

## *Remerciements*

*En préambule à ce mémoire nous remerciant ALLAH qui nous a aidé et nous a donné la Patience et le courage durant ces longues années d'étude.*

*Nos vifs remerciements vont au professeur ALLALI pour l'intérêt qu'il a porté à notre recherche en acceptant de présider notre soutenance.*

*Nous tenons à remercier notre encadreur Mr NEHAR Benameur, pour l'orientation, la confiance, la patience qui a constitué un apport considérable sans lequel ce travail n'aurait pas pu être mené au bon port. Qu'il trouve dans ce travail un hommage vivant à sa haute personnalité.*

*Nous tenons à exprimer nos sincères remerciements aux professeur MERZOUK A. et DrGHANEMI. Fen acceptant d'examiner notre travail et de l'enrichir par leurs propositions.*

*Enfin, on remercie tous ceux qui, de près ou de loin, ont contribué à la réalisation de ce travail notamment l'équipe du Laboratoire l'ASNABIO.*

## *Dédicace*

*A mes chers parents*

***SAÏD ET NIHED***

*Pour tous leurs sacrifices, leur amour, leur tendresse, leur soutien et leurs prières tout au long de mes études, Je vous dédie ce travail en témoignage de mon profond amour. Puisse Dieu, le tout puissant, vous préserver et vous accorder santé, longue vie et bonheur.*

*A toute ma famille pour leur soutien tout au long de mon parcours universitaire,*

*A mes chers amis*

*Que ce travail soit l'accomplissement de vos vœux tant allégués, et le fruit de votre soutien infaillible,*

*Merci d'être toujours là pour moi*

**BERBAR MOHAMMED YASSINE**

## *Dédicaces*

*A mes chers parents*

*MERAH Nouredine & Chafika*

*Pour tous leurs sacrifices, leur amour, leur tendresse, leur soutien et leurs prières tout au long de mes études, Je vous dédie ce travail en témoignage de mon profond amour. Puisse Dieu, le tout puissant, vous préserver et vous accorder santé, longue vie et bonheur.*

*Je vous aime énormément !*

*A mes chères sœurs Kawtar et Nedjoud*

*Pour leurs encouragements permanents, et leur soutien moral*

*A mes cher frère Chakib et illes*

*Je ne peux trouver les mots justes et sincères pour vous exprimer mon affection et mes pensées, vous êtes pour moi des sœurs et des frères sur qui je peux compter. En témoignage de l'amitié qui nous uni et des souvenirs de tous les moments que nous avons passés ensemble, je vous dédie ce travail et je vous souhaite une vie pleine de santé et de bonheur.*

*A toute la promotion Master 2 assurance qualité de l'université de Tlemcen  
Que ce travail soit l'accomplissement de vos vœux tant allégués, et le fruit de votre soutien infailible,*

*Merci d'être toujours là pour moi*

*MERAH Zakaria Mohamed*

# Tables des matières

<b>Remerciements</b>	2
<b>Dédicace</b>	3
<b>Introduction</b>	4
<b>Chapitre 01: synthèse bibliographique</b>	
<b>I- Généralité sur l'eau en Algérie</b>	7
1. L'eau dans le nord d'Algérie	7
2. L'eau dans le sud d'Algérie	8
3. Utilisation et besoin :	8
4. Les menaces qui présentent sur les ressources de l'eau :	9
<b>II- Généralité sur les eaux usées</b>	10
1. Définition des eaux usées :	10
2. Les familles des eaux usées :	10
a) Les eaux usées d'origine domestique:	11
b) Les eaux usées d'origine industrielle	11
c) Les eaux usées d'origine agricole	12
d) Les eaux usées de ruissèlement	12
3. Les sources de pollutions des eaux usées et leurs effets sur les êtres vivants et la nature	14
4. Le traitement des eaux usées	14
5. Les domaines de la réutilisation des eaux usées	15
a) La réutilisation dans le domaine de l'agriculture	16
b) La réutilisation dans le domaine de l'industrie.	16
c) La réutilisation pour la recharge des nappes	16
<b>III. Généralité sur les algues</b>	17
1. Définition	17
2. Classification des algues	17
a) Les chlorophycées algues vertes	18
b) Les Rhodophycées (algues rouges)	18
c) Les Phéophycées (algues brunes)	18
d) Les Cyanobactéries	19
3) Rôle des algues	19
4) Extraits à activité antimicrobienne	19
5) Les critères de classification des algues	20
a) La répartition des algues	20
6) L'utilisations des algues	21
a) Dans l'agroalimentaire.	21
b) Dans l'industrie du textile	21
c) En agriculture	21
d) Dans le traitement des eaux usées	21
e) En cosmétique et thalassothérapie et l'algothérapie	22
f) En médecine	22
7) Facteurs du développement des Diatomées au sein du biofilm	25

<b>Chapitre 02: Matériel et méthodes</b>	26
1) Présentation de la station d'épuration Ain El_Houtz	26
a) Situation géographique	26
b) Données de base	27
c) Personnel	28
2) Méthodologie de travail	28
3) Travail au laboratoire	29
4) Le déroulement de l'expérience	32
5) L'estimation des paramètres physico-chimiques	35
a) La température	35
b) Le Potentiel hydrique	35
c) La transparence	36
d) L'absorbance	36
e) Les phosphates ( $PO_4^{3-}$ ).	37
f) Les nitrates ( $NO_3^-$ ).	38
j) Les nitrites ( $NO_2^-$ )	39
6) Test de tolérance (algue/eaux usées) par quelques paramètres chimiques	40
<b>Chapitre 03: Résultats et interprétation</b>	43
1) Résultats	43
2) Présentation graphique du pH, température et transparence	47
3) Interprétation des résultats	48
4) Résultats de la teneur en nitrate, nitrite et phosphate	50
5) Résultats de la tolérance algale	52
6) Interprétation des résultats	53
<b>Discussion.</b>	50
<b>Conclusion.</b>	53

## *Liste des tableaux*

<b>Tableau 1</b> Les sources de pollution des eaux usées et leurs effets sur la sante	13
<b>Tableau 2</b> Recyclage des eaux usées en Algérie	14
<b>Tableau 3</b> Les données de base de la station d'épuration	27
<b>Tableau 4</b> Personnel de la station d'épuration	28
<b>Tableau 5</b> Matériel utilisé	30
<b>Tableau 6</b> Milieu de culture des micro algues (cyanobactéries).	31
<b>Tableau 7</b> Les produits utilisés pour l'analyse des matières azotes.	31
<b>Tableau 8</b> Les produits utilisés pour tester la tolérance algale	32
<b>Tableau 9</b> Rapports du mélange eaux usées/ algues	33
<b>Tableau 10</b> L'estimation de la tolérance.	40
<b>Tableau (11- 17)</b> Résultats de température, pH et transparence	43
<b>Tableau 18</b> Résultat obtenus des analyses des Nitrates, Nitrites et Phosphates.	50
<b>Tableau 19</b> Résultats spectrophotométriques	50
<b>Tableau 20</b> Résultats de test de la tolérance algale.	51

## *Liste des photos :*

Photo01 : Déversoir d'orage au niveau de l'entrée de la station	28
Photo02 : L'eau usée de Ain El-Houtz	29
Photo 03 : Les microalgues ( <i>cyanobactérie</i> )	29
Photo 04 : Incubation de la culture algale	32
Photo 05 : Filtration des microalgues	33
Photo06 : Filtration des eaux usées	33
Photo7 : Pourcentages et mélanges eau usée / algue	34
Photo 08 : Représentation des conditions favorable de la culture	35
Photo 09 : Mesure de la température	36
Photo10 : Mesure du potentiel hydrique	36
Photo 11 : Mesure de la transparence	37
Photo 12 : Mesure de l'absorbance par le spectrophotomètre	38
Photo13 : Le bloc chauffant	38
Photo14 : L'automate de mesure de phosphate	39
Photo15 : Le tube NITRATEST, en plastique	39
Photo16 : Le tube NITRICOL, en plastique	40
Photo17 : Le photomètre	49
Photo18 : Flacon du mélange 50% - algue 50% eau usée	49

## *Liste des figures*

Figure 01 : Répartition de l'eau au nord de l'Algérie	7
Figure 02 : <i>Fucus sp</i> (phéophycée) sur le littoral de Honâine	18
Figure 03 : <i>Corallinaofficialis</i> (chlorophycée) sur le littoral de Honâine	18
Figure04: Algues bleu envahissantes les côtes du Brésil	19
Figure05 : Localisations de la station d'épuration Ain El-Houtz à Tlemcen	20
Figure 06 : Vue aérienne de la station d'épuration d'Ain El Houtz	20
Figure 07: Tubeà essais 5 doses différentes de produit bicarbonate du sodium sur100ml d'algue de chaque tube	48
Figure 08 : Tubes à essais 5 doses différentes du NaCl sur 100 ml d'algue de chaque tube.	52
Figure 09 : Tubes à essais 5 doses différentes du Chromium sur 100 ml d'algue de chaque tube	52
Figure 10 : Tubes à essais 5 doses différentes du zinc sur 100 ml d'algue de chaque tube	52

# *Introduction*

### **Introduction :**

L'eau ne peut être considérée comme un simple produit commercial, elle doit être classée comme un patrimoine universel qui doit être protégée, défendue et traitée comme tel. (Devaux, 1999). L'eau est une denrée de plus en plus rare en Algérie et de moins en moins renouvelable. Elle fait actuellement l'objet d'une exploitation concurrentielle entre les besoins de la population, ceux de l'agriculture et de l'industrie qui se disputent une disponibilité limitée. La pollution des eaux de surface et souterraines est possible par les rejets d'eaux usées tant domestiques qu'industrielles ainsi que par l'utilisation d'engrais et de pesticides en agriculture. La pollution risque de constituer, à court terme, un risque de pénurie d'eau accentué imposant la nécessité de protéger cette ressource contre toute altération et utilisation irrationnelle (Hamza, 2006).

L'intérêt porté par les pouvoirs publics algériens au traitement des eaux usées s'est manifesté par l'allocation de crédits importants à la réalisation de stations d'épurations qui sont en nombre d'une centaine déjà réalisées ou en voie de réalisation.

Seulement, ces réalisations n'ont pas été suffisantes pour atteindre l'objectif de protéger l'environnement d'une manière générale et les ressources hydriques en particulier : (Niveau de pollution alarmant des cours d'eau, tels que oued *Hamiz*, *Rhumel*, *Seybouse*, eutrophisation de *Hammam Grouz* et pollution des réserves souterraines par les nitrates et les métaux lourds). La politique de valorisation des eaux usées est nécessaire d'autant plus que celles-ci une fois traitées, pourraient constituer une source non négligeable pouvant participer à la réduction du déficit du bilan hydrique par sa valorisation en irrigation.

On reconnaît de plus en plus l'intérêt des espaces verts en milieu urbain et périurbain pour la protection de l'environnement, le cadre de vie, les activités de loisir et la production. Les villes qui souhaitent accroître leurs plantations de forêts, d'espaces verts ou d'arbres d'agrément en zone urbaine ou en périphérie mais qui ne veulent pas gaspiller leurs maigres ressources d'eau douce pour l'irrigation pourraient recycler les eaux usées à cette fin (Hamza, 2006).

Cette réutilisation n'est pas banale. En effet, ces eaux véhiculent des polluants qui posent des problèmes de santé publique, de conservation des sols et de protection de l'environnement, qui ne doivent être ni exagérés ni sous-estimés.

Dans ce contexte, notre étude s'intéressera particulièrement à tester l'utilisation d'une espèce algale de *cyanobactéries* pour le traitement des eaux usées de la station d'épuration d'Ain El-Houtz. Cette contribution a pour objectif de suivre :

- la croissance des cyanobactéries dans les eaux usées.
- le pouvoir d'élimination des matières azotées et phosphorées.
- la tolérance de l'algue pour quelques polluants chimiques

L'impact de notre expérience et de proposer une solution qui aide à :

- ✓ La préservation de l'eau.
- ✓ La protection de la nature.
- ✓ La réutilisation des eaux usées et l'élimination des matières azotes et phosphores

Dans ce contexte, notre travail s'articule autour de trois (03) chapitres :

- ❖ Le premier chapitre est une synthèse bibliographique sur l'eau en Algérie, les eaux usées et les algues en général.
- ❖ Le deuxième chapitre présente le matériel et les méthodes utilisés.
- ❖ Le troisième chapitre est consacré à la présentation des résultats et leurs interprétations.

Enfin, nous terminons notre synthèse par une discussion, une conclusion et des perspectives.

## *Synthèse bibliographique*

## I- Généralité sur l'eau en Algérie.

### 1. L'eau dans le nord d'Algérie :

En Algérie, l'eau est une ressource de plus en plus précieuse, la concurrence quise livrent l'agriculture, l'industrie pour avoir accès à cette ressource s'accroît de temps en temps d'où la nécessité de protéger cette ressource précieuse. La pluviométrie moyenne annuelle en Algérie au nord est évaluée entre 95 et  $100 \cdot 10^9 \text{ m}^3$  et Plus de  $80 \cdot 10^9 \text{ m}^3$  s'évaporent,  $3 \cdot 10^9 \text{ m}^3$  s'infiltrent et  $12,5 \cdot 10^9 \text{ m}^3$  s'écoulent dans les cours d'eau. Dans le nord du pays, les eaux de surfaces sont stockées dans les barrages, l'Algérie en 2002 à 52 grands barrages d'une capacité de 5.2 milliard de  $\text{m}^3$  est le reste déversent directement dans la mer (Remini, 2009).

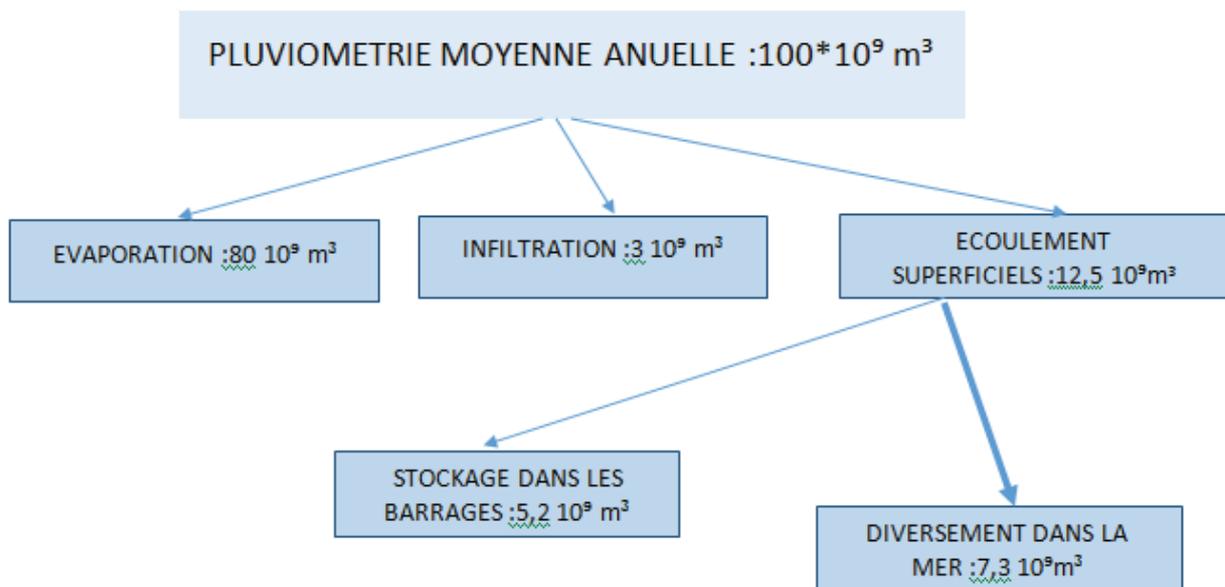


Figure 1 : Répartition de l'eau au nord de l'Algérie (Remini, 2009).

## **2. L'eau dans le sud d'Algérie :**

La partie de sud de l'Algérie recouvre 85% de territoire globale du pays, avec une surface de 215600km<sup>2</sup>. Par contre avec une population de 3 millions d'habitants, dans cette partie de sud la précipitation est considérée comme nulle. L'essentiel de ses ressources en eau se trouve dans deux systèmes aquifères : la nappe continentale intercalaire s'étend sur le Sahara septentrional et la nappe de complexe terminale qui est un aquifère peu profond (Remini, 2005).

## **3. Utilisation et besoins :**

Les différents besoins de l'eau sont :

### **a) Les besoins agricoles :**

L'agriculture demande de plus en plus de l'eau, comme les ressources en eau douce qui sont utilisées en grande partie (Jamine et Assouline, 2009).

### **b) Les besoins domestiques :**

Représente le secteur le moins consommable d'eau, l'homme utilise l'eau pour différentes activités : se laver, nettoyer, cuisiner ou à arroser le jardin, il est important à son hygiène et son foyer. Même les zones urbaines l'eau est importante pour les secteurs publics : commerce, entretien des parcs, hôpitaux ou autres services publics.

Alors la consommation domestique moyenne est de 150L/jours /personne et varie sensiblement suivant le niveau de développement des pays, en Afrique est estimée de 25 à 30L/jour/personne, donc c'est une quantité importante utilisée à des fins domestiques, qui grossit le débit des stations d'épuration de traitement des eaux usées (Paul, 2008).

### **c) Les besoins industriels :**

Dans le domaine de l'industrie l'eau est consommé en moyenne de 23% des ressources en eau douce du globe terrestre, pour les pays développés qui utilisent 59% de leur ressource hydrique, et les pays sous développés dans lesquels le secteur industriel ne consomme que 09% de l'eau globale.

L'utilisation de l'eau en industrie touche essentiellement les processus de refroidissement et de nettoyage des manufacturé. L'industrie alimentaires ; des bois et papier ; ainsi que les industries chimiques et pétroliers sont des grandes consommateurs d'eau mais si l'on devait établir l'industrie utilisant la plus quantité d'eau pour le fonctionnement c'est les centres électriques. La principale source d'énergie dans le monde c'est l'hydroélectricité qui a détermine l'aménagement des grands fleuves dans le mondes. Alors la construction des barrages et des bassins de rétention permet l'installation de centrale hydro électroniques ; environ de 45000 barrages dans le monde (Jamine et Samuel,2009).

### **4. Les menaces des ressources en eau :**

#### **a) La température :**

L'augmentation du taux d'émission de gaz s'accompagne avec l'activité industrielle : comme l'émission du dioxyde de carbone, méthane, chlorofluorocarbone(CFC). Ces gaz empêchent le refroidissement de terre puisqu'ils reflètent vers la terre une partie de rayonnement résulte de la température de surface terrestre. Cette augmentation de la concentration de gaz à effet certainement en partie responsable de réchauffement de la planète terrestre est de perturbation climatique (Jamine et Samuel,2009).

#### **b) La pluviométrie :**

Le régime de la pluie est résulté des effets de changement climatique est plus difficile a simulé puisque certain model atmosphérique de circulation générale ne tienne aucun compte d'interaction avec les océans.

Pour l'Afrique, la précipitation pour le Nord et le Sud suggèrent une réduction et une augmentation pour le centre de l'Ouest par contre une grave pénuries d'eau de désertification sont à craindre en Afrique de Nord et en Afrique de sud (Laurent,2016).

#### **c)l'urbanisation :**

Le développement durable économique et la croissance démographique ont favorisé le déplacement massif des individus. Le mouvement de la population vers les urbaines est un phénomène qui produit une pression sur les grandes villes.

Cette expansion transforme les propriétés des bassins versants dans les quelle ces villes se trouvent, accroît les surfaces imperméables ; altère les réseaux hydrographiques et augmente les probabilités des crues ou d'inondation.

Les quantités croissantes des déchets et d'eau usées menacent l'environnement et la durabilité de la ressource et imposent la mise en place de stations de traitement des eaux usées (Jamine et Samuel, 2009).

### **d) la pollution :**

La pollution de l'eau ; c'est l'ensemble des processus anthropologiques ou naturels qui modifient sa qualité au point de rendre impropre à une utilisation donnée. Une eau polluée c'est impropre pour la consommation peut-elle être utilisée pour l'irrigation.

L'effet négatif de l'activité de l'homme sur la qualité des ressources en eau, l'homme après avoir utilisé de l'eau dans les domaines domestiques ou industriels en rejette l'eau usée pleine de bactéries, produits chimiques, matières organiques, métaux lourds et des produits toxiques.

On a noté que plus de 400 millions de tonnes de matières organiques et des produits toxiques, dont 51% proviennent de l'industrie alimentaire. On distingue différentes sources de pollution ; les déchets des usines, des étables et les stations-services dont les voies de circulation ruissèlent de matière organique, métaux lourds, pesticides, et sels minéraux, L'activité agricole est responsable de 70% de la pollution des eaux (Jamine et Samuel, 2009).

## **II- Généralité sur les eaux usées**

### **1. Définition des eaux usées :**

Les eaux usées comme étant des eaux ayant été utilisées pour des usages domestiques, industriels ou même agricole, sont des eaux chargées des polluants, solubles ou non, provenant essentiellement de l'activité humaine constituant donc un effluent pollué et qui sont rejetées dans un émissaire d'égout (Ramade, 2000).

### **2. Les familles des eaux usées :**

On distingue trois "familles" d'eaux usées : les eaux domestiques, les eaux industrielles et les eaux usées agricoles.

#### **a) Les eaux usées domestiques :**

Elles proviennent des différents usages domestiques de l'eau comme :

- Eaux ménagères (salles de bains et cuisines) sont généralement chargées de détergents, de graisses, de solvants, de débris organiques.
- Eaux-vannes (rejets des toilettes) chargées de diverses matières organiques azotées et de germes fécaux (Baumont *et al*, 2004).

#### **b) Les eaux usées industrielles :**

Leurs caractéristiques varient d'une industrie à l'autre. En plus de matières organiques, azotées ou phosphorées, elles peuvent contenir des produits toxiques :

- Des solvants.
- Des métaux lourds.
- Des hydrocarbures.
- Des micropolluants organiques.

Les rejets industriels peuvent donc suivre trois voies d'assainissement :

- Ils sont directement rejetés dans le réseau domestique
- Ils sont prétraités puis rejetés dans le réseau domestique

- Ils sont entièrement traités sur place et rejetés dans le milieu naturel. Selon (Baumont *et al*, 2004).

### **c) Les eaux usées d'origine agricole :**

Ce sont des eaux qui ont été polluées par des substances utilisées dans le domaine agricole. Dans le contexte d'une agriculture performante et intensive, l'agriculteur est conduit à utiliser divers produits d'origine industrielle ou agricole s'agit généralement des pesticides et insecticides dont certains présentent ou peuvent présenter des risques pour l'environnement et plus particulièrement pour la qualité des eaux (Baumont *et al*, 2004)).

### **D) Les eaux usées de ruissèlement :**

Les eaux de pluie ne sont pas dépourvues de pollutions et peuvent constituer une cause de dégradations importantes des cours d'eau, notamment pendant les périodes orageuses. Ces eaux se chargent :

- D'impuretés, au contact de l'air (fumées industrielles, résidus de pesticides...),
- De résidus déposés, en ruisselant sur les toits et les chaussées des villes (huiles de vidange, carburants, résidus de pneus, métaux lourds (Baumont *et al*, 2004)).

**3. Les sources des pollutions des eaux usées et leurs effets sur les êtres vivants et la nature.**

**Tableau 01** : Les sources de pollution des eaux usées et leur effet sur la sante (Joanne langis,2010).

substances	Origines	Effets
Hydrocarbures Essences, huiles, fioul	Transports routiers, industries, accidents Pétroliers, fuites lors des déchargements des Pétroliers, lessivage par la pluie des zones urbaines ( parking, route)	Altération des mécanismes physiologiques de tous les organismes vivants
Métaux lourds	Transports routiers, industries métallurgiques et pétrochimiques, Peinture et carénage des bateaux	Affectent surtout les animaux Ralentissement de la croissance Altération des organes Classement par ordre de nocivité croissante : Hg>Ag>Cu>Cd>Zn>Pb>Cr>Ni>Co
Pesticides et Insecticides	Utilisation domestique, agriculture	Trouble du métabolisme et du système neurologique Altération des processus enzymatiques
Composés azotés et phosphatés	Agriculture, aquaculture, industries agroalimentaires, eaux usées domestiques	Phénomène d'anoxie et d'eutrophisation
Détergents	Eaux usées domestiques, industries	Affectent les plantes et les algues Effet amplifié si combinaison avec des hydrocarbures
Matières en suspension MES	Eaux usées domestiques, lessivages des sols,	Diminution apport de lumière

#### 4. Le traitement des eaux usées :

Puisque le développement des activités humaines et l'évolution des modes d'habitats, tant en milieu urbain qu'en milieu rural, se sont accompagnés par les rejets des polluants solides, liquides ou gazeux menaçants la santé des êtres vivants.

Auparavant, les eaux étaient déversées dans la nature mais à présent il est impossible de le faire sans le traiter au préalable. Donc il nous somme dans l'obligation d'épurer nos eaux usées dans le but d'éviter les catastrophes et les dégâts surtout la rareté de la source en qui se font sentir au cours des années prochaines.

Actuellement, le parc d'installation d'épuration se compose de 77 stations (35 secteurs urbains, 34 secteurs industriels, 8 secteurs touristiques) la capacité de traitement installée est

estimée à la fin de 1987 à près de 140 millions de m<sup>3</sup>/an. La plupart des stations d'épuration en Algérie est à l'arrêt pour diverses raisons notamment elle concerne la maintenance.

En considérant les rejets en milieu urbain de l'ordre de 75% des débits consommés, les volumes d'eau usés recyclés à travers les ressources d'assainissement ont été évalués à 350 millions de m<sup>3</sup> en 1979 et 660 millions de m<sup>3</sup> en 1985 (Remini, 2009).

L'eau recyclée des quatre régions en 2020 se répartissent comme suit :

**Tableau 02:** Recyclage des eaux usées en Algérie (Remini, 2009).

Régions	Oranie C. chergoui	Chellef Zahras	Algerois Hadna	Constantine	<b>Total Algérie du Nord</b>
Eaux usées épures en (mm <sup>3</sup> /an) Horizon 2020	90	90	230	140	<b>550</b>

Le traitement des eaux usées comprend quatre étapes :

### **La première :**

Consiste à filtrer les gros éléments solides et à permettre aux éléments solides de se précipiter au fond d'un bassin de décantation (Claude, 1999).

### **La seconde :**

Basé sur une oxydation aérobie des éléments nutritifs présents dans les eaux usées pour le but de réduire l'oxydation biologique, les conditions de débit, potentiel hydrique, température et la concentration d'oxydation dissous sont sous un contrôle efficace (Claude, 1999).

### **La troisième :**

Consiste à l'élimination des éléments nutritifs contenus dans les eaux usées : les nitrates et phosphates, ainsi que les matières organiques (Claude, 1999).

### **La quatrième étape :**

Soit par chloration soit à l'aide des rayons de l'ultraviolet (UV) (Claude, 1999).

## **5. La réutilisation des eaux usées :**

La réutilisation des eaux usées est un enjeu politique et socio-économique pour le développement futur des services d'eau potable et d'assainissement à l'échelle mondiale. Elle présente, en effet, l'avantage majeur d'assurer une ressource alternative permettant de limiter les déficits en eau, de mieux préserver les ressources naturelles et de palier aux pénuries d'eau engendrées par les changements climatiques.

Deux grandes classes de réutilisation peuvent être définies :

- Les usages potables qui peuvent être directs, après un traitement poussé, ou indirects, après passage dans le milieu naturel,
- Les usages non potables dans les secteurs agricoles (irrigation), industriels et urbains (Baumont et al, 2004).

### **a) La réutilisation dans le domaine agriculture :**

L'irrigation agricole était, est et restera le plus grand consommateur d'eau recyclée environ 70% de la demande mondiale les zones traditionnellement arides aux États-Unis, la région méditerranéenne, du Moyen-Orient et en Asie du Sud avec de nombreux avantages et bénéfiques bien reconnus, notamment la contribution à la sécurité alimentaire. A l'heure actuelle, l'intérêt principal de la réutilisation des eaux usées en agriculture est de pallier aux déficits hydriques et d'augmenter les rendements de la production agricole par un apport adéquat d'eau d'irrigation. Pour maintenir la production alimentaire (Hartani,2004).

### **b) La réutilisation industrielle :**

L'industrie est le deuxième plus grand consommateur d'eau après l'agriculture avec environ 25% de la demande mondiale. La réutilisation et le recyclage interne des eaux usées industrielles sont devenus une pratique courante pour beaucoup d'industries, avec de nouvelles tendances comme l'objectif ambitieux de zéro rejet liquide et la réutilisation de l'eau inter-secteur, comme par exemple l'utilisation des eaux usées urbaines à des fins industrielles (Remini,2010).

La réutilisation de l'eau en milieu urbain est caractérisée par un développement rapide en raison de son rôle crucial pour la ville durable du futur. En plus de l'irrigation urbaine d'espaces verts, d'autres applications prennent de l'importance comme les usages industriels (nettoyage, lutte contre les incendies, tours de refroidissement.), le recyclage en immeuble et les usages environnementaux pour le maintien et la restauration des plans d'eau, des rivières et des zones humides (Mozas et Hosn,2013).

### **c) la réutilisation pour la recharge des nappes :**

La recharge des nappes, l'alimentation de réservoirs pour la production indirecte d'eau potable, voire la réutilisation directe d'eau ultra-pure pour accroître l'approvisionnement en eau, ont été mis en œuvre comme une solution durable aux défis des déficits hydriques croissants que certains pays devront affronter dans les 20 prochaines années (Remini,2010).

### III : Généralité sur les algues :

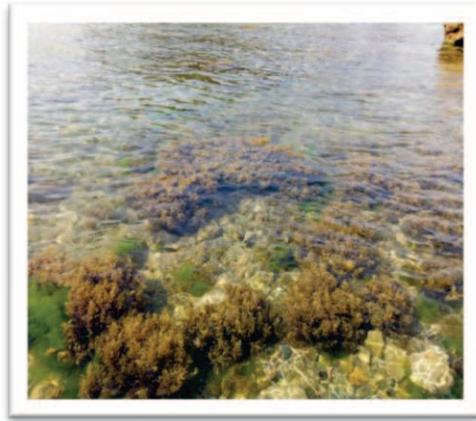
#### 1. Définition :

Les Algues, ou Phycophytes (du grec. phukos = algue ; phuton = plantes), sont des Thallophytes chlorophylliens, c'est-à-dire des organismes capables de photosynthèse. Ils font la production, de matière organique par réduction de matière inorganique et matière minérale. Les Algues sont typiquement des organismes aquatiques. Elles peuvent être libres ou fixes sur un support, leur taille varie de moins d'un micromètre tel que l'algue *Prochlorococcus* (0.5  $\mu\text{m}$ ) à plusieurs dizaines de mètres pour les *Macrocystis* (60 mètres). Les Algues ont des couleurs variées dues à la présence des pigments masquant plus ou moins la chlorophylle. Ce caractère conduit à subdiviser le groupe en trois grandes lignées qui s'opposent par un ensemble de caractères biochimiques, structuraux et fonctionnels : les algues vertes, les algues brunes et les algues rouges (Leclerc, 2010).

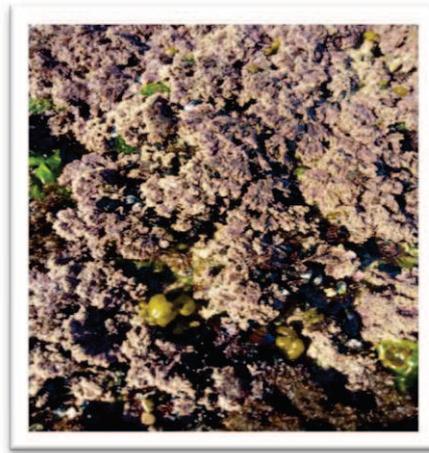
Le terme algue se réfère à la fois aux macrosalgues et à un groupe très diversifié de micro-organismes connus sous le nom de micros algues, avec une diversité de tailles allant de pico plancton de 0.2 - 2,0  $\mu\text{m}$  en diamètre jusqu'aux laminaires géantes avec des frondes qui peuvent atteindre 60 m de longueur. Le nombre d'espèces d'algues est estimée 30.000 à 1 million, mais l'estimation de référence est celle donnée par la base de données *Algaebase* qui est approximativement de 72 .500 parmi lesquelles plus de 20.000 espèces diatomiques. (Leclerc, 2010).

#### 2. Classification des algues :

Selon leur pigmentation, les algues sont divisées en trois groupes : les chlorophycées, les rhodophycées et les phéophycées (Steinman, 1996).

**a). Les Chlorophycées (algues vertes)**

**Figure02:** *Fucus sp* (phéophycée) sur le littoral de Honaïne.



**Figure 03:** *Corallina officinalis* (chlorophycée) sur le littoral de Honaïne.

**b) Les Rhodophycées (algues rouges) :**

Les rhodophycées ou algues rouges forment un groupe très diversifié. Ces algues doivent leur couleur à la présence de plastides roses dans lesquels un pigment rouge, la phycoérythrine, est associé à plusieurs autres pigments dont les chlorophylles. La plupart de ces algues rouges sont pluricellulaires et marines, mais il existe quelques formes unicellulaires et quelques-unes qui vivent également en eau douce. Les algues rouges sont divisées en deux groupes : celui des Bangiophycées (qualifiées de primitives) et celui des Floridéophycées (plus complexes). Elles se distinguent généralement par leur cycle de reproduction particulièrement complexe (Guillaume, 2010).

**c) Les Phéophycées (algues brunes) :**

Ils sont de structure généralement pluricellulaire et de dimensions très variables, la majorité de ces algues vivent en milieu marin et présentent une couleur brunâtre résultant de l'association de pigments dominants, à savoir la xanthophylle et la fucoxanthine (Guillaume, 2010).

**d) Les Cyanophycées (algues bleues) :**

Les cyanobactéries ou les algues bleues sont constituées des colonies de taille, de forme et de couleur très variables. Comme les algues rouges, elles possèdent des pigments surnuméraires bleus (Phycocyanines) et rouges (Phycoérythrines) qui masquent la chlorophylle a. En dépit de leur nom ancien d'algues bleues, elles sont rarement bleues mais plus souvent rouges, vertes avec des reflets bleutés, violets, bruns, jaunes ou orangés. La plupart d'entre elles ont une consistance gélatineuse voire gluante en raison des mucilages qu'elles sécrètent (Ainane, 2011).



**Figure 04 :** Algues bleue envahit les côtes du Brésil.

**3) Rôle des algues :**

L'importance des algues dans le milieu aquatique est due à leur situation à la base du cycle biologique existant dans l'eau. Elles constituent le point de départ de la chaîne alimentaire qui aboutit aux peuplements piscicoles exploités par l'homme. Utilisant l'énergie lumineuse, elles sont, quelques bactéries mises à part, les seuls organismes qui synthétisent des hydrates de carbone et de la matière organique.

Les algues représentent une source de substances polymériques actives, mise en évidence par de nombreux travaux de recherche. Les potentiels thérapeutiques de certaines de ces substances sont extrêmement prometteurs notamment comme agents antimicrobiens, agents antiviraux ou pour leurs activités envers certaines pathologies (Nakajima *et al*, 2009).

#### 4) Extraits à activité antimicrobienne :

Les algues, qu'elles soient macro- ou microscopiques, sont riches en molécules à activités antimicrobiennes. De nombreux travaux se sont intéressés à l'activité antimicrobienne d'extraits riches en différents polymères matriciels. Cependant, toutes ces approches ne caractérisent que l'activité de mélanges et non de molécules pures (Ktariet *al*,2010).

#### 5) Les critères de classification des algues :

Actuellement, les bases de la classification des grandes lignées d'algues sont :

- Les pigments.
- Les glucanes de réserve.
- Le nombre de membranes plastidiales.
- La disposition des thylakoïdes.
- La forme des crêtes mitochondriales.
- L'appareil flagellaire.
- L'appareil photorécepteur.
- Les grands types de structures péri cellulaires D'après (Konig, 2015).

##### \* La répartition des algues :

La répartition des algues que l'on observe à marée basse est le résultat de la compétition qui s'exerce depuis 500 à 600 millions d'années entre les différents groupes. Deux facteurs jouent un rôle primordial dans cette répartition :

- l'eau, et plus précisément la durée de l'absence d'eau due au mouvement des marées,
- la quantité et la qualité (longueurs d'onde des radiations) de la lumière disponible.

En effet, l'eau de mer se comporte comme un filtre qui absorbe progressivement les radiations lumineuses dans l'ordre décroissant de leurs longueurs d'onde (700 à 400 nm pour le spectre visible). Les radiations rouges disparaissent complètement vers 10 mètres de profondeur. Toutes les radiations sont ainsi absorbées jusqu'au vert et au bleu qui sont seules à subsister en faible quantité vers -75 à -100 mètres (Anonyme, 2017).

L'adaptation de la nature des pigments assimilateurs a permis aux divers groupes d'algues la colonisation des différents niveaux du littoral marin (Anonyme, 2017).

Toutes les algues possèdent des chloroplastes renfermant de la chlorophylle à qui leur permettent d'être photosynthétiques en absorbant dans le rouge et le bleu. Selon les groupes d'algues, on retrouve d'autres pigments, dits surnuméraires. Ce sont des chlorophylles b, c, ou

d, des caroténoïdes (carotènes alpha, bêta, et xanthophylles), ou des phycobilines. Les caroténoïdes des algues brunes absorbent dans le bleu et la phycoérythrine (phycobiline) des algues rouges dans le vert (Anonyme, 2017).

### **6) L'utilisations des algues :**

Les algues sont utilisées depuis la nuit des temps puisque l'on parle de certaines utilisations effectuées par les Egyptiens il y a plus de 3 500 ans. Actuellement les principales utilisations industrielles se font autour des substances gélifiantes. On utilise les phycocolloïdes extraits des algues tels que les alginates (algues brunes), les carraghénanes et l'agar (algues rouges) pour leur extraordinaire pouvoir gélifiant (Goulard, 2017).

#### **A) agroalimentaire :**

C'est le domaine d'utilisation principal des phycocolloïdes (E-400 à E-405—> alginates ; E-406—>agar ; E-407—>carraghénanes) : pouvoir gélifiant avec les produits laitiers (flans, yaourts...), émulsionnant (crème fouettée), stabilisant (maintien de la pulpe des jus de fruit ou du chocolat en suspension), épaississant (soupes, sauces) (Goulard, 2017).

#### **B) Dans l'industrie du textile :**

Les alginates sont employés depuis le milieu des années 60 dans l'impression des tissus, alginate de sodium mélangé à la teinture afin d'éviter que le motif ne « bave », alginate de calcium en solution ammoniacale après l'impression proprement dite pour former une pellicule brillante, protégeant le tissu des rayons lumineux et empêchant la pénétration des tâches au cœur de la fibre (Goulard, 2017).

#### **C) En agriculture :**

Les algues provenant de la « laisse de mer » sont utilisées directement en épandage dans les champs pour apporter leur richesse en sels minéraux. Les algues calcaires de type « maërl » servent à amender les sols acides en remplacement de la chaux (Goulard, 2017).

Des recherches sont en cours afin d'utiliser des extraits d'algues comme « bio engrais » permettant d'améliorer la croissance des plantes cultivées mais également de renforcer les défenses naturelles des plantes contre des agresseurs externes (parasites, champignons, bactéries...) (Goulard, 2017).

### **D) Dans le traitement des eaux usées :**

Les algues brunes de type Laminaires sont séchées à l'air libre puis emballées dans des bombes qui servent au recyclage des eaux usées. Ces algues sont capables de fixer les métaux lourds (plomb, mercure) et l'iode dans l'eau (Goulard, 2017).

### **E) En cosmétique et thalassothérapie et l'algotherapie :**

C'est l'utilisation d'algues marines sous forme de bain d'algues ou d'enveloppements et fait appel aux propriétés vivifiantes, hydratantes, anti-stress et restructurantes de ces algues. Les extraits d'algues présentent également des propriétés anti- oxydantes qui sont utilisées dans des crèmes solaires et anti-âge, des savons, des shampoings (Goulard, 2017).

### **F) En médecine :**

De nombreuses spécialités pharmaceutiques intègrent dans leur formulation des colloïdes algues comme excipients (sirops, enrobage des pilules et dragées). L'usage des algues en tant que principe actif est plus restreint :

- dans le domaine des compresses mises en contact des plaies, les alginates s'illustrent par leur exceptionnelle biocompatibilité : l'alginate de calcium possède une forte capacité de drainage et rétention des exsudats. En outre, les compresses imprégnées d'alginate fixent un grand nombre de bactéries de façon irréversible ces bactéries ne prolifèrent pas dans la plaie qui cicatrise beaucoup plus rapidement, Dans le domaine du traitement de la constipation, les alginates sont utilisés (dragées Fuca) ainsi que les carraghénanes et agars (effet laxatif mécanique),
- l'alginate de calcium se distingue par son pouvoir hémostatique mis à profit dans le traitement des saignements de nez,

D'autres industries utilisent les algues pour la fabrication de colles, peintures, isolants thermiques (diatomite) et aussi production de biocarburants (éthanol, méthane...)(Goulard, 2017).

## 7) Facteurs de Développement des diatomées au sein du Biofilm :

### ▪ La Lumière :

Les diatomées sont en grande majorité autotrophes, bien que quelques rares espèces il se développe par des stratégies qui leur permettant de s'affranchira de l'énergie lumineuse.

Leurs pigments synthétiques, chlorophylles *a*, *c* et différents caroténoïdes, confèrent à leurs chloroplastes une couleur brun-jaune et leur assure un large spectre d'absorption de la lumière.

Jusqu'à présent, la plupart des études disponibles sur le périphytonont traité de la photo adaptation mettant ainsi en évidence des communautés spécifiquement adaptées à des sites arboré (communautés d'ombre) ou des sites ouverts (communautés de lumière). D'une manière générale, il semble que les communautés xérophytiques soient rarement photo inhibées et que leur réponse à la lumière soit clairement fonction de l'épaisseur du biofilm. Les effets de la lumière sur la composition des espèces sont souvent liés à différentes formes de croissance, comme une augmentation de la biomasse des espèces d'algues petites et prostrées dans l'ombre alors que les formes de croissance verticales exercent une concurrence pour la lumière. Dans les ruisseaux, la diversité taxonomique et la biomasse diminuent avec la profondeur et la turbidité (Stevenson et al., 1985).

### ▪ Température :

Plusieurs études ont démontré que les diatomées tendent à dominer entre 5 et 20 °C. Les chlorophycées et xanthophycées vivent entre 15 et 30 °C et les cyanophycées à plus de 30°C Les variations saisonnières de température ou variations temporelle s'influencent de façon importante la structure de la communauté algale (Lavoie, 2008). La température influe directement sur le métabolisme de diatomées et par conséquent la composition spécifique des assemblages (Anderson, 2000).

La température influe sur le métabolisme de la photosynthèse des algues grâce au contrôle de la vitesse de la réaction enzymatique. En outre, la température optimale pour la

Photosynthèse varié également entre les espèces d'algues, ce qui suggère que les changements taxonomiques induits par la hausse des températures pourraient conduire à une augmentation des taux de la photosynthèse.

En général, des températures inférieures à 20 °C sont censées favoriser le développement des diatomées. En outre, la température influe sur la sexualité et la formation des auxospores de la reproduction sexuelle chez de nombreuses espèces d'algues et en particulier chez les diatomées Selon

leur préférence et leur tolérance à la gamme de température(Lavoie,2008).

### **Le pH**

Le pH contrôle plusieurs processus chimiques et biochimiques ainsi que certaines réactions, incluant la balance carbonate-bicarbonate, la disponibilité des nutriments, la solubilité des métaux particulièrement comme les métaux toxiques et l'aluminium, l'activité d'enzymes comme la phosphatase (Battarbee al., 2001). Les diatomées répondent de façon particulièrement marquée aux variations de pH, l'analyse des relations entre les communautés de diatomées et le pH a fait l'objet de beaucoup d'études. Ainsi que des indices de pH ont été développés (Håkansson,1993).

*Chapitre02 :*  
***MATERIEL ET METHODES***

## 1) Présentation de la station d'épuration d'Ain Elhoutz :

### A) Situation géographique :

Notre station d'épuration de la ville de Tlemcen se situe au nord de la wilaya plus exactement à l'ouest de la commune de Chetouane sur la route menant vers le village d'Ain El Houtz. Conçue pour une population de 150 000 Eq/hab. et d'une capacité de traitement de 30 000 m<sup>3</sup>/j, elle a été réalisée par l'Entreprise Nationale d'Hydrotraitement et mise en service le 05 novembre 2005. Elle est gérée et exploitée actuellement par l'Office National de l'Assainissement (ONA).



**Figure 05 :**Localisations de la station d'épuration Aine ElHoutz à Tlemcen(Google.map 2019).

La station d'Ain El Houtz a été dimensionnée pour épurer les eaux usées d'origines domestique et pluviales par le procédé d'épuration boues activées à faible charge. La station a été retenue pour traiter la charge carbonée, azotée et phosphorée (Hammas, 2005).



**Figure 06:** Vue de la station d'épuration d'Ain El Houtz (Google Maps 2019).

**B) Données de base :**

La station d'épuration de la ville de Tlemcen est caractérisée par les données suivantes :

**Tableau 03 :** Informations sur la station d'épuration de Ain el houz (Hammas, 2005).

Paramètres	Caractéristiques
Année de la mise en service	2005
Type de réseau	Unitaire
Nature des eaux brutes	Domestique
Population	150 000 Eq-hab
Débit journalier	30 000 m <sup>3</sup> /j
Débit de pointe	3 800 m <sup>3</sup> /h
Matière en suspension	13 950 kg/j
Azote à nitrifier	1 980 kg
DBO <sub>5</sub> journalière	9 300 kg/j
L'équivalence calculée sur la DBO	172 000 Eq-hab

C) **Personnel** :Le tableau suivant nous montre l'effectif du personnel de la station :

**Tableau 04** : Effectif du personnel de la STEP Ain El Houtz (Hammas, ,2005)

Fonction /poste	Nombre
Directrice	01
Secrétaires	02
Ingénieur en hydraulique	01
Ingénieur en biologie	01
Ouvriers	05

## 2.METHODE DE TRAVAIL :

Concernant notre travail, nous avons commencé par échantillonner l'eau usée au niveau du premier bassin (Photo 1).



**Photo01** :Point d'échantillonnage au niveau du déversoir d'orage.

L'échantillon est collecté d'une une bouteille en plastique (Photo 2) pour les transmettre au laboratoire afin de réaliser des analyses et des tests de croissance algale.



**Photo02** : Eaux usées avant traitement de la STEP.

**La Culture algale :**

L'espèce choisie fait partie des *cyanobactéries* (photo 3), elles sont photosynthétiques, vivant en milieu aquatique. Nous avons choisi cette espèce par ce qu'on a voulu tester son pouvoir d'élimination des matières azotées et phosphorées des eaux usées. Cette espèce est récoltée dans le sud algérien.



**Photo 03** : Culture d'algue de *cyanobactérie*.

**3) Travail au laboratoire :**

Les échantillons sont ramenés au laboratoire de recherche « L'ASNABIO » ;  
pour effectuer notre expérience :

**Le but de notre expérience est de** tester la croissance des cyanobactéries dans les eaux usées, mesurer le pouvoir d'élimination des matières azotées et phosphorées. et tester la tolérance de l'algue pour quelques éléments chimiques.

**b) Matériel utilisé :****Tableau 05:** Matériel utilisé au laboratoire

Matériel	Le but
Une étuve	Garder la température ambiante à environ 37C° à 40 C°
Les verreries (béchers, flacons en verre, burette, tubes à essai, cuillère ...).	La manipulation de l'algue et les eaux usées
pH-mètre.	Mesurer le pH
Thermomètre.	Mesurer la température
Une règle de 10 cm blanche.	Mesurer la transparence
Un bloc chauffant.	chauffage du milieu de culture à 37C°
Le spectrophotomètre.	Mesure de l'absorbance
	Mesure des nitrates et les nitrites, phosphates.
Une balance.	Mesure des poids des produits utilisés

**c) Milieu de culture algale :**

**1) pour la préparation du milieu de culture** nous avons utilisé des composants essentiels pour la survie de notre micro algue (cyanobactérie). Comme mentionné dans le tableau suivant :

**Tableau 06** Milieu de culture pour la microalgue cyanobactéries

Les produits composants de milieu de culture	Poids (mesure)
L'eau de robinet	1L
Bicarbonate de sodium	10g
Sel(NaCl)	5g
Nitrate de sodium	2g
Phosphate mono sodique	0.2g
Sulfate de potassium	0.1g
Sulfate de magnésium	0.1g
Sulfate de fer	0.02g

## 2) Réactifs utilisés pour le dosage des nitrates, nitrites et phosphates

Pour l'analyse des matières azotées et phosphorées nous avons utilisé les réactifs suivants :

**Tableau 07** :Les produits utilisés pour l'analyse des matières azotes.

Les tests	Les réactifs utilisés
<b>Le phosphate (<math>\text{PO}_4^{3-}</math>)</b>	Le réactif de potassium persulfate.
<b>Le nitrate (<math>\text{NO}_3^-</math>)</b>	La pastille NITRICOL.
<b>Le nitrite (<math>\text{NO}_2^-</math>)</b>	* Le pastille NITRATEST. *Une cuillère de poudre NITRATEST. *Pastille NITRICOL.

### 3) Eléments chimiques utilisés pour le test de tolérance :

Pour le test de tolérance nous avons utilisé les éléments suivants :

**Tableau 08** :Les produits utilisés pour tester la tolérance algale.

Elément	Poids
NaCl	3.1g
Zinc	5.4g
Chromium	7.7g
Bicarbonate de sodium	15.1g



**Photo 04** :étuve et Incubation algale.

### 4) le déroulement de l'expérience :

La manipulation d'algue et d'eaux usées se base essentiellement sur deux opérations :

**La première** est La filtration des eaux usées pour permettre de séparer les matières en suspension du mélange par un filtre papier pour l'obtention de deux phases (phase liquide /phase solide)

\* la filtration d'algue se fait par **un tissu de compresse** : pour garder la masse des cellules algales (voir photo05).



**Photo 05 :** Filtration d'algue.



**Photo06 :** Filtration des eaux usées.

**La deuxième :** On mélange l'eau usée avec la culture d'algue (après filtration) avec le rapport (eaux usées / algues) dans des flacons en verre comme suit (voir photo 07 et tableau09) :

**Tableau 09 :** Mélange eau usée / algues.

Flacons	Mélange (eaux usée / algue)	
	Quantité d'Algue	Quantité d'eau usée
A	75%	25%
B	50%	50%
C	25%	75%
D	0%	100%
E	100%	0%

**Remarque ;** on fait l'estimation de la température, pH, la transparence pour les flacons témoin (100% algue et 100% eaux usées.) pour surveiller le développement de l'algue et évaluer la qualité de l'eau usées chaque trois (03) jours.



**Photo07 :** Mélange de l'eau usée avec l'algue par des rapports gradués

Les flacons restent dans l'étuve sous les conditions favorables et une surveillance de chaque Trois (03) joust assurée pour suivre la croissance algale. (Voir photo08).



**Photo08 :** L'incubation des flacons dans l'étuve

### 5) Estimation des paramètres physico-chimiques :

Dans notre expérience, l'estimation des paramètres physico-chimique concerne essentiellement le flacon qui contient le rapport (50% algue /50%eaux usées) car se mélange est le plus dense en concentration algale.

Les paramètres physico-chimiques effectués dans notre travail sont :

#### A/la Température :

La température de l'eau est un critère de qualité importante dans les paramètres physico-chimique et biologique, la température est un facteur important pour déterminer :

\* le niveau d'oxygène dissous dans l'eau, la photosynthèse des plantes aquatiques, le taux métabolique des organismes aquatiques et la sensibilité de ces organismes à la pollution et aux maladies.

On a mesuré la température de chaque flacon (04 flacons) tous les trois jours par un thermomètre (voir photo 09).

#### B/ le Potentiel hydrique :

Le potentiel hydrique est une mesure de l'avidité en eau d'un compartiment biologique ou chimique, en physiologie végétale le pH permet de déterminer le sens des échanges hydriques entre la plante et l'atmosphère.

On a fait la mesure de pH chaque trois jours avec un pH mètre (voir photo 10).



**Photo 09** : mesure de la température .



**Photo10** : Mesure du potentiel hydrique.

**C/ la transparence :**

On a mesuré la transparence des 04 flacons par une éprouvette de 10 ml. on mis une règle en papier blanche graduée en forme de « L » (voir photo11).



**Photo 11** : Mesure de la transparence.

**D/ l'absorbance :**

Les mesure d'absorbance des 04 échantillons se fait par le spectrophotomètre a une longueur d'onde  $\lambda=354\text{nm}$ , après une dilution des échantillons jusqu'à 50%. (Voir photo 12).

Référence de spectrophotomètre utilisé : \*Cireal Name :5U4606-119009-00.\*Product Name : UV/VIS spectrophotométrie.\* Model : OPTIZEN POP.



**Photo 12** : Mesure de l'absorbance par le spectrophotomètre

**E/ le phosphate ( $PO_4^{3-}$ ) :**

Le phosphate c'est un élément indispensable pour la vie aquatique ; les fortes concentrations en phosphate résultent dans l'eau d'origine domestique, industrielle et surtout agricole.

**Le matériel utilisé :**

- \* Spectrophotomètre
- \* réactif de potassium persulfate.
- \* l'échantillon de mesure (50% algues / 50% eaux usées).
- \* un bloc chauffant.

**Les étapes de l'opération :**

- \* On préchauffe le bloc à  $150^{\circ}C$ .
- \* On ajoute exactement 5.0ml de notre échantillon.
- \* On ajoute le contenu d'un sachet de potassium persulfate.
- \* Après un chauffage de  $150^{\circ}C/30min$  on fait la sélection du programme qui correspond au phosphate



**Photo13** : Le bloc chauffé.



**Photo14** : Spectrophotomètre pour mesurer les phosphates.

**F/le nitrate( $\text{NO}_3^-$ ) :**

**Le matériel utilisé :**

\*pastille NITRATEST.

\*poudre NITRATEST.

\*pastille NITRICOL.

\*tube NITRATEST en plastique.

\*photomètre Wagtech .

**Procédure du test :**

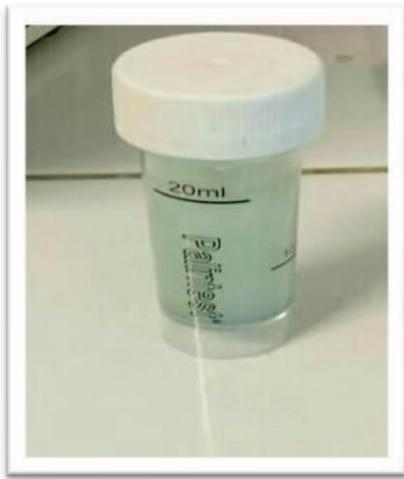
\*on remplit le tube NITRATEST avec l'échantillon jusqu'à 20ml.

\*on ajoute une cuillère de poudre NITRATESE est une pastille NITRATEST.

\*on ajoute un pastille NITRICOL.

\*après 10min ; jusqu' au développement de la couleur on sélectionne la longueur d'onde de 570nm du photomètre.

\*après on passe à la lecture par l'automate.



**Photo 15 :** Le tube NITRATE TEST, en plastique.

**J/le nitrite ( $\text{NO}_2^-$ ) :**

**Le matériel utilisé :**

\*Pastille NITRICOL.

\*Photometer Wagtech WTD.

\* Une éprouvettes de 10 ml.

**Procédure de teste :**

\*on remplit le tube jusqu'à 10ml par l'échantillon.

\*on ajoute une pastille NITRICOL.

\*après le développement de la couleur (10min) on passe à la lecture par l'automate.



**Photo16:** Le tube NITRICOL, en plastique.



**Photo17** :L'automate " photometre".

#### **6) L'estimation de la tolérance algale par quelques éléments chimiques :**

L'estimation de la tolérance de notre algue est faite par des concentrations graduées d'éléments chimiques dans le milieu de culture (le fer, le bicarbonate de sodium, le zinc et le chromium) dans des tubes à essai on 'a mis 10ml de culture d'algue avec des poids graduer de chaque produit est après une incubation de 7 jours dans l'étuve à 30 C° on obtient nos résultats se base sur l'observation des couleurs.

**Tableau10** : L'estimation de la tolérance algale à des concentrations graduées de quelques éléments chimiques:

Elément	Le numéro de tube	La quantité d'élément chimique utilisé en (g)	La quantité algale en (ml )
Chromium	Tube témoin	0.1 g	10 ml
	Tube 01	0.5 g	
	Tube 02	0.7 g	
	Tube 03	1.5 g	
	Tube 04	2 g	
	Tube 05	3 g	
Zinc	Tube témoin	0.2 g	10 ml
	Tube 01	0.3 g	
	Tube 02	0.6 g	
	Tube 03	1 g	
	Tube 04	1.5 g	
	Tube 05	2 g	

Element	Le numéro de tube	La quantité(mesure) de produit utilise en (g)	La quantité de rapport (eaux usées /algue) en (ml)
Le bicarbonate de sodium	Tube témoin	0.1 g	10 ml
	Tube 01	0.5 g	
	Tube 02	0.9 g	
	Tube 03	1.9 g	
	Tube 04	3.9 g	
	Tube 05	7.9 g	
Le sel(Na cl)	tube témoin	0.05 g	10 ml
	Tube 01	0.1 g	
	Tube 02	0.2 g	
	Tube 03	0.4 g	
	Tube 04	0.8 g	
	Tube 05	1.6 g	

*Chapitre 03 :*

*Résultats et interprétations*

Les résultats expérimentaux obtenus sont résumés dans les tableaux suivants et représentés :

**Tableau11:**Résultats de température, pH et transparence du 20.02.2019

	Algue-eau usée 25% / 75%	Algue-eau usée 50% / 50%	Algue-eau usée 75% / 25%	eau usée 100% (Témoin)	Algue 100% (Témoin)
Température (C°)	27	28.7	28.1	26.7	27.89
Ph	9.64	9.97	9.90	9.45	10.47
Transparence (cm)	6 cm	2 cm	3 cm	-	2 cm

On remarque dans ce tableau qui montre les différents paramètres physicochimiques de la première semaine de la culture :

La température et le pH dans les flacons ont presque les mêmes valeurs par rapport à l'algue témoin.

La transparence dans le flacon B qui contient un mélange (50%algue /50% eaux usées) est le plus dense donc une croissance algale remarquable.

**Tableau12:**Résultats de la température, pH et transparence du 24.02.2019

	Algue-eau usée 25% / 75%	Algue-eau usée 50% / 50%	Algue-eau usée 75% / 25%	Eau usée 100% (Témoin)	Algue 100% (Témoin)
Température (C°)	18.20	19.2	20	21	26.1
Ph	9.32	9.47	9.41	9.5	10.87
Transparence (cm)	6	2	5	-	2.3

Dans ce tableau on remarque que la température est presque homogène.

Le flacon B qui contient le mélange (50% eaux usées /50%algues) à une densité remarquable de croissance algale.

**Tableau13:**Résultats de la température, pH et transparence du 27.02.2019

	<b>Algue-eau usée 25% / 75%</b>	<b>Algue-eau usée 50% / 50%</b>	<b>Algue-eau usée 75% / 25%</b>	<b>Eau usée 100% (Témoin)</b>	<b>Algue 100% (Témoin)</b>
Température (C°)	27.8	28.1	27.8	27.3	25.4
Ph	9.30	9.86	9.40	8.36	10.2
Transparence (cm)	4	2.5	5	-	2

Dans ce tableau on remarque que la température est presque homogène. Le flacon B qui contient le mélange (50% eaux usées /50% algues) à une densité remarquable de croissance algale.

**Tableau14:**Résultats de la température, pH et transparence du 03.03.2019

	<b>Algue-eau usée 25% / 75%</b>	<b>Algue-eau usée 50% / 50%</b>	<b>Algue-eau usée 75% / 25%</b>	<b>Eau usée 100% (Témoin)</b>	<b>Algue 100% (Témoin)</b>
Température (C°)	20.01	23.5	20.5	24.5	27.5
Ph	9.56	9.98	9.61	8.9	10.1
Transparence (cm)	8.5	3	6	-	2

**Tableau15:**Résultats de la température, pH et transparence du 05.03.2019

	<b>Algue-eau usée 25% / 75%</b>	<b>Algue-eau usée 50% / 50%</b>	<b>Algue-eau usée 75% / 25%</b>	<b>Eau usée 100% (Témoin)</b>	<b>Algue 100% (Témoin)</b>
Température (C°)	27.7	27.9	27.8	26.3	28
Ph	9.56	9.94	9.61	8.99	10.9
Transparence (cm)	10	2	4	100% tran	2.1

**Tableau16** :Résultats de la température, pH et transparence du **12.03.2019**

	Algue-eau usée 25% / 75%	Algue-eau usée 50% / 50%	Algue-eau usée 75% / 25%	Eau usée 100% (Témoin)	Algue 100% (Témoin)
Température (C°)	25.6	24.6	24.2	25.2	28.1
Ph	9.36	9.83	9.63	9.43	10.34
Transparence (cm)	7	2	2.5	-	2.6

**Tableau17** :Résultats de la température, pH et transparence du **17.03.2019**

	Algue-eau usée 25% / 75%	Algue-eau usée 50% / 50%	Algue-eau usée 75% / 25%	Eau usée 100% (Témoin)	Algue 100% (Témoin)
Température (C°)	27.2	27	27	26.9	28.2
Ph	9.64	9.97	9.90	9.45	9.48
Transparence (cm)	8	2.5	3	-	2.5

Dans le reste des tableaux on remarque que la température est presque toujours homogène car les cultures étaient dans la même étuve sous les mêmes conditions (lumière, température, air, agitation ...). Le flacon B est toujours le flacon qui représente la culture la plus dense est remarquable en croissance algale car les nutriments de l'eau usée est proportionnels à la croissance des cellules algales qui sont en équilibre en terme de compétition pour la nutrition et le développement de la masse algale. Ce flacon (Photo 18) contient un mélange de 50% algue – 50% eau usée. Autre point l'eau usée d'Ain El-Houtz est un milieu alcalin favorable à la croissance de notre algue.

**Photo18** : Flacon B avec un mélange 50% algue - 50% eau usée.

**Résultats des teneurs en nitrates, nitrites et phosphates :**

Les résultats sont mentionnés dans le tableau suivant :

**Tableau 18 :** Résultats des nitrates, nitrites et phosphates du flacon B.

Résultats des analyses obtenus par le laboratoire de la station avant culture		Résultats obtenus par notre laboratoire du mélange eau usée – algue après culture
Nitrate (NO <sub>3</sub> -)	8.9mg/l	6.4mg/l
Nitrite (NO <sub>2</sub> -)	1.79mg/l	0.26mg/l
Phosphate (PO <sub>4</sub> )	4.1mg/l	0.1mg/l

Les résultats obtenus dans ce tableau montre bien une nette élimination des matières azotées et phosphorées grâce à la croissance algale durant 10 jours (du 20 au 30-02-2019) de culture qui a utilisé ces nutriments dans l'eau usée comme source de croissance.

**Résultats de l'absorbance**

Les résultats de l'absorbance sont mentionnés dans le tableau suivant :

Tableau 19 : Résultats de l'absorbance des mélanges eau usée – algue à une longueur d'onde de 354 nm.

Tubes	Absorbance	Date 22-04-2019
T1 : mélange (75 % algues – 25% eau usée)	1.23	
T2 : (25 % algues – 75% eau usée)	0.460	
T3 : (50 % algues – 50% eau usée)	0.785	
T4 : (25 % algues – 75% eau usée)	0.509	

Tubes	Absorbance	Date 30-04-2019
T1 : mélange (75 % algues – 25% eau usée)	0.642	
T2 : (25 % algues – 75% eau usée)	2.242	
T3 : (50 % algues – 50% eau usée)	3	
T4 : (75 % algues – 25% eau usée)	2.125	

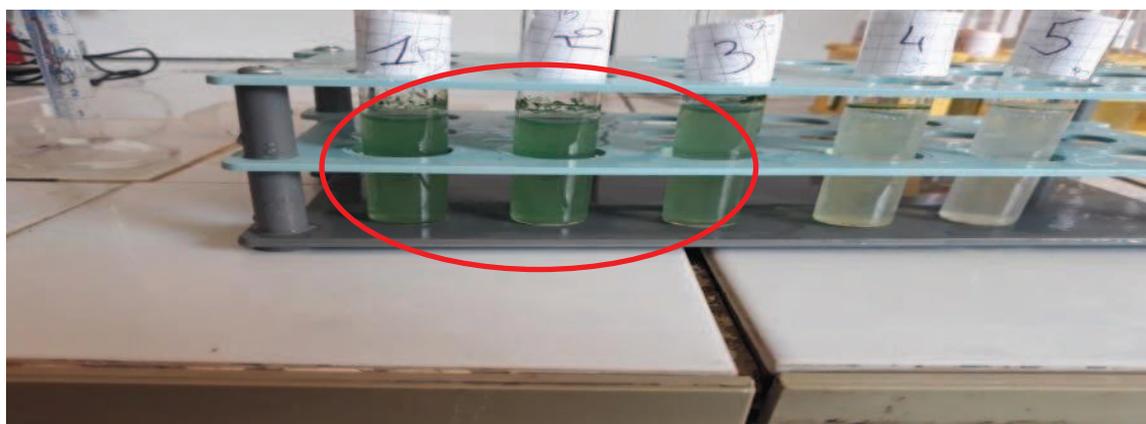
Les résultats de l'absorbance montrent bien que le tube T3 à une valeur supérieure par rapport aux autres tubes. Ce tube contient le mélange 50 % algue – 50 eau usée après une incubation de 8 jours se qui argumente que c'est le mélange qui à une croissance algale optimale comme déjà montré dans les tableaux précédents.

**Résultats de la tolérance aux éléments chimiques :**

Les résultats du test visuel de la tolérance algale sont présentés dans les photos suivant :



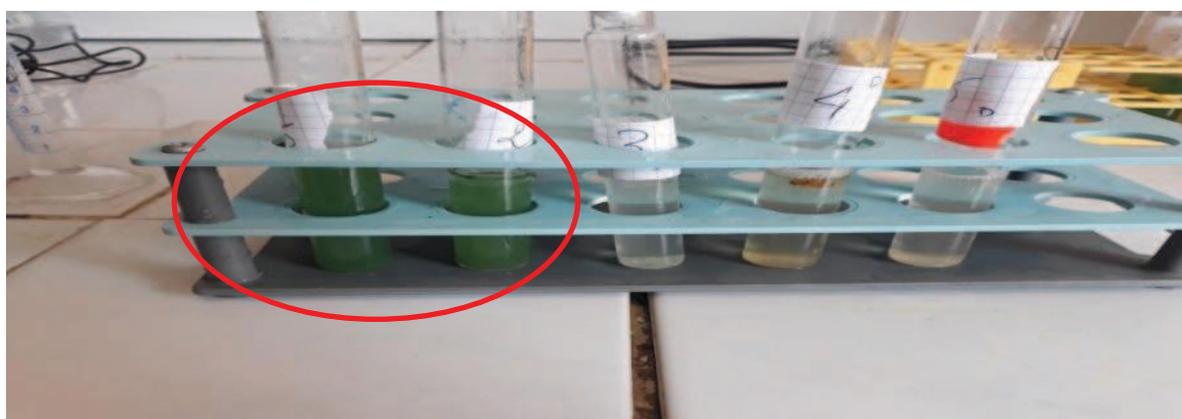
**Figure 07: Tolérance algale aux concentrations graduées au bicarbonates de sodium (maximum Tube 1= 0.5g ).**



**Figure 08: Tolérance algale aux concentrations graduées au sel (NaCl)(entre tube 1=0.1g et tube3= 0.4g ).**



**Figure 09 :Tolérance algale aux concentrations graduées au chromium(entre tube 1= 0.5g et tube3=1.5g ).**



**Figure 10:Tolérance algale aux concentrations graduées au zinc(entre tube 1= 0.3g et tube2=0.6 ).**

Les résultats de la tolérance algale après une culture de 7 jours après ajout de concentrations graduées de quelques éléments chimique dans chaque tube, montrent bien que notre algue à des limites de tolérance :

- Intervalle de tolérance aux bicarbonates de sodium : maximum Tube 1= 0.5g
- Intervalle de tolérance au zinc :entre tube 1= 0.3g et tube2=0.6.
- Intervalle de tolérance au fer : Intervalle de tolérance au chromium : entre tube 1= 0.5g et tube3=1.5g.
- Intervalle de tolérance au NaCl :entre tube 1=0.1g et tube3= 0.4g.

## *Discussion*

Dans ce travail, notre étude s'intéressera particulièrement au traitement et à la réutilisation des eaux usées de la station d'épuration d'Ain El-Houtz située à Tlemcen.

Le but de notre travail est de tester la croissance des micro algues (cyanobactéries) dans les eaux usées issues de la station d'épuration et de tester la tolérance de cette algue ainsi d'observer le pouvoir d'élimination des matières azotées et phosphorées de cette algue.

Le bio traitement des eaux usées par des algues consiste à l'influence des paramètres comme la température, PH, lumière et à d'autres facteurs physicochimiques et biologiques. Au cours de notre étude nous avons étudié quelques paramètres physicochimiques ayant une influence sur la croissance des cyanobactéries (microalgues).

Notre étude a commencé le 02/02/2019 au 02/04/2019 au laboratoire de LASNABIO situé à l'université de Tlemcen. Nous avons récolté une espèce algale qui appartient aux cyanobactéries. Cette espèce est aquatique elle vit dans des milieux doux à une température optimale entre 37 et 44 °c et une eau alcaline. Cette espèce se trouve au niveau de la région sud de l'Algérie.

Nous avons cultivé notre microalgue dans une étuve dans les conditions favorable de température, de pH=9 et de la lumière 7 jour /7 durant un cycle de 24 heures avec une luminosité automatisée et programmée ainsi que l'agitation du milieu de culture qu'était manuelle et de temps en temps (1 fois à 2 fois par 3 jours).

En suite, nous avons procédé à la culture d'algue dans l'eau usée issue de la station d'épuration d'Ain El-Houtz à partir du dernier bassin de traitement. Les cultures sont divisées en différentes concentrations d'eau usée algues afin de connaître l'optimum de croissance algale dans ce nouveau milieu. Le mélange le plus favorable était 50% volume algale 50% volume eau usée.

Ce résultat est du à la compétition des cellules algale pour utiliser les nutriments des eaux usées et de l'espace du milieu de culture ainsi que la température et aussi la nature des eaux usées utilisées.

L'algue étudiée vit favorablement dans milieu à température allant de 37 et 44 °c et une eau alcaline de pH= 9 se qui est mentionné dans d'autre travaux Habchi (2013).

Nos résultats montrent bien qu'un mélange de 50% volume algale 50% volume eau usée est le plus dense en croissance algale d'après les tests d'absorbance et le test visuel (couleur verte foncée de la culture). Plusieurs auteurs ont testé la croissance algale dans les eaux usées citons par exemple (la Noue et al., 1989).

Notre algue étudiée a montré une efficacité d'élimination des matières azotées et phosphorées des eaux usées (Nitrate : de 8.9 mg/l à 6.4 mg/l ; Nitrite de 1.79 mg/l à 0.26 mg/l ; Phosphate de 4.1 mg/l à 0.1 mg/l) ; ces résultats sont observés dans beaucoup de travaux qui étudient la bio épuration ou bio traitement des eaux usées. (la Noue et al., 1989 ; (Wang, Min et al. 2010)

**Wang, L., M. Min, et al. (2010).** "Cultivation of green algae *Chlorella* sp. in different wastewaters from municipal wastewater treatment plant." Applied biochemistry and biotechnology **162**(4): 1174-1186.

D'autre part, nous avons testé la tolérance algale aux quelques éléments chimiques comme le zinc, le fer, les bicarbonates de sodium et le chromium pour savoir sur l'intervalle de croissance de notre algues fig. (13.14.15.16).. Nous avons constaté que les intervalles sont larges et l'algue peut résister ce qui montre un avantage pour l'utilisation de cette algue comme bioépurateur des eaux usées dans les conditions ambiantes.

# ***CONCLUSION***

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

Dans ce contexte, notre étude s'intéressera particulièrement à tester l'utilisation d'une espèce algale de *cyanobactéries* pour le traitement des eaux usées de la station d'épuration d'Ain El-Houtz. Cette contribution a pour objectif de suivre :

- la croissance des cyanobactéries dans les eaux usées.
- le pouvoir d'élimination des matières azotées et phosphorées.
- la tolérance de l'algue pour quelques polluants chimiques

Nous avons choisi les eaux usées de la station d'épuration d'AIN EL HOUTZ située à Tlemcen, cette étude a duré environ de trois (03) mois au niveau du laboratoire « LASNABIO ». Nous avons tout d'abord cultivé notre algue dans une étuve est sous des conditions favorables comme la température qui varie entre ( $37C^{\circ}$  -  $44C^{\circ}$ ), le potentiel hydrique (pH) autour de 9, la transparence environ de 2 cm et enfin les composants de notre milieu de culture qui se compose de Bicarbonate, NaCl, nitrate de sodium, Phosphate mono sodique, sulfate de potassium, sulfate de Magnésium pour assurer son développement. L'incubation a duré environ 21 jours et le suivi de la culture est effectué chaque trois 03 jours pour contrôler et enregistrer les paramètres physico-chimiques. Ensuite nous avons procédé à la mixture algue-eau usée après une filtration de l'eau usée et de l'algue. Les mélanges sont de (25% algue/75% eaux usées), (50% algue/50% eaux usées), (75 % algue/ 25 % eaux usées) et les différentes mixtures sont incubées dans l'étuve dans des conditions de croissance favorables. Le résultat de notre culture montre bien que le mélange qui représente la culture la plus dense et remarquable en croissance algale est le mélange qui contient 50% algue- 50% eau usée car les nutriments de l'eau usée est proportionnels à la croissance des cellules algales qui sont en équilibre en terme de compétition pour la nutrition et le développement de la masse algale. Notre algue étudiée a montré une efficacité d'élimination des matières azotées et phosphorées des eaux usées (Nitrate : de 8.9 mg/l à 6.4 mg/l ; Nitrite de 1.79 mg/l à 0.26 mg/l ; Phosphate de 4.1 mg/l à 0.1 mg/l). Dans le cadre d'un travail de futur il serait souhaitable de créer des plantations des algues « cyanobactérie » dans les bassins des stations d'épuration des eaux usées dans le but d'élimination des matières azotées et phosphorées et d'autre part pour la préservation de l'eau.

## ***Références bibliographiques***

## A

**Anderson N.J.**(2000). Diatoms, temperature & climatic change. *European Journal of Phycology*, 35: 307-314.

**Ainane. T.** (2011). Valorisation de la biomasse algale du Marne : Potentialités pharmacologiques et applications environnementales, cas des algues brunes *Cystoseira tamariscifolia* et *Bifurcaria bifurcata*. *These de doctorat en chimie*, Université Hassan II - Casablanca, Marne.

**Anns Linnol, 25 (3) 1989** ; Traitement des eaux usées par culture de micro-algues : influence de la composition du milieu sur la croissance de *Scenedesmus* sp: 197-203

## B

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

**Battarbee, R. W., V. J. Jones, R. J. Flower, N. G. Cameron, H. Bennion, L. Carvalho, & S. Juggins.**, 2001. Diatoms (Pages 155-202) In smol, J. P., H. J. B. Birks, & W. M. Last, editors. Tracking Environmental Change Using Lake Sediments. Volume 3: Terrestrial,

## C

**Claude cardoit**,1999. Le traitement des eaux, Edition marketing S.A.P186.

**Carvalho. V, et S. Juggins.**,2001. Diatoms (Pages 155-202) In Smol, J. P., H. J. B. Birks, & W. M. Last, editors. Tracking Environmental Change Using Lake Sediments. Volume 3: Terrestrial,

## D

**Devaux.I.** (51999) : intérêt et limite de la mise en place d'un suivi sanitaire dans le cadre de la réutilisation agricole des eaux usées traitées de l'agglomération clermontoise. Thèse scientifique (Science de la Vie et de la Santé). Univ Joseph Fourier, Grenoble.257p

## G

**Goulard F.**, 2017. Poster support pédagogique. P29

**Guillaume. P.** (2010). Caractérisation biochimique d'exopolymères d'origine algale du bassin de Marennes-Oléron et étude des propriétés physico-chimiques de surface de micro-organismes impliquées dans leur adhésion. Thèse de Doctorat en biochimie de l'Université de La Rochelle. Paris, p 29,30.

## H

**Hammas.A.H**,Fiche technique de la STEP de Ain EL Houtz, 6p.

**Hamza. D**, (2006). « Utilisation des eaux d'une station d'épuration pour l'irrigation des essences forestières urbains », mémoire de fin d'étude de Magistère en Ecologie et environnement Université de Constantine.

**Hartani. T**, séminaire sur la modernisation de l'agriculture irriguée,2004-hal.ciard.fr

**Håkansson. S**, 1993. Numerical methods for the inference of pH variations mesotrophic & eutrophic lakes in Southern Sweden – A progress report. *Diatom Research*, 8: 349-370.

## J

**Jaone langis**,2010. La pollution des eaux usées et effets sur la santé des êtres vivants et la nature ; p95.

**Jamineet AssoulieS** ,2009. Géographie de l'eau, Edition :02, p47-54.

**Jamine et AssoulieS**,2009. Géographie de l'eau, Edition :02 N°144, p55-60.

## K

**Konig C**, 2015. Classification des algues : algues rouges, algues bleues ; page07.

**Ktari, L., Ismail-Ben Ali, A., Ben Redjem, Y., Langar, H.,El Bour, M.(2010)**.Antifouling activity and chemical investigation of the brown alga *Dictyota fasciola* (Dictyotales) from Tunisian coast. *Cahiers de Biologie Marine*. 51, 109-115.

## L

**Lavoie I., Hamilton P.B., Campeau S., Grenier M. and Dillon P.J.** 2008 Guided 'identification des diatomées des rivières de l'Est du Canada. *Presses de l'Université du Québec*, Canada, 243 p

Laurent Label, (2016) Simulation numérique de la pluviométrie en Afrique; présentation continentale et régionales à partir des reanalyses ERA-Interim, météo et climat, pp30-38

**Leclerc V**, (2010). Les secrets des algues. 1er Edition Quae, p16

**M**

**Moza M et Ghosn A**, institut de prospective économique du monde ,2013-ipemed.  
Com.

**N**

**Nehar B et Hadjoudja H.**, 2009. Conformité légale pour la protection de l'environnement : Que doit satisfaire une installation industrielle en Algérie *REVUE DROIT ÉCONOMIQUE ET ENVIRONNEMENT*. N°2. 57-79. ISSN :1112-9026.

**Nehar B, Blanco S, Hadjadj Aoul S.**, 2015. Diversity & ecology of diatoms in northwest of Algeria: Case of El-Hammam Stream & estuary of Cheliff River. *Appl Ecol Environ Res* 13.1.: 37–52.

**Nakajima K, Yokoyama A, Nakajima Y(2009)**. Anticancer effects of a tertiary sulfonium compound, dimethylsulfoniopropionate, in green sea algae on Ehrlich ascites carcinoma-bearing mice. *Journal of Nutritional Science and Vitaminology*. 55, 434-438.

**P**

**Paul.M de viguerie ; le 28 février (2008)**, le bureau de conseil économique, social et d'environnement "les usages domestique de l'eau".

**R**

**Ramade.F**, (2000)., Dictionnaire encyclopédique des pollutions. Ed. Ediscience international, Paris, 689p.

**Remini. B** ,2009. Le problème de l'eau dans l'Algérie, Edition 2.02.4807 Algérie, p 162.

**Remini. B**, septembre 2005.le problème de l'eau, Edition02.02.4807, officiel publication universitaire, p21.

**S**

**Stevenson, R.J, Bothwell, M.L., Lowe, R.L** (2006). *Academic Press*, Ed; Boston, 341-366.

**Steinman A. D.**, 1996. Effects of grazers on freshwater benthic algae. In Algal ecology of freshwater benthic ecosystem, Aquatic Ecology Series

### W

**Wang, L., M. Min, et al. (2010).** "Cultivation of green algae *Chlorella* sp. in different wastewaters from municipal wastewater treatment plant." Applied biochemistry and biotechnology**162**(4): 1174-1186.

### Les sites Web consultés :

- <https://www.suezwaterhandbook.fr>.
- <https://www.cieau.com>
- [www.ecosociosystemes.fr](http://www.ecosociosystemes.fr)
- <http://www.futura-sciences.com>
- <http://www.univ-lille1.fr/sm-wimereux>
- <http://www.labdreco.org/pubs.htm>