i>pH</i>	pH	7.4	6.14	6.5-9.5
<i>Conductivité</i>	µs/cm	946	79.7	<2100
<i>TDS</i>	mg/l	-	45	<1000
<i>TH</i>	°F	2	7.6	<50
<i>Oxydabilité</i>	mg/l	-	2	<5
<i>Calcium</i>	mg/l	6.41	8.8	<270
<i>Magnésium</i>	mg/l	0.96	13.12	<50
<i>Nitrates</i>	mg/l	7.90	4.3	<50
<i>Nitrites</i>	mg/l	0	0	<0.1
<i>Chlorures</i>	mg/l	17.75	24.85	<250
<i>Sulfates</i>	mg/l	0	0	<400
<i>Fer</i>	mg/l	0.01	3.8	<0.3
<i>TA</i>	mg/l	-	0	<15
<i>TAC</i>	mg/l	-	1.4	<15

ANNEXES

- Annexe 3 : les paramètre physico-chimique

	
<p>PH mètre et conductimètre et thermomètre</p>	<p>DBO mètre</p>
	
<p>Turbidimètre</p>	<p>Filtration de 100 ml d'eau.</p>
	
<p>dosage de TH</p>	<p>Dosage du calcium</p>

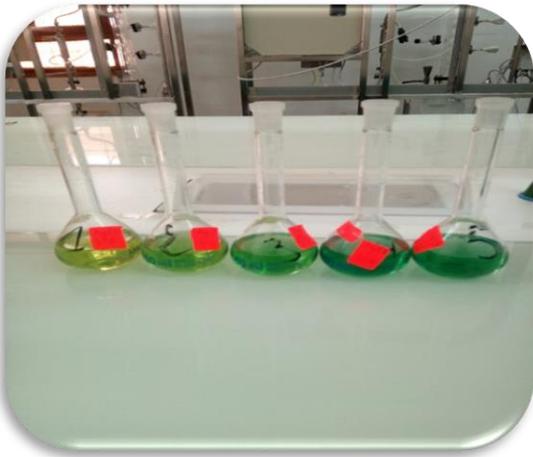
ANNEXES



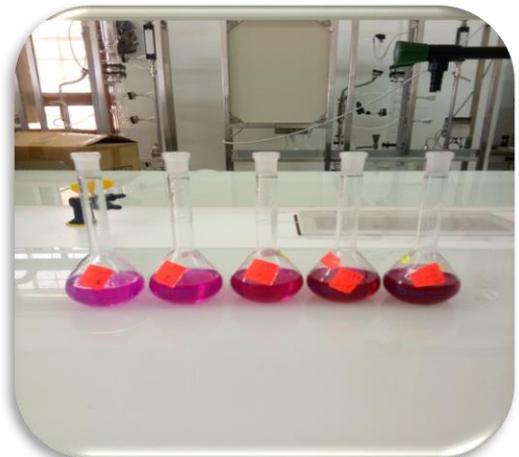
Dosage des chlorures (Cl⁻)



Spectrophotométrie UV



Dosage des NH₄⁺



Dosage de nitrite