

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية  
République Algérienne Démocratique et Populaire

وزارة التعليم العالي والبحث العلمي  
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique



جامعة الإخوة منتوري قسنطينة I  
Frères Mentouri Constantine I University  
Université Frères Mentouri Constantine I

Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie  
Département de Microbiologie

كلية علوم الطبيعة والحياة  
قسم الميكروبيولوجيا

Mémoire présenté en vue de l'obtention du diplôme de Master

Domaine : Sciences de la Nature et de la Vie  
Filière : Sciences Biologiques  
Spécialité : Biologie Moléculaire des Microorganismes

N° d'ordre :  
N° de série :

Intitulé :

---

**Procédé d'oxydations avancées (POAs) comme étape de pré-oxydation pour le  
Traitement biologique des lixiviats des Centres d'Enfouissements Techniques  
(CET)**

---

Présenté par : BRADAI Fares  
BOUSSADIA Chouaib Nour El-islem

Le 22/06/2023

**Jury d'évaluation :**

**Présidente :** Dr. RIAH Nassira (MCA - UFM, Constantine 1)  
**Encadrant :** Dr. ABDESSEMED Ala (MRA – C.R.Bt, Constantine)  
**Co-encadrant :** Dr. BENCHIHEUB Meriem (MCB - UFM, Constantine 1)  
**Examinatrice :** Dr. BENKAHOUL Malika (MCA - UFM, Constantine 1)

**Année universitaire  
2022 - 2023**

# Remerciement

Les travaux présentés dans ce mémoire ont été réalisés au laboratoire d'analyse et contrôle de la qualité, le laboratoire d'analyse environnementale et laboratoire de bactériologie, du Centre de Recherche en Biotechnologie (C.R.Bt) de Constantine.

Ce mémoire qui est entre vos mains est le fruit d'un travail qui n'aurait pu voir le jour sans l'aide précieuse et le concours de plusieurs personnes qu'on tient à remercier :

En premier lieu, nous remercions d'abord le bon Dieu de nous avoir donné le courage et la patience pour bien mener ce travail jusqu'à la fin et d'avoir exaucé nos vœux.

Nous tenons particulièrement à remercier notre encadrant au Centre de Recherche en Biotechnologie (C.R.Bt) **M. ABDESSEMED Ala** pour son aide précieuse, ses conseils et ses encouragements, aussi pour avoir dirigé ce travail et pour avoir investi en nous. Ils ont cru en ce travail et à son aboutissement depuis le début ; qu'ils trouvent ici notre considération et notre reconnaissance.

Nos vives gratitude vont aussi à **Mme. RIAH Nassira** qui nous a fait l'honneur, d'avoir accepté de présider le jury de ce mémoire.

Nous adressons également nos vives gratitude et nos sincères remerciements aux membres du jury qui ont accepté d'évaluer ce modeste travail. Nous citons, **Mme. BENCHIHEUB Meriem** et **Mme. BENKAHOUL Malika** en tant qu'examinatrices.

Nous tenons à remercier également l'équipe de laboratoire d'analyse physicochimique de l'environnement et laboratoire de bactériologie.

# Dédicace

## *Je dédie ce travail à :*

*Ma très chère mère qui je n'arrive pas récompenser les sacrifices qu'elle a fait pour moi, vous êtes la source éternelle de mon bonheur. Que DIEU vous garde en bonne santé toujours.*

*Mon cher père qui n'est plus de ce monde et qui m'a appris la valeur du travail maitriser. Merci beaucoup **BABA**, je ne vous oublierai jamais.*

*Un sentiment spécial de gratitude à mon **grand père** qu'il a toujours soutenue et tiré vers le haut.*

*Ma sœur qu'elle a toujours été la pour m'aider tout au long de mon parcours même dans les moments difficiles.*

*Mon frère ainsi que toute ma famille.*

*À tous ceux que j'ai oubliés et à tous ceux que j'aime.*

***FARES BRADAI***

## **Dédicace**

Je dédie ce travail à :

### ***Ma mère***

*Autant de phrases aussi expressives soient-elles ne sauraient  
montrer le degré  
D'amour et d'affection que j'éprouve pour toi.  
Tu n'as cessé de me soutenir et de m'encourager durant toutes  
les années de mes  
études, tu as toujours été présente à mes côtés pour me  
consoler quand il fallait.  
En ce jour mémorable, pour moi ainsi que pour toi, reçoit ce  
travail en signe de ma  
vive reconnaissance et ma profonde estime.*

### ***Mon père***

*Tu as su te montrer patient, compréhensif et encourageant.  
Ta chaleur paternelle a été et sera toujours pour moi d'un  
grand réconfort.*

*Ma petite sœur : ANFEL.*

*Mon extraterrestre : AMINE*

*Mes très chers amis et à tout ce que j'aime et qui m'aime.♥*

**Choux**

## Liste des abréviations

**AND** : Agence National des Déchets

**AGV** : Acides Gras Volatils

**AOS** : Average Oxydation state

**BBM** : Bold Basal Medium

**CET** : Centres d'Enfouissements techniques

**CN** : Color Number

**DBO<sub>5</sub>** : Demande Biologique en Oxygène (5 jours)

**DCO** : Demande Chimique en Oxygène

**DO** : Densité Optique

**GN** : Gélose Nutritive

**OH<sup>•</sup>** : Radicale Hydroxyle

**pH** : potentiel Hydrogène

**POAs** : Procédés d'Oxydation Avancées

**ppm** : Partie Par Million

**Qsp** : Quantité Suffisante Pour

**rpm** : rotation par minute

**TDS** : Total des Solide Dissous

**TOC** : Carbone Organique Total

**UV** : Ultra-Violet

## Liste des tableaux

### Partie : Synthèse bibliographique

**Tableau 01** : Les décharges admis dans ces CET de classe I.....04

**Tableau 02** : Principale classe de CET .....05

**Tableau 03** : Caractéristiques principales des différents types de lixiviats.....13

### Partie : Technique expérimental

**Tableau 04** : Le matériels et l'appareillage utilise dans l'analyse des différents paramètres..24

**Tableau 05** : Les valeurs de dosage de la courbe d'étalonnage nitrites.....28

**Tableau 06** : Les valeurs de dosage de la courbe d'étalonnage nitrates .....30

**Tableau 07** : La composition du milieu BBM .....36

### Partie : résultats et discussion

**Tableau 08** : les résultats physicochimiques avant traitement (*in situ*) .....39

## Liste des figures

### Partie : Synthèse bibliographique

<b>Figure 01</b> : Un centre d'enfouissement à Mostaganem.....	04
<b>Figure 02</b> : Géomembrane imperméable en polyéthylène haute densité pour le projet d'enfouissement.....	06
<b>Figure 03</b> : Géomembrane imperméable en polyéthylène haute densité pour le projet d'enfouissement.....	07
<b>Figure 04</b> : Schéma représentant la Formation de lixiviations.....	11
<b>Figure 05</b> : Principe de fonctionnement du procédé d'osmose inverse.....	16

### Partie : Technique expérimental

<b>Figure 06</b> : Localisation géographique du CET d'Oued Chaâba.....	21
<b>Figure 07</b> : Bassins des lixiviats.....	22
<b>Figure 08</b> : Lixiviat prélevé (brute).....	23
<b>Figure 09</b> : Prélèvements de lixiviat destiné pour l'analyse microbiologique.....	23
<b>Figure 10</b> : Multi-paramètres pH et température (HANNA HI9829).....	26
<b>Figure 11</b> : Minéralisateur (Büchi K-355) et distillateur Kjeldahl (FOSS).....	27
<b>Figure 12</b> : Courbe d'étalonnage nitrite.....	29
<b>Figure 13</b> : Courbe d'étalonnage nitrate.....	31
<b>Figure 14</b> : Photo de l'enceinte thermique (WTW OxiTop).....	31
<b>Figure 15</b> : Analyseur TOC (TELEDYNE TEKMAR).....	32
<b>Figure 16</b> : Photo du bloc chauffant (WTW CR2200).....	33
<b>Figure 17</b> : Photo su spectrophotomètre à double faisceaux (Helios $\alpha$ -Unicam Spectronic).....	34
<b>Figure 18</b> : Photo du radiomètre.....	35
<b>Figure 19</b> : Schéma représentant les étapes de dilution et ensemencement.....	36

### Partie : résultats et discussion

<b>Figure 20</b> : Spectre UV-Vis du lixiviat du CET de la wilaya de Batna.....	44
---	----

<b>Figure 21</b> : Processus de dégradation du lixiviat par le system $H_2O_2/UV$ (suivi de la DCO et du TOC). ( $[H_2O_2]_0 = 0,3$ M et sous irradiation solaire ; $pH=8,6$ ).....	46
<b>Figure 22</b> : Photos du repiquage des onze souches bactériennes isolé à partir du lixiviat du CET de Batna.....	47
<b>Figure 23</b> : Processus de dégradation du lixiviat par le system hybride I (POA + biodégradation par bactéries) (suivi de la DCO et du TOC). ( $[H_2O_2]_0 = 0,3$ M et sous irradiation solaire ; $pH=8,6$ ).....	48
<b>Figure 24</b> : Isolement des micros algues sur le milieu BBM.....	49
<b>Figure 25</b> : Aspect microscopique des deux espèces de micro-algues (x700).....	49
<b>Figure 26</b> : Processus de dégradation du lixiviat par le system hybride II (POA + biodégradation par bactéries + Micro algue) (suivi de la DCO et du TOC). ( $[H_2O_2]_0 = 0,3$ M et sous irradiation solaire ; $pH=8,6$ ).....	50
<b>Figure 27</b> : Cinétique de la croissance bactérienne dans les deux systèmes Hybride I et Hybride II.....	51
<b>Figure 28</b> : Comparaison de la minéralisation du lixiviat par différents systèmes.....	52
<b>Figure 29</b> : Suivi du "Color Number" pour les différents systèmes.....	54
<b>Figure 30</b> : Évolution de l'état moyen d'oxydation (AOS) pour les différents systèmes.....	55



# Sommaire

<b>Introduction générale</b> .....	01
------------------------------------	----

## **Partie □ : Synthèse bibliographique**

### **Chapitre I : Les Centres d'Enfouissements Techniques (CET).**

1. Généralité.....	03
2. Définition d'un Centre d'Enfouissement Technique (CET).....	03
3. Classification des centres d'enfouissements techniques.....	04
3.1. CET de classe I.....	04
3.2. CET de classe II.....	05
3.3. CET de classe III.....	05
4. Fonctionnement d'un Centre d'Enfouissement Technique.....	06
4.1. Réception des déchets.....	06
4.2. Déchargement dans les alvéoles.....	06
4.3. Couverture des sites.....	07
4.4. L'enfouissement.....	07
5. Nuisance à l'environnement.....	07
5.1. Les incidences sur le sol.....	07
5.2. Impact sur l'eau.....	08
5.3. Pollution par le biogaz.....	08
5.4. Pollution par le lixiviat.....	08
5.5. Multiplication des prédateurs.....	08

### **Chapitre II : Les lixiviats des décharges.**

1. Définition.....	10
2. Formation et Composition des lixiviats.....	10
3. Types de lixiviats.....	12
3.1. Les lixiviats jeunes (<5 ans).....	12
3.2. Les lixiviats intermédiaires.....	12
3.3. Les lixiviats stabilisés (> 10 ans).....	12
4. Procédés de traitements des lixiviats.....	13
4.1. Les méthodes biologiques.....	13
4.1.1. Traitement aérobie.....	14
4.1.2. Traitement anaérobie.....	14
4.2. Les méthodes physico-chimiques.....	14

4.2.1. Flottation.....	14
4.2.2. Coagulation-Floculation.....	14
4.2.3. Précipitation chimique.....	15
4.2.4. L'adsorption.....	15
4.2.5. Les procédés d'oxydations avancées (POAs).....	15
4.3. Méthodes membranaires.....	15
4.3.1. La nano-filtration.....	15
4.3.2. L'osmose inverse.....	16

### **Chapitre III : Les Procédés d'Oxydation Avancée (POA).**

1. Les Procédés d'Oxydation Avancée (POA).....	17
1.1. Réactivité des radicaux (OH <sup>•</sup> ).....	18
1.2. Mécanismes réactionnels et mode d'action des radicaux hydroxyles.....	18
2. Système UV / H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> .....	18

### **Partie □ : techniques expérimentales**

#### **Site de prélèvement**

1. Introduction.....	21
2. Présentation du centre d'enfouissement technique d'Oued Chaâba.....	21

#### **Matériels et méthodes**

1. Introduction.....	23
2. Matériel et méthodes.....	23
2.1 Prélèvement de l'échantillon.....	23
2.2. Matériels et appareillage.....	24
2.3. Caractérisation du lixiviat.....	25
2.3.1. Détermination des pH et Température.....	25
2.3.2. Détermination de la conductivité électrique, salinité.....	26
2.3.3. Détermination de l'oxygène dissous.....	26
2.3.4. Détermination de l'azote Kjeldahl.....	26
2.3.5. Détermination des nitrites.....	28
2.3.6. Détermination des nitrates.....	29
2.3.7. Détermination de la demande biochimique en oxygène (DBO <sub>5</sub> ).....	31
2.3.8. Détermination du carbone organique total (TOC).....	32
2.3.9. Détermination de la demande chimique en oxygène DCO (AFNOR T90-101).....	32
2.3.10. Analyse par spectrophotométrie UV/visible.....	34

3. Traitement du lixiviat avec les différents procédés.....	34
3.1. Traitement par le Procédé d'Oxydation Avancée (POA) (H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> /UV).....	34
3.2. Traitement Hybride (H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> /UV + Biodégradation biologique).....	35
3.2.1. Préparation des milieux de culture.....	35
3.2.2. Recherche des micro-organismes présents dans le lixiviat.....	36
3.2.3. Processus du traitement hybride (POA + traitement biologique).....	37

## **Partie □ : Résultats et discussion**

1. Propriétés physicochimiques du lixiviat étudié.....	39
2. Discussion des résultats physicochimique.....	40
2.1. La couleur du lixiviat.....	40
2.2. L'odeur du lixiviat.....	40
2.3. Le potentiel hydrogène (pH).....	41
2.4. Conductivité électrique.....	41
2.5. La demande chimique en oxygène (DCO) avant le traitement.....	41
2.6. La demande biologique en oxygène (DBO <sub>5</sub> ).....	41
2.7. Le rapport DCO/DBO <sub>5</sub> .....	42
2.8. Le rapport DBO <sub>5</sub> /DCO.....	42
2.9. Azote Kjeldahl, nitrate et nitrite.....	42
3. Étude spectrale du Lixiviat.....	43
4. Étude de la dégradation du lixiviat par les différent système.....	44
4.1. Traitement par le système H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> /UV.....	44
4.2. Traitement hybride I (POA + biodégradation par bactéries).....	46
4.3. Traitement hybride II (POA + biodégradation par bactéries + Micro Algues).....	49
4.4. Evolution de la biomasse.....	50
4.5. Comparaison des différents systèmes de traitement.....	52
4.6. Indice de couleur de la dégradation du lixiviat (Color Numbeur (CN)).....	53
4.7. Etat d'oxydation moyen (Average Oxidation State (AOS)).....	54
<b>Conclusion générales.....</b>	<b>57</b>
<b>Références bibliographiques.....</b>	<b>59</b>
<b>Annexes.....</b>	<b>64</b>



# Introduction

L'augmentation démographique des populations humaines dans le monde augmente le besoin de ces populations dans tous les secteurs, tout ça est accompagnée par une grande quantité des déchets qui nécessite une gestion pour la maîtrise. D'après l'Agence Nationale des Déchets (AND), le pays génère chaque année 10 à 12 millions tonnes de déchets ménagers. Pour l'élimination des déchets ménagers, l'Algérie a opté pour la construction des centres d'enfouissement techniques (CET) de classe 2 avec la réalisation de 122 CET. Cette politique permet d'éradiquer 4500 sites d'enfouissement anarchiques existants à l'échelle nationale sur un total de 6000, ce qui s'est traduit par la récupération de 157. 000 hectares de superficie. L'impact d'une décharge sur l'environnement est lié essentiellement, de la nature des déchets, des propriétés géologiques et hydrogéologiques du site de décharge, des conditions climatiques... L'enfouissement des déchets au CET s'est révélé être une pratique alternative, peu coûteuse et respectueuse de l'environnement. Cependant, des phénomènes complexes se produisent à partir des interactions entre les composants des déchets et les eaux pénétrantes. Dans ce cas, il y a des réactions biologiques et physico-chimiques qui entraînent la décomposition de la matière organique. Les conséquences directes de ces transformations sont la formation de lixiviats et biogaz, qui doivent être traité. La composition des lixiviats de décharges est très incertaine et varie selon l'âge de la décharge, la nature des déchets, la technique de fonctionnement et les conditions climatiques.

Récemment, de nombreux travaux ont été publiés sur le traitement des lixiviats de sites d'enfouissement, par exemple : la coagulation chimique, l'adsorption, l'ozonation, les traitements biologiques et les procédés d'oxydation avancées tels que le système ( $H_2O_2/UV$ ). Le principe de base de ces procédés est donc de produire directement et en quantité significative des radicaux ( $^{\bullet}OH$ ), Ces derniers peuvent dégrader les composés organiques. Il est difficile d'obtenir un traitement efficace avec un seul procédé, qu'il soit physique, chimique ou biologique, souvent le traitement consiste à combiner les procédés.

L'objectif de notre travail est : l'étude de Procédé d'oxydations avancées (POAs) comme étape de pré-oxydation pour le Traitement biologique des lixiviats des Centres d'Enfouissements Techniques (CET).

Ce manuscrit est divisé en trois grandes parties, une partie bibliographique, qui comporte trois chapitres :

- ✓ **Chapitre I** : Les centres d'Enfouissements Techniques (CET).
- ✓ **Chapitre II** : Les lixiviats des décharges.

✓ **Chapitre III** : Les procédés d'oxydations avancées.

Une deuxième partie expérimentale et une troisième résultats et discussion. En fin, on terminera par une conclusion générale.

Partie :

Synthèse bibliographique



## Chapitre I

### Les Centres d'Enfouissements Techniques (CET)

#### 1. Généralités

L'élimination des déchets est un problème majeur dans de nombreux pays, en particulier ceux qui génèrent de grandes quantités de déchets. Une décharge technique (CET) est l'une des méthodes courantes d'élimination des déchets solides, en particulier des déchets ménagers et industriels (Kjeldsen, 2019).

La technologie d'enfouissement consiste à enfouir les déchets dans des centres d'enfouissement dits artificiels (CET) conçus pour minimiser l'impact environnemental et sanitaire des déchets d'enfouissement. Les déchets sont compactés et recouverts d'un matériau de couverture pour réduire les émissions de gaz et de liquide et prévenir la contamination. CET suit des normes strictes de construction, de gestion et de surveillance pour assurer l'efficacité et la sécurité (Fuchs & Drewes, 2016).

En Algérie, l'élimination des déchets se fait principalement via les décharges CET. Les CET sont généralement gérés par les collectivités locales ou par des sociétés privées sous contrat avec les collectivités locales. Les CET algériens sont confrontés à la sursaturation, à la pollution de l'air et des eaux souterraines, aux émissions de gaz à effet de serre, à l'absence de réglementations et d'infrastructures adéquates en matière de gestion des déchets. Cependant, des projets sont en cours pour améliorer la situation, tels que la construction de nouveaux CET, la mise en place de systèmes de séparation et de recyclage et l'introduction de réglementations environnementales plus strictes (Boudgnene Stambouli, 2018).

#### 2. Définition d'un Centre d'Enfouissement Technique (CET)

Une décharge technique (CET) est une installation de traitement des déchets solides non dangereux, qui consiste à enfouir les déchets dans des fosses aménagées à cet effet. Les déchets sont compactés et recouverts de plusieurs couches de matériau de couverture pour réduire les risques environnementaux et sanitaires. Des normes et standards stricts sont appliqués à la construction, à la gestion et à la surveillance du CET pour assurer sa sécurité et son efficacité à long terme (Lebeau & Pantet, 2010).



**Figure 01** : Un centre d'enfouissement à Mostaganem (Hichem, 2017).

### 3. Classification des centres d'enfouissements techniques

Le centre d'enfouissement technique (CET) est divisé en trois classes en fonction du type de déchets reçus (Berkani , 2016).

#### 3.1. CET de classe I

Réservé aux déchets dits industriels, dangereux ou toxiques, qui sont immobilisés dans des alvéoles imperméable avant stockage selon les prescriptions légales, et assure le confinement des déchets en fournissant la barrière de sécurité passive requise pour permettre d'éviter à long terme la contamination des sols, des eaux souterraines et des eaux de surface lessiver (Berkani , 2016).

**Tableau 01** : Les décharges admis dans ces centres d'enfouissement technique de classe I (Meddour , 2010).

Déchets industriels spéciaux	Types de décharges
Catégorie A	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Résidus d'incinération.</li> <li>• Résidus de la sidérurgie : poussières, boues d'usage, résidus de forage</li> <li>• Déchets minéraux de traitement chimique : sels métalliques, sels minéraux, oxydes métalliques.</li> </ul>
Catégorie B	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Résidus du traitement des eaux usées industrielles et eaux industrielles, déchets ou sols contaminés.</li> <li>• Résidus de peinture : déchets de peinture solide, résine de vernis.</li> <li>• Recyclage des restes d'accumulateurs et de batteries : réfractaires et autres matières minérales usagées et polluées</li> </ul>

**3.2. CET de classe II**

- ✓ Il est destiné à recevoir les ordures ménagères et déchets assimilés, et ses opérations comprennent entre autres la collecte du biogaz, le rejet des lixiviats et le traitement des lixiviats (Billard, 2010).
- ✓ Les barrières passives sont conçues pour assurer l'étanchéité des casiers en cas de défaillance de la barrière sécurité active (Berkani , 2016).

**3.3. CET de classe III**

- ✓ Ce type de centre d'enfouissement technique est destiné à accueillir des déchets ménagers inertes tels que les déchets issus du bricolage, les déchets de chantier et les déchets provenant des carrières (Pépin, 2006)
- ✓ A noter que ces décharges techniques doivent être équipées d'installations de valorisation du biogaz par traitement des lixiviats (Meddour , 2010).
- ✓ Constituant ainsi l'étape ultime et obligatoire de tout processus de traitement des déchets, et doit se conformer aux exigences réglementaires applicables (Meddour , 2010).

**Tableau 02** : Principale classe de CET (Pépin, 2006).

Catégories	Perméabilité K	Caractérisation du site
Classe I	Site imperméable : K inférieur à $10^{-9}$ m/s sur 5m	<ul style="list-style-type: none"> <li>• sol étanche.</li> <li>• Couverture inclinée, favorable au drainage.</li> <li>• Installation d'un système de dérivation pour empêcher l'intrusion d'eau de surface.</li> <li>• Conception de cellule garantissant un débit jusqu'à bas point.</li> </ul>
Classe II	Site semi imperméable : $10^{-9} < K < 10^{-6}$ m/s sur 1 m	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Capacité sur site à nettoyer de manière fiable les lixiviats.</li> <li>• Pénétration modérée, écoulement sans fond.</li> </ul>

Classe III	Site perméable : K supérieur à $10^{-6}$ m/s sur 1m	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Si le lixiviat se déplace trop rapidement, il y a un risque élevé de contamination des eaux souterraines</li> </ul>
------------	---	--

#### 4. Fonctionnement d'un Centre d'Enfouissement Technique

##### 4.1. Réception des déchets

La décharge arrive sur le site par camion et d'abord pesée pour déterminer la masse de déchets entrants. Ensuite déposée dans une cellule de décharge et un compacteur effectue le compactage. De plus, le camion est pesé à sa sortie du site pour déterminer la masse de déchets déversés (Combe, 2012).

Après chaque déchargement, des compacteurs de déchets pilotés par l'exploitant de la décharge broient les déchets, les répartissent entre les cellules d'exploitation et les compactent de manière à optimiser l'espace vide creusé (SYTEC, 2017).

##### 4.2. Déchargement dans les alvéoles

Les déchets sont ensuite transférés dans des alvéoles et compactés mécaniquement. Le fond de la cellule est recouvert d'une géomembrane (figure 2) étanche conçue pour fournir une barrière de sécurité passive qui empêche le lixiviat contaminé de pénétrer dans le sol, permettant au liquide d'être retiré pour un traitement ultérieur. Il peut être renvoyé dans le réservoir de stockage (Souid, 2017)



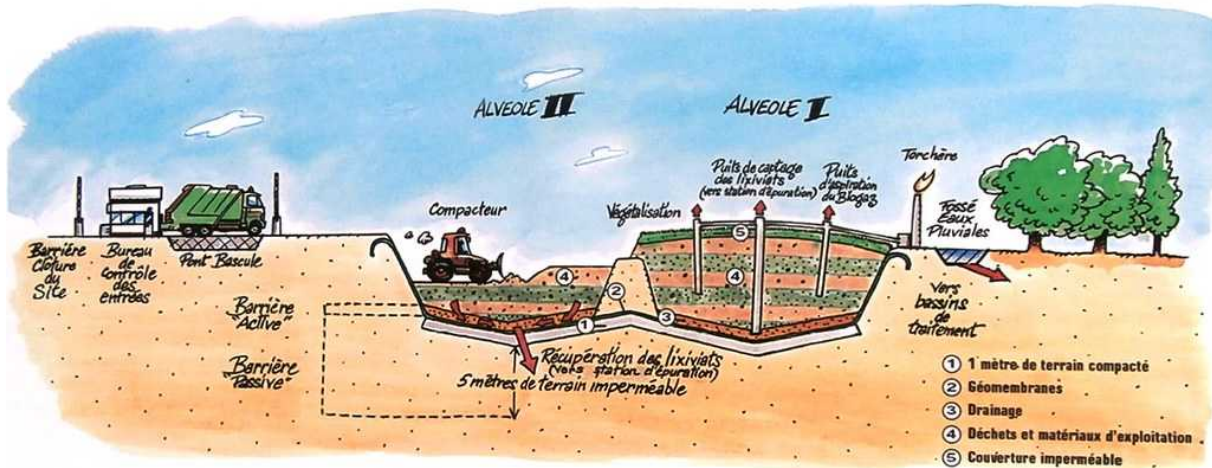
**Figure 02** : Géomembrane imperméable en polyéthylène haute densité pour le projet d'enfouissement (made in china, 2023)

#### **4.3. Couverture des sites**

Lorsque la cuve est pleine, elle est recouverte d'une membrane géotextile et d'une couche d'argile pour empêcher le biogaz de s'échapper dans l'atmosphère. Le système de tuyauterie permet la récupération des gaz (Souid, 2017)

#### **4.4. L'enfouissement**

Ce site existe depuis environ 20 ans. Après saturation, la cellule sera surveillée pendant 30 ans (émissions de méthane et traitement des lixiviats), après quoi le site sera assaini par un aménagement paysager (Souid, 2017).



**Figure 03** : Schéma d'un fonctionnement d'un centre d'enfouissement technique (Binyen, 2012)

## 5. Nuisance à l'environnement

### 5.1. Les incidences sur le sol

La construction du site et les différents travaux et aménagements qui y sont associés peuvent entraîner : Modification des biotopes existants (empiétement ou destruction d'habitats et d'espèces protégées, impacts de l'empiétement sur les habitats biologiques de la nature). Impact sur les systèmes et liaisons existants chaîne alimentaire). Modifications du paysage dues aux modifications des irrégularités du sol et de leur végétation. Les changements dans le relief du sol et l'enlèvement de la végétation dus à l'augmentation du ruissellement des eaux pluviales peuvent provoquer l'érosion des sols sur les pentes CET les terres environnantes ou les berges des rivières (Meddour , 2010).

### 5.2. Impact sur l'eau

Après l'application d'un traitement imperméable à l'eau sur la surface, un changement drastique de relief peut modifier le bilan hydrique et entraîner : (Meddour , 2010)

- ✓ Augmentation du ruissellement et du rejet des eaux pluviales dans le réseau.
- ✓ Possibilité de changer le système, comme les réseaux publics d'égouts.

### 5.3. Pollution par le biogaz

Le biogaz est essentiellement un mélange de méthane et de dioxyde de carbone. Quelques autres produits existent également. Sulfure d'hydrogène, mercaptans, composés organiques volatils, etc. Tous ces composés peuvent polluer l'air, car la production de biogaz a un impact important sur les émissions de gaz à effet de serre (CO<sub>2</sub> et CH<sub>4</sub>) et peut altérer la qualité de l'air. Il présente également un danger pour la santé humaine car il dégage de fortes odeurs putrides, piquantes ou difficiles à respirer (Meddour , 2010).

#### **5.4. Pollution par le lixiviat**

Le lixiviat est défini comme l'eau qui s'infiltré dans les déchets et s'enrichit bactériologiquement et chimiquement en matières minérales et organiques. Ainsi, le lixiviat est produit en raison de l'infiltration des eaux de pluie et de ruissellement dans les décharges, mais dans une moindre mesure, également en raison de l'humidité présente dans les déchets lors de leur mise en décharge. Les lixiviats mal gérés provenant de ruptures, de perforations accidentelles et d'attaques chimiques sur les géomembranes de protection sous-jacentes peuvent contaminer les cours d'eau, les nappes phréatiques et les sols ; risque de pathologie cancérogène, de malformations congénitales et de mutations génétiques pour ceux qui boivent cette eau contaminée (Meddour , 2010).

#### **5.5. Multiplication des prédateurs**

Multiplication d'espèces animales opportunistes telles que mouettes, goélands, corbeaux, rapaces, souris, lapins, chiens errants, mouches, moustiques et autres insectes, qui sont attirés par la chaleur des aliments et la fermentation du sol. Ils apportent des excréments et qui peuvent engendrer des risques d'épidémies dans les villages voisins ; ils détruisent les plantations environnantes à tout moment du cycle agricole. Les troupeaux d'oiseaux présentent de graves risques épidémiologiques pour la santé des enfants et des populations vulnérables, et les rongeurs dans les décharges sont porteurs de maladies qui peuvent être transmises à l'homme (Meddour , 2010).

## Chapitre II

### Les lixiviats des décharges.

Les eaux de pluie et la fermentation naturelle des déchets produisent un liquide appelée "lixiviats" riches en matière organique et en éléments traces, ces lixiviats ne peuvent être rejetés directement dans le milieu naturel et doivent être soigneusement collectés et traités (Bourcheche ,2018).

#### 1. Définition

Les lixiviats des décharges sont des mélanges complexes qui sont hautement toxiques et peuvent contaminer le sol et les masses d'eau autour des décharges, en particulier dans les pays en développement où les décharges artificielles sont encore rares. La contamination des lixiviats peut gravement endommager les écosystèmes naturels et nuire à la santé humaine (Baderna *et al.*, 2019). Le lixiviat (ou percolât) est issu du terme latin *lixivius*, qui signifie « jus de lessive, eau pour le lavage ». Il s'agit du liquide résiduel qui provient de la percolation de l'eau dans une matière, ce qui comprend tous les « jus » provenant des sites d'enfouissement. Cette définition ressemble beaucoup à celle de la législation européenne qui définit le lixiviat « tout liquide percolant à travers un dépôt d'ordures et contenu dans la décharge ou émis par celle-ci » (Art 2(i) Le conseil de l'Union Européenne directive sur les décharges, adoptée le 26 avril 1999).

#### 2. Formation et Composition des lixiviats

Trois sources d'eau contribuent à la formation de lixiviats :

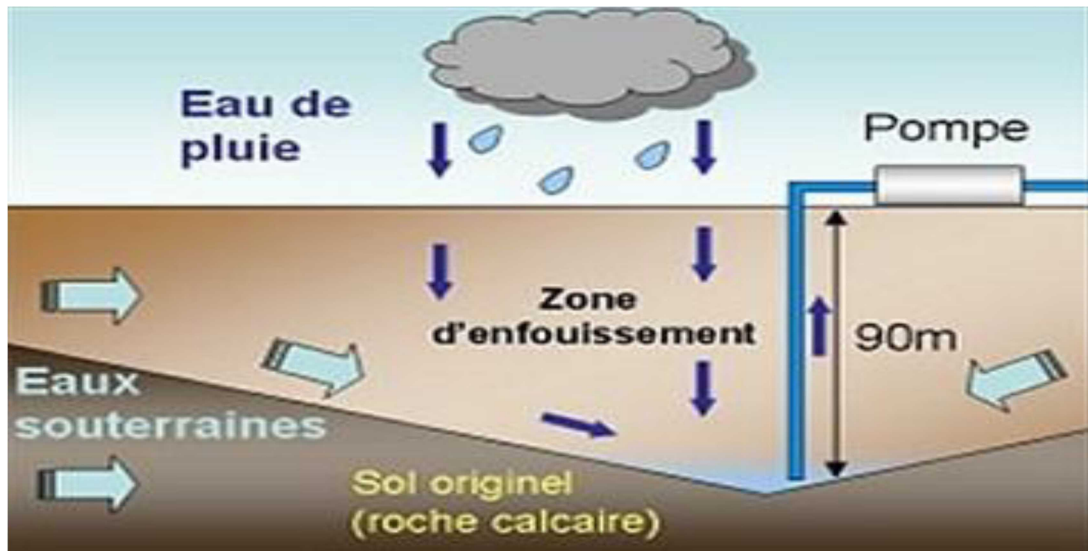
- ✓ L'eau initialement présente dans les déchets lorsqu'elle est mise en décharge.
- ✓ L'eau obtenue lorsque la matière organique se décompose.
- ✓ L'eau infiltrée dans la couche de couverture pendant les périodes de pluie. Il s'agit de la principale source de lixiviat.

Les précipitations sont essentiellement converties en suintement ou en ruissellement, la réponse de l'une à l'autre étant fonction de l'intensité de la pluie, de la topographie et la pente du territoire et la nature de la végétation.

Les déchets stockés sur de longues années réagissent les uns avec les autres de façon complexe sous l'action des agents atmosphériques (pluie en particulier) et des micro-organismes ; la composition des lixiviats dépend essentiellement de l'âge du site d'enfouissement et, partant, de la phase de biodégradation de la matière organique. (Berkani, 2016).



La formation du lixiviat est donc la conséquence de l'infiltration des eaux pluviales dans de grands volumes de déchets (Laceb et Meziani, 2013).



**Figure 04 :** Schéma représentant la Formation de lixiviat (Laceb et Meziani, 2013).

La composition chimique et biochimique des lixiviats est non seulement très variable, mais aussi temporelle et spatiale. Les principaux paramètres qui influent sur la composition du lixiviat sont la composition des déchets enfouis, leur degré de décomposition, leur contenu en humidité, leur température, la vitesse à laquelle l'eau s'infiltre dans les déchets, les conditions climatiques et l'âge du site d'enfouissement. Mais malgré sa complexité, quatre groupes de polluants caractérisent le lixiviat : (Trabelsi, 2012).

- ✓ La matière organique dissoute ou en suspension : Acide gras volatil qui représente 95% du carbone organique du lixiviat, les substances humiques et fulviques.
- ✓ Les composés organiques anthropiques : Hydrocarbures aromatiques, phénols, composés aliphatiques chlorés... (concentration inférieure à 1 mg. L<sup>-1</sup>)
- ✓ Les composés minéraux majeurs : Ca<sup>2+</sup>, Mg<sup>2+</sup>, Fe<sup>2+</sup>, Mn<sup>2+</sup> etc.
- ✓ Les métaux lourds : Plusieurs métaux lourds ont été identifiés dans les lixiviats à de faibles concentrations comme : Mg, Fe, As, Cd, Cr, Co, Cu, Pb, Ni et Zn. La libération de ces métaux de l'environnement entraîne des problèmes de la pollution très graves.
- ✓ Micro-organismes : Bactéries, Champignons, Virus etc.

### 3. Types de lixiviats

Suivant le stade d'évolution biologique des déchets, trois types de lixiviats ont été distingués :

#### 3.1. Les lixiviats jeunes (<5 ans)

Ces lixiviats se caractérisent par une charge organique élevée, relativement biodégradable, composée essentiellement d'acides gras volatils. (AGV) (Seuil de biodégradabilité DBO5/DCO >0,3). Ces lixiviats peuvent être chargés en métaux (jusqu'à 2 g/L), du fait de leur pH relativement bas (<6,5). Ils correspondent aux premières phases non méthanogènes de l'évolution d'une décharge (Berkani ;2016).

#### 3.2. Les lixiviats intermédiaires

Ces lixiviats correspondent à la phase méthanogène stable qui représente le passage entre le lixiviat jeune et le lixiviat stabilisé. Au fur et à mesure que la décharge vieillit et que les déchets se stabilisent, De ce fait, le pH est voisin de la neutralité et la charge en métaux devient négligeable. la charge organique diminue et les acides gras volatils se raréfient (20 à 30% de la charge du lixiviat) au profit de composés de hauts poids moléculaires. L'émergence de ces composés tend à diminuer la biodégradabilité du lixiviat. (Trabelsi ; 2012).

#### 3.3. Les lixiviats stabilisés (> 10 ans)

Ou appelé aussi le lixiviat vieux. Ces lixiviats stabilisés correspondent à la phase de maturation de la décharge. Ils sont caractérisés par une faible charge organique, composée essentiellement de substances humiques (acides fulviques et humiques (Trabelsi2012). les acides carboxyliques et les métaux n'existent presque pas dans ces eaux, mais la teneur des composés à haut poids moléculaire est importante. (Laceb et Meziani ; 2013).

Le tableau présente les principales caractéristiques des différents types de Lixiviats :

**Tableau 03** : Caractéristiques principales des différents types de lixiviats (Trabelsi ; 2012).

	<b>Lixiviats jeunes</b>	<b>Lixiviats Intermédiaires</b>	<b>Lixiviats stabilisés</b>
<b>Age de la décharge</b>	< 5 ans	5 à 10 ans	> 10 ans
<b>pH</b>	< 6,5	6,5 à 7,5	> 7,5
<b>DCO (g L<sup>-1</sup>)</b>	10 à 20	5 à 10	< 5
<b>DBO<sub>5</sub>/DCO (Biodégradabilité)</b>	> 0,5 Bonne	0,1 à 0,5 Assez faible	< 0,1 Très faible
<b>AGV* (% du COT) (Acides gras volatils.)</b>	> 70	5 à 30	< 5

En résumé, le lixiviat d'une ancienne décharge est donc généralement moins chargé que le lixiviat d'une nouvelle décharge, mais plus difficile à traiter. A part l'évolution temporelle, l'importation. La composition des lixiviats dépend évidemment de la nature des déchets enfouis, de la présence ou de l'absence de matières organiques fermentescibles et des conditions climatiques combinées à la façon dont le site est exploité.

#### 4. Procédés de traitements des lixiviats

Le traitement des lixiviats est impératif avant le rejet dans l'environnement naturel, tous les processus physicochimiques ou biologiques utilisés dans le traitement des effluents urbains et industriels peuvent être indiqués. Il existe actuellement trois stratégies possibles :

- ✓ Traitements biologiques.
- ✓ Traitements physico-chimiques (Procédés d'Oxydation Avancées POA...).
- ✓ Traitements membranaires. (Bourcheche ,2018).

##### 4.1. Les méthodes biologiques

En raison de sa fiabilité, de sa simplicité et de sa grande rentabilité, le traitement biologique est généralement utilisé pour traiter la plupart des lixiviats présentant de fortes concentrations de DBO. La biodégradation des composés organiques est réalisée à l'aide de micro-organismes afin de produire du dioxyde de carbone et des boues dans les conditions aérobies, dans des conditions anaérobies Les traitements biologiques se sont révélés très efficaces pour éliminer

les matières organiques et azotées des jeunes lixiviats lorsque le rapport DBO/DCO ( $>0,5$ ). Au fil du temps, la présence élevée de composés réfractaires (principalement des acides humiques et fulviques) a tendance à limiter l'efficacité du procédé (Sahraoui et Yaziz ; 2016).

#### **4.1.1. Traitement aérobie**

Les traitements biologiques aérobies se basent sur les micro-organismes naturellement présents dans le lixiviat pour dégrader les polluants présents. L'apport d'oxygène peut être naturel ou artificiel et dans les stations d'épuration de type « boues activées ». Ce procédé a beaucoup d'inconvénients parmi ces derniers on cite :

- ✓ Ce traitement demande une grande période d'aération.
- ✓ L'excès de la production de boues et La haute demande énergétique.
- ✓ Une inhibition microbienne à cause de la haute teneur en azote ammoniacal. (Zedam et Laraba ; 2020).

#### **4.1.2. Traitement anaérobie**

La digestion anaérobie de lixiviat produit très peu de matières solides et consomme peu d'énergie. D'autre part il est possible d'utiliser le  $CH_4$  produit pour réchauffer le digesteur qui travaille habituellement à  $35^{\circ}C$ . Le principal désavantage de ce procédé est sa sensibilité aux substances toxiques. (Sung Sung et al ; 1997).

### **4.2. Les méthodes physico-chimiques**

#### **4.2.1. Flottation**

Durant divers années la flottation a été énormément utilisée, Cette méthode est basée sur l'élimination des colloïdes, des ions, des macromolécules, des micro-organismes et des fibres (Zouboulis et al ; 2003).

#### **4.2.2. Coagulation-Floculation**

Ce processus peut être utilisé avec succès dans le traitement des lixiviats stabilisées, Elle est largement utilisée comme un prétraitement avant l'osmose inverse ou avant les procédés biologiques ou encore comme la dernière étape de traitement afin d'éliminer la Matière organique bio-récalcitrante. Parmi les inconvénients de cette méthode : la diminution de la concentration de l'aluminium ou du fer dans la phase liquide et la production d'une grande quantité de boues (Ehrig ; 1984).

#### **4.2.3. Précipitation chimique**

La précipitation chimique est un procédé très conseillé dans le traitement des eaux usées telles que les lixiviats, grâce à sa capacité, sa simplicité, son coût peu élevé et car elle permet la réduction de la masse non biodégradable (DCO), de l'azote et des métaux lourds. (Ozturk et al ; 2003).

Cette méthode consiste à transformer les ions dissous dans l'eau en solides insolubles en utilisant des précipitant chimiques, généralement des hydroxydes, MAP ou de la soude, en fonction de ce qu'on cherche à éliminer.

#### **4.2.4. L'adsorption**

Le principal matériau utilisé dans cette méthode est le charbon actif en colonne ou sous forme de poudre ; donne un bon taux d'abattement de la DCO par rapport aux méthodes chimiques et quelle que soit la concentration initiale de la solution en matière organique. D'après plusieurs travaux, l'adsorption sur charbon actif a été utilisée en combinaison avec des procédés biologiques pour le traitement des lixiviats. (Li et al ; 2010).

#### **4.2.5. Les procédés d'oxydations avancées (POAs)**

C'est dans l'intention de développer des techniques de traitement rapides, moins onéreuses et plus adaptées aux composés organiques réfractaires ou toxiques que les procédés d'oxydation avancée (POAs) ont vu le jour. Les POAs sont des techniques de traitement faisant appel à des intermédiaires radicalaires très réactifs, particulièrement les radicaux hydroxyles ( $\text{HO}^\bullet$ ) à température ambiante. Le développement des POAs pour le traitement des eaux contaminées par les matières organiques, est une tentative de tirer avantage de la non sélectivité et de la rapidité de réaction des  $\text{HO}^\bullet$ . Les radicaux libres  $\text{HO}^\bullet$  et leur base conjuguée  $\text{O}_2^{\bullet-}$  sont également utilisés dans les processus de dégradation, mais ces radicaux sont moins réactifs que les radicaux libres hydroxyles, Bielski et al, (1985).

### **4.3. Méthodes membranaires**

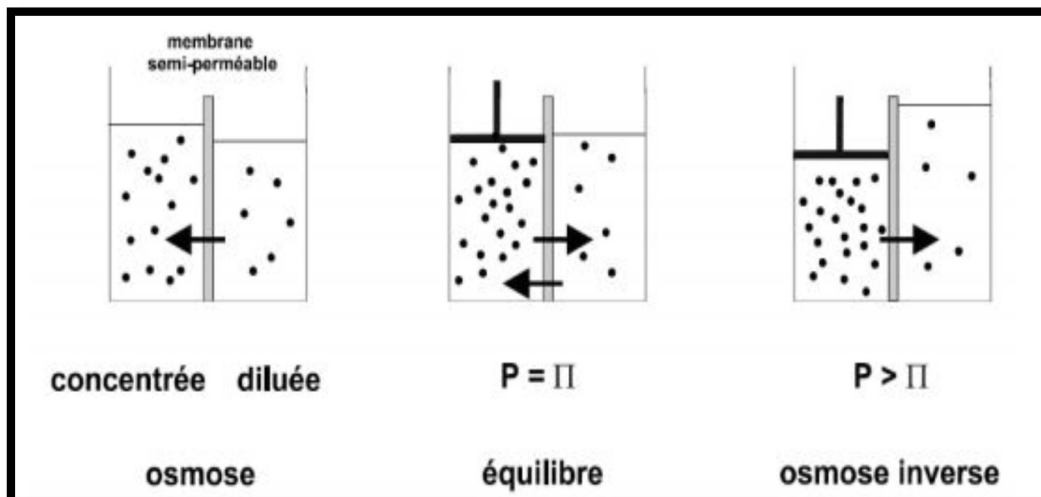
#### **4.3.1. La nano-filtration**

Ce processus a la capacité d'éliminer les particules et les substances inorganiques avec des poids moléculaires supérieurs à 300 Da grâce à des interactions électrostatiques entre les ions et les membranes. (Linde et al ,1995).

La nano-filtration utilise généralement des membranes en polymère moléculaire de coupure entre 200 et 2000 Da. (Bourcheche ,2018). La réussite de la technologie des membranes nécessite un bon contrôle contre le colmatage.

#### 4.3.2. L'osmose inverse

L'osmose inverse est un procédé de filtration qui consiste à forcer le passage de l'eau à travers une membrane semi-perméable en la soumettant à une pression supérieure à la pression osmotique, de sorte qu'elle s'écoule dans le sens inverse du processus naturel de l'osmose. Le procédé est dit "inverse" car il nécessite une pression suffisante (de l'ordre de 30 à 80 bars), selon la concentration en sels de l'effluent, pour forcer l'eau pure à passer à travers la membrane. (Bouchareb ; 2019).



**Figure 05 :** Principe de fonctionnement du procédé d'osmose inverse (Maurel, 2006).

## Chapitre III :

### Les Procédés d'Oxydation Avancée (POA)

#### 1. Les Procédés d'Oxydation Avancée (POA)

Le traitement des eaux usées et le lixiviat provenant des déchets domestiques constituent désormais une préoccupation majeure. Un certain nombre de technologies de traitement ont été mises au point pour traiter ces problèmes, notamment les procédés d'oxydation avancés (POA).

Les POA ont été développés en conséquence d'une observation : L'ozone présente une certaine sélectivité dans les réactions d'oxydation, il est plus ou moins sensible aux composés rencontrés lors du traitement de l'eau. Il était donc nécessaire de trouver un composé non sélectif dont la puissance oxydante est plus importante que celle de l'ozone. (Pidhatika et al ; 2012). À cette fin, la recherche s'est tournée vers un composé résultant de la décomposition de l'ozone, le radical hydroxyle ( $\text{OH}\cdot$ ). Le pouvoir oxydant de ( $\text{OH}\cdot$ ) est bien supérieur à celui d' $\text{O}_3$ . Le principe de base de ces « nouveaux » procédés est donc de produire directement et en quantité significative des radicaux ( $\text{OH}\cdot$ ) (Dearnaley et Arps ; 2005).

On peut constater quatre types de procédé d'oxydation avancée

- ✓ POA basés sur la photolyse (i.e. UV, UV/ $\text{H}_2\text{O}_2$ ).
- ✓ POA basés sur l'ozonation (i.e.  $\text{O}_3$ ,  $\text{O}_3/\text{UV}$ ,  $\text{O}_3/\text{H}_2\text{O}_2$ ,  $\text{O}_3/\text{H}_2\text{O}_2/\text{UV}$ ).
- ✓ POA basés sur la réaction de Fenton (i.e.  $\text{Fe}^{2+}/\text{H}_2\text{O}_2$ ,  $\text{Fe}^{2+}/\text{H}_2\text{O}_2/\text{UV}$ ,  $\text{Fe}^{3+}/\text{H}_2\text{O}_2/\text{UV}$ , électro-Fenton).
- ✓ POA basés sur l'utilisation de semi-conducteurs (ex :  $\text{TiO}_2/\text{UV}$ ) (Ledakowicz et Kaczorek ; 2004).

#### 1.1 Réactivité des radicaux ( $\text{OH}\cdot$ )

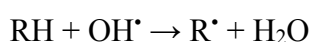
Le radical ( $\text{OH}\cdot$ ) est une espèce fortement réactive avec le plus grand pouvoir oxydant. Pour cette raison l'oxydation par ( $\text{OH}\cdot$ ) a été au centre des préoccupations de la plupart des concepteurs de technologies d'oxydation avancées. Les ( $\text{OH}\cdot$ ) sont considérés comme les radicaux libres les plus importants en chimie et biologie grâce à leurs multiples implications et applications (Henze et al ; 2002). Ils réagissent quasiment sur le lieu de leur production car ils ont une forte réactivité sur les composés organiques (Land et Ebert ; 1967).

## 1.2. Mécanismes réactionnels et mode d'action des radicaux hydroxyles

Les POA sont essentiellement fondés sur la chimie des radicaux hydroxyles. Le radical hydroxyle ( $\text{OH}\cdot$ ) est le plus important réactif intermédiaire responsable de l'oxydation des composés organiques. Ces radicaux peuvent dégrader des composés organiques principalement grâce à 3 mécanismes différents (Buxton et al ; 1988).

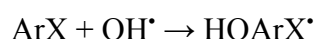
### a) Par abstraction d'un atome d'hydrogène (déshydrogénation)

Ce type de mécanisme est réalisé sur les chaînes hydrocarbonées saturées au niveau desquelles se créent des sites radicalaires attaqués par l'oxygène. Ce processus mène à la rupture homolytique d'une liaison C-H.



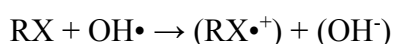
### b) Par addition électrophile sur une liaison non saturée (hydroxylation)

Cette addition donne naissance à des radicaux hydroxyalkyles ou hydroxyariles par attaque sur une chaîne linéaire éthylénique ou cyclohexadiényle lorsqu'il s'agit d'un noyau aromatique.



### c) Par transfert d'électrons (oxydoréduction)

C'est un mécanisme qui vient après l'impossibilité des réactions par addition électrophile ou abstraction d'atomes d'hydrogène, Ce phénomène d'oxydation conduit à l'ionisation de la molécule. Ce mode d'action ne s'observe pas souvent avec les composés organiques. Il a lieu essentiellement par réaction avec les ions. (Brillas et al ; 2009).



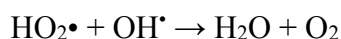
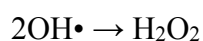
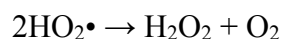
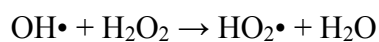
## 2. Système UV / $\text{H}_2\text{O}_2$

Pour améliorer l'efficacité d'oxydation d'un traitement par photolyse, il est possible d'ajouter du peroxyde d'hydrogène au milieu. (On parle alors souvent de photolyse combinée). En fait, il y a photolyse de peroxyde d'hydrogène, ce qui entraîne la formation de radicaux hydroxyles. Des longueurs d'onde UV de 200 à 280 nm font que  $\text{H}_2\text{O}_2$  se décompose, générant des radicaux hydroxyles, avec un rendement quantique de deux ( $\text{OH}\cdot$ ) formés par photon absorbé. (Legrini et al ; 1993).





La photolyse du  $\text{H}_2\text{O}_2$  est plus bénéfique que l'ozonisation et son application est moins compliquée. C'est un procédé photochimique indirect qui repose sur la photolyse de  $\text{H}_2\text{O}_2$  par la lumière UV ( $\text{UV} \leq 300 \text{ nm}$ ) pour donner des radicaux hydroxyles. La production des radicaux hydroxyles permet d'initier des mécanismes radicalaires. Les principales réactions sont :



Cette méthode a plusieurs avantages, comme l'utilisation de  $\text{H}_2\text{O}_2$  qui est un oxydant peu coûteux, facile à utiliser, infiniment soluble dans l'eau et ne nécessite pas une séparation du milieu réactionnel puisque l'excès de  $\text{H}_2\text{O}_2$  est transformé rapidement en composés non toxiques.

En conclusion le lixiviat représente une partie importante de la pollution associée aux décharges. Et une source concentrée de polluants en raison de sa nature liquide. Le plus grand risque associé à la production de lixiviat est la contamination des eaux souterraines. Cela conduira à la contamination des puits d'eau potable, privant la population d'éléments vitaux pour vivre. Il doit être traité comme une substance extrêmement dangereuse. Il est nécessaire d'organiser sa collecte et son traitement afin de limiter au maximum l'impact sur l'environnement et la santé.

# Partie

## Techniques expérimentales

## Site de prélèvement

### 1. Introduction

Les lixiviats de CET sont de compositions diverses. Selon les saisons, la pluviométrie, la nature des déchets, ils vont avoir des caractéristiques biologiques et chimiques sensiblement différentes.

Nous nous attacherons, dans cette partie, à caractériser les lixiviats du CET de la Wilaya Batna à travers la détermination des paramètres globaux (température, pH, conductivité, analyse UV-Vis, DBO<sub>5</sub>, DCO, TOC).

### 2. Présentation du centre d'enfouissement technique d'Oued Chaâba

Le CET de la Wilaya de Batna se situe dans la commune d'Oued Chaâba, sur une carrière désaffectée, 3,5 km au Sud-Ouest du dit-lieu et s'étalant sur 30 Ha (**figure 01 et 02**). Sa durée d'utilisation est estimée à 25 ans. Sur les 8 casiers programmés, deux ont déjà été construits, d'une capacité de 6,5 Ha et dont un est déjà fermé. Le CET possède aussi une station opérationnelle de traitement des lixiviats. Plus de 13 ha des terres sont couvertes d'une végétation clairsemée mais renfermant plusieurs espèces caractéristiques des milieux perturbés.

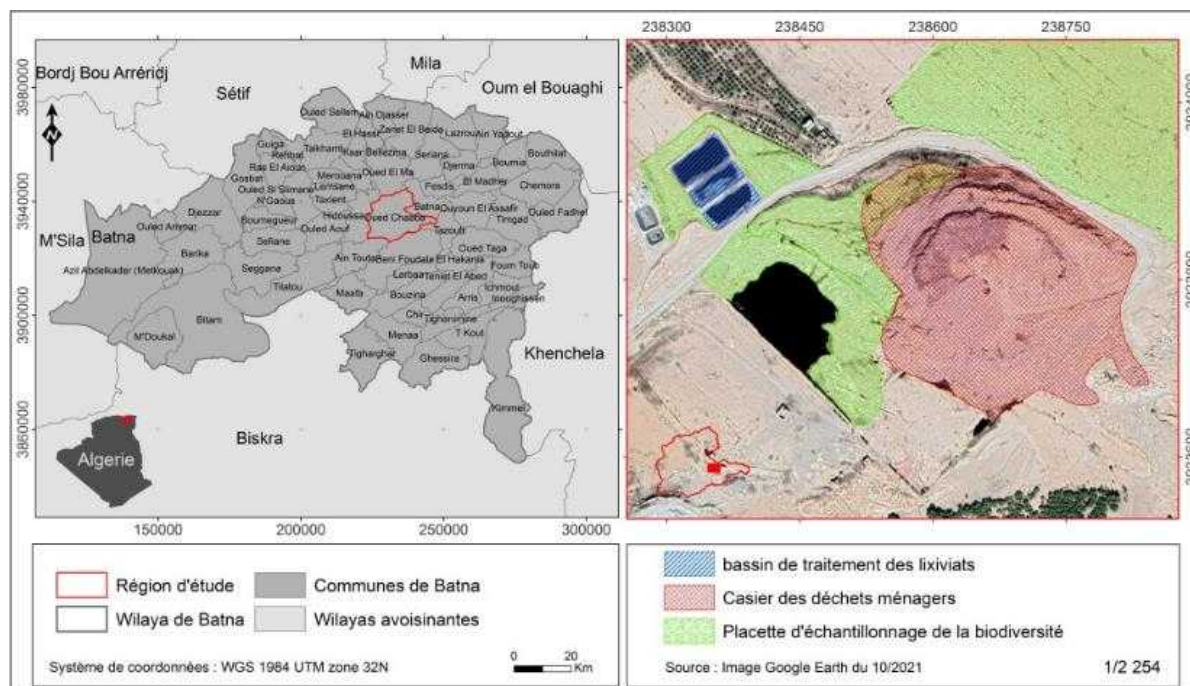


Figure 06 : Localisation géographique du CET d'Oued Chaâba



**Figure 07 :** Bassins des lixiviats

## Matériels et méthodes

### 1. Introduction

Le principal problème des CET est le liquide formé lors du lessivage des eaux de pluie et des déchets décomposés : le lixiviat, qui au fil du temps se charge en matière organique et en métaux lourds hautement toxiques. Cela suggère qu'ils doivent être traités avant d'être rejetés dans l'écosystème car ces émissions peuvent causer des problèmes écologiques et sanitaires.

Dans ce chapitre, nous décrivons les principales analyses effectuées sur des échantillons de lixiviat. Pour cela, nous utilisons plusieurs méthodes et dispositifs.

Les principales analyses effectuées sont : la température ( $T^\circ$ ), le pH, la conductivité électrique (CE), la Salinité, l'azote Kjeldahl, nitrite ( $\text{NO}_2^-$ ), nitrate ( $\text{NO}_3^-$ ), la demande biologique d'oxygène ( $\text{DBO}_5$ ), la demande chimique d'oxygène (DCO), carbone organique total (TOC).

### 2. Matériel et méthodes

#### 2.1 Prélèvement de l'échantillon

Dans cette étude, Les lixiviats proviennent du centre d'enfouissement technique de la Wilaya de Batna, le prélèvement a été effectué sur terrain (*in situ*) à partir de trois casiers différents mais sur le même site de décharge, selon la procédure suivante :

- ✓ Le lixiviat qui s'écoule à travers les ruisseaux a été recueilli dans des bouteilles en plastique (**figure 03**) d'une capacité de 05 litres (préalablement rincées avec de l'eau distillée).
- ✓ Pour Les échantillons consacrés à l'analyse microbiologique (**figure 04**) ils ont été prélevés dans des tubes stériles d'un volume de 50 ml.

Le tout sera transporté au laboratoire dans une glacière de  $4^\circ\text{C}$  afin de préserver la qualité du lixiviat en particulier sa qualité bactériologique.



**Figure 08** : Lixiviat prélevé (brute)



**Figure 09** : Prélèvements de lixiviat destiné pour l'analyse microbiologique

## 2.2. Matériels et appareillage

Le matériels et l'appareillage utilise dans l'analyse et la mesure des différents paramètres du lixiviat est résumé dans le tableau suivant :

**Tableau 04 :** Le matériels et l'appareillage utilise dans l'analyse des différents paramètres.

<b>Paramètres</b>	<b>Matériels et appareillage</b>
<b>pH</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• pH mètre HANNA (HI9829)</li> </ul>
<b>Température (T°C)</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• pH mètre HANNA (HI9829)</li> </ul>
<b>Conductivité</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Conductimètre</li> </ul>
<b>Salinité</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Conductimètre</li> </ul>
<b>O<sub>2</sub> Dissous</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Oxy-mètre</li> </ul>
<b>Azote Kjeldahl</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Minéralisateur Kjeldahl (FOSS)</li> <li>• Distillateur Kjeldahl (Büchi K-355)</li> <li>• Balance de précision</li> <li>• Agitateur magnétique</li> <li>• Barrou magnétique</li> <li>• Support de titration</li> <li>• Erlenmeyers</li> <li>• Eprovette graduée</li> <li>• Burette graduée</li> <li>• Bêchers</li> <li>• Les matras Kjeldahl</li> </ul>
<b>Nitrite</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Spectrophotomètre à 435 nm</li> <li>• Agitateur magnétique (STUART)</li> <li>• Barrou magnétique</li> <li>• Micropipette</li> <li>• Bain marie</li> <li>• Cuve en quartz</li> <li>• Fiole jaugée</li> </ul>
<b>Nitrate</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Etuve</li> <li>• Capsule de 60 ml</li> <li>• Spectrophotomètre à 415 nm</li> </ul>

## TECHNIQUE EXPERIMENTALES

	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Cuve en quartz</li> <li>• Fiole jaugée</li> <li>• Bain marie</li> <li>• Micropipette (1ml)</li> </ul>
<b>Demande biologique d'oxygène (DBO<sub>5</sub>)</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Enceinte thermostat (WTW: Oxi Top Box)</li> <li>• Flacons d'incubation</li> <li>• Oxy-mètre</li> <li>• Agitateur magnétique (STUART)</li> <li>• Barrou magnétique</li> <li>• Pastilles de KOH</li> </ul>
<b>Carbone organique total (TOC)</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Analyseur de TOC (TELEDYNE TEKMAR)</li> <li>• Verreries TOC</li> <li>• Bécher</li> <li>• Filtre seringue (0.22µm)</li> <li>• Micropipette (10ml)</li> </ul>
<b>Demande chimique d'oxygéné (DCO)</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Tubes DCO</li> <li>• Bloc chauffant (WTW : CR 2200)</li> <li>• Micropipette (1ml)</li> <li>• Balance de précision</li> <li>• Spectrophotomètre : HELIOS ZETA (UV-VIS)</li> <li>• Cuves en quartz</li> </ul>

### 2.3. Caractérisation du lixiviat

#### 2.3.1. Détermination des pH et Température

La température influe sur la quantité d'oxygène, la décomposition de la matière organique. Le potentiel hydrogéné (pH) est en relation avec la concentration des ions hydrogéné présent dans lixiviats ou dans les solutions. Les deux paramètres ont été mesuré à l'aide d'un multi-paramètre de type HANNA HI9829 (**figure 05**).

#### But d'analyse

- ✓ Détermination de l'acidité, la neutralité ou la basicité de lixiviat.
- ✓ Pour sa mesure est effectuée à l'aide du pH-mètre de poche.





Figure 10 : Multi-paramètres pH et température (HANNA HI9829)

### 2.3.2. Détermination de la conductivité électrique et de la salinité

La conductivité est la propriété de l'eau qui facilite le passage du courant électrique grâce à la présence d'ions dans le milieu pouvant se déplacer dans un champ électrique, et elle dépend de la nature de ces ions dissous et de leur concentration. La température et la viscosité affectent également la conductivité car la mobilité des ions augmente avec la température et diminue avec la viscosité. La valeur de conductivité est un paramètre cumulatif de la concentration en ions de la solution à mesurer. Plus une solution contient de sels, d'acides ou de bases, plus sa conductivité est élevée. La conductivité du lixiviat est généralement exprimée en micro Siemens par centimètre ( $\mu\text{S}/\text{cm}$ ).

### 2.3.3. Détermination de l'oxygène dissous

La concentration réelle en oxygène dépend de la température, de la pression atmosphérique, de la consommation d'oxygène due aux processus de décomposition microbienne ou à la production d'oxygène (par exemple, les algues). Les mesures électrochimiques sont actuellement la méthode acceptée pour déterminer la concentration en oxygène du lixiviat dans diverses normes.

### 2.3.4 Détermination de l'azote Kjeldahl (ISO 5663-1984 (F))

- ✓ Minéralisation de l'échantillon pour former du sulfate d'ammonium, libération et distillation de l'ammoniac puis dosage par titrimétrie (**figure 06**).

## TECHNIQUE EXPERIMENTALES

- ✓ Transformation des composés de l'azote dosables par la méthode en sulfate d'ammonium par minéralisation de l'échantillon avec de l'acide sulfurique contenant une concentration élevée de sulfate de potassium destiné à élever le point d'ébullition du mélange, et en présence de sélénium comme catalyseur.
- ✓ Libération de l'ammoniac du sulfate d'ammonium par ajout d'une base, puis distillation dans une solution d'acide borique et indicateur.
- ✓ Dosage de l'ion ammonium du distillat par titrimétrie avec de l'acide titré.

### Réactifs :

- Acide sulfurique ( $H_2SO_4$ ).
- Catalyseur en pastille.
- Acide borique 2% ( $H_3BO_4$ ).
- Hydroxyde de sodium (NaOH) à 50 %.
- Indicateur coloré (Toshiro).
  - Vert de bromocrésol ( $C_{21}H_{14}Br_4O_5S$ ).
  - Ethanol : Red méthyle ( $C_{15}H_{15}N_3O_2$ ).

### Méthode de calcul :

$$\left[ \frac{(V_1 - V_2) \cdot C \cdot 14.01 \cdot 1000}{V_0} \right]$$

$V_0$  : Le volume de la prise d'essai (ml).

$V$  : Le volume de la solution titrée d'acide chlorhydrique utilisé pour le titrage (ml).

$V$  : Le volume de la solution titrée d'acide chlorhydrique utilisé pour le titrage du blanc (ml).

$C$  : La concentration exacte, en moles par litre, de la solution titrée d'acide chlorhydrique utilisée pour le titrage.



**Figure 11** : Minéralisateur (Büchi K-355) et distillateur Kjeldahl (FOSS).

### 2.3.5. Détermination des nitrites (ISO 6777-4984 (F))

L'acide sulfanilique en milieu chlorhydrique, en présence d'ion ammonium et de phénol, forme avec les ions  $\text{NO}_2^-$  un complexe coloré jaune dont l'intensité est proportionnelle à la concentration en nitrites.

#### Réactifs :

- Ammoniaque pure ( $\text{NH}_4\text{OH}$ )  $d = 0.925$ .
- Réactif de Zambelli :
  - Acide chlorhydrique pur ( $\text{HCl}$ )  $d = 1.19$ .
  - Acide sulfanilique ( $\text{NH}_2\text{C}_6\text{H}_4\text{SO}_3\text{H}$ ).
  - Phénol cristallisé ( $\text{C}_6\text{H}_6\text{O}$ ).
  - Chlorure d'ammonium ( $\text{NH}_4\text{Cl}$ ).
  - Eau distillée.

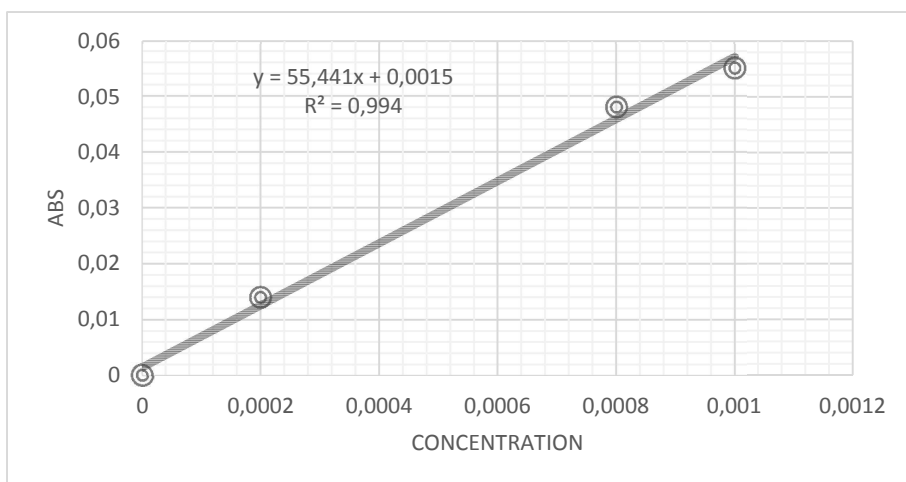
#### Procédure :

- ✓ Peser les quantités nécessaires pour la préparation des solutions étalons de  $\text{NO}_2^-$  fille à 0,0023g/L et mère à 0,25g/L.
- ✓ Ajouter des volumes correspond à chaque concentration et compléter à 50ml avec de l'eau distillée.

**Tableau 05 :** les valeurs de dosage de la courbe d'étalonnage nitrites

Numéro de fiole	Témoin					
Solution fille à 0.0023 (g/l)	0	50	41.3	21.7	17.39	4.34
Concentration de nitrite (g/l)	0	0.0023	0.0019	0.001	0.0008	0.0002
Eau distillé (ml)	50	0	8.7	28.2	32.6	45.6

- ✓ Ajouter 2 ml de réactif de Zambelli.
- ✓ Agiter et laisser au repos 10 minutes.
- ✓ Ajouter ensuite 2 ml d'ammoniaque pur.
- ✓ Effectuer la lecture au spectromètre à la longueur d'onde de 435 nm et tenir compte de la valeur pour le témoin.
- ✓ Ajouter 50 ml de lixiviat dilué dans les fioles et procéder avec les mêmes étapes précédentes.



**Figure 12 : Courbe d'étalonnage nitrite**

### 2.3.6. Détermination des nitrates (ISO 7890-3 1988)

En présence de salicylate de sodium, les nitrates donnent du paranitrosalicylate de sodium, coloré en jaune et susceptible d'un dosage colorimétrique.

#### Réactifs :

- Solution de salicylate de sodium ( $C_7H_5NaO_3$ ) à 5%.
  - Acide sulfurique ( $H_2SO_4$ ) concentré  $d = 1.84$ .
  - Solution d'hydroxyde de sodium et de tartrate double de sodium et de potassium :
    - Hydroxyde de sodium (NaOH).
    - Tartrate double de sodium et de potassium ( $C_4H_4KNaO_6$ ).
- Figure 12 : Courbe d'étalonnage nitrite.**
- Eau distillée.
  - Solution mère étalon d'azote nitrique à 0.1 (g/l) :
    - Nitrate de potassium anhydre ( $KNO_3$ ).
    - Chloroforme ( $CHCl_3$ ) : pour la conservation.
    - Eau distillée.
  - Solution fille étalon d'azote nitrique à 0.005(g/l).

#### Établissement de la courbe d'étalonnage :

- ✓ Dans une série de capsule de 60 ml on introduit successivement :

**Tableau 06** : les valeurs de dosage de la courbe d'étalonnage nitrates

## TECHNIQUE EXPERIMENTALES

Numéros de capsule	Témoin				
Solution d'étalon d'azote nitrique à 0.005 (g/l)	0	1	2	5	10
Eau distillée (ml)	10	9	8	5	0
Correspondance d'azote nitrique en (mg/l)	0	0.5	1	2.5	5
Solution de salicylate de sodium (ml)	1	1	1	1	1
Concentration Nitrate (g/l)	0	0.0005	0.001	0.0025	0.005

- ✓ Evaporer à sec au bain marie ou dans une étuve portée à 75-80°C (ne pas surchauffer, ni chauffer trop longtemps).
- ✓ Laisser refroidir. Reprendre le résidu par 2ml d'acide sulfurique concentré en ayant soin de l'humecter complètement.
- ✓ Attendre 10 minutes, ajouter 15 ml d'eau bidistillée puis 15 ml de la solution d'hydroxyde de sodium et se tartrate double de sodium et de potassium qui développe la couleur jaune.
- ✓ Effectuer les lectures au spectromètre à la longueur d'onde de 420 nm. Soustraire des densités optiques lues pour les étalons, la valeur relevée pour le témoin.
- ✓ Construire la courbe d'étalonnage.

### **Dosage de l'échantillon :**

- ✓ Introduire 10 ml de lixiviat dilué (5 fois puis 100 fois) dans une capsule de 60 ml (pour des teneurs en azote nitrique supérieures à 10 mg, opérer une dilution).
- ✓ Alcaliniser faiblement avec la solution d'hydroxyde de sodium. Ajouter 1 ml de solution de solution de salicylate de sodium
- ✓ Ajouter 1 ml de solution de solution de salicylate de sodium puis poursuivre le dosage comme la courbe d'étalonnage.
- ✓ Effectuer les lectures au spectromètre à la longueur d'onde de 415 nm et tenir compte de la valeur lue pour le témoin.

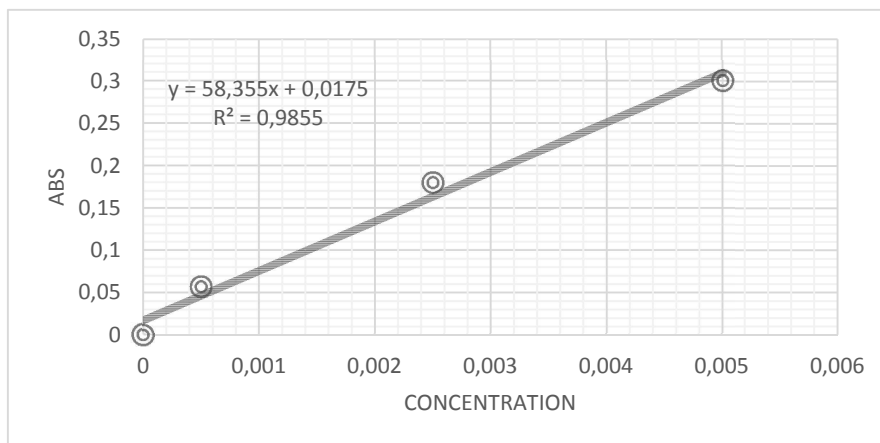
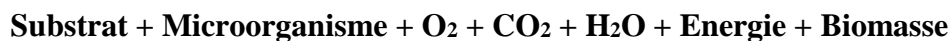


Figure 13 : Courbe d'étalonnage nitrate.

### 2.3.7. Détermination de la demande biochimique en oxygène (DBO<sub>5</sub>)

L'échantillon est dilué dans de l'eau distillée est introduit dans une enceinte thermostat (figure 07) est mis sous incubation. On fait la lecture de la masse d'oxygène dissous, nécessaire aux microorganismes pour la dégradation de la matière organique biodégradable en présence d'air pendant cinq jours.

La présence de micro-organismes consomme l'oxygène dissous, qui est remplacé en permanence par l'oxygène de l'air contenu dans la bouteille, ce qui entraîne une diminution de la pression au-dessus de l'échantillon. Cette dépression sera enregistrée par OXI TOP Elle se résume à la réaction suivante :



La lecture de la valeur ce fait après 5 jours en utilisant la formule suivante :

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



Figure 14 : Photo de l'enceinte thermique (WTW OxiTop).

### 2.3.8. Détermination du Carbone Organique Total (TOC)

Le carbone organique total est l'un des paramètres les plus importants pour évaluer la charge organique de l'eau. L'analyseur TOC TELEDYNE TEKMAR (**figure 08**) fonctionne selon le principe de base de l'oxydation du carbone organique et de l'analyse quantitative du dioxyde de carbone (CO<sub>2</sub>) formé dans un photomètre NDIR. Le processus d'oxydation peut se dérouler soit thermiquement (dans un réacteur à haute température), soit par voie chimique humide (à l'aide de rayons UV, un agent oxydant chimique comme le persulfate).

**Objectif :** Un paramètre important pour définir la qualité d'une eau, ou son degré de pollution.

**Réactifs :**

- Eau ultra pure
- Acide phosphorique (H<sub>3</sub>PO<sub>4</sub>) 85 %.
- Les cristaux d'hydrogénophthalate de potassium (KHP)

**Préparation de l'échantillon :**

Chaque échantillon a été dilué 10 fois et filtré dans un filtre seringue de 0.22µm et transféré dans des flacons d'échantillonnage ombré



**Figure 15 :** Analyseur TOC (TELEDYNE TEKMAR).

### 2.3.9. Détermination de la demande chimique en oxygène DCO (AFNOR T90-101)

La DCO est l'une des principales méthodes qui sert à déterminer la pollution organique globale des eaux résiduaires ou naturelles. Cette technique est basée sur :

- ✓ L'oxydation des matières organiques de l'échantillon, à chaud et en milieu sulfochromique concentré,
- ✓ Le dosage du chrome hexavalent résiduel.

L'intérêt de la DCO réside dans la facilité de mise en œuvre de la méthode, dans sa normalisation et surtout dans l'échec relatif des méthodes instrumentales de substitution comme la demande totale en oxygène et le carbone organique total.

### Réactifs

- Solution acide : sulfate d'argent cristallise ( $\text{Ag}_2\text{SO}_4$ ) + Acide sulfurique ( $\text{H}_2\text{SO}_4$ )
- Sulfate de mercure ( $\text{HgSO}_4$ )
- Dichromate de potassium ( $\text{K}_2\text{CrO}_7$ )

### Procédure

L'analyse nécessite en premier temps le nettoyage rigoureux des tubes et leurs séchages dans l'étuve afin d'éliminer toute trace d'humidité. Puis, nous avons introduit les réactifs suivants :

- ✓ 03 ml de la solution acide (0,66 g de sulfate d'argent cristallise dans 100 ml d'acide sulfurique concentré).
- ✓ 0,1 g de sulfate de mercure.
- ✓ 02 ml d'échantillon (dilué 1000 fois) prélevé de chacune des solutions colorées préparées préalablement (ou d'eau ultra pure pour le blanc).
- ✓ 1 ml de dichromate de potassium ( $8,33 \times 10^{-3}$  M).

Après fermeture hermétique et homogénéisation des différents échantillons, nous avons placé les tubes dans un bloc chauffant de modèle WTW CR2200 (**figure 09**) pendant 2 h à 148°C.

L'absorbance de différents échantillons préparés, ci-dessus, ont été déterminés par spectrophotométrie UV-visible à la longueur d'onde de 440 nm (cette longueur d'onde correspond à l'absorption maximale du dichromate de potassium).

**La valeur de la DCO (mg/l) =  $[\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7]_{\text{initiale}} - [\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7]_{\text{résiduelle}}$**



**Figure 16 :** Photo du bloc chauffant (WTW CR2200)



### 2.3.10. Analyse par spectrophotométrie UV/visible

Le spectrophotomètre que nous avons utilisé est un appareil qui permet de mesurer directement les densités optiques. Les analyses sont effectuées à l'aide d'un spectrophotomètre "Helios  $\alpha$ - Unicam Spectronic" piloté avec un ordinateur. Les spectres UV-Vis sont obtenus directement par balayage automatique entre 200 et 600 nm. Des cuves en quartz de 1 cm de trajet optique sont utilisées.



**Figure 17** : Photo du spectrophotomètre à double faisceaux  
(Helios  $\alpha$ -Unicam Spectronic)

## 3. Traitement du lixiviat avec les différents procédés

### 3.1. Traitement par le Procédé d'Oxydation Avancée (POA) ( $H_2O_2$ /UV)

En raison de la forte concentration de matières organiques présentes dans le lixiviat, un traitement chimique est nécessaire pour dégrader ce polluant organique qui persiste jour après jour. Dans ce traitement de procédé d'oxydation avancée le mode opératoire est très simple et il comporte les étapes suivantes :

- ✓ Dans un bécher de 500 ml, on ajoute un volume de 25 ml de lixiviat.
- ✓ Dans le même bécher et à l'aide d'une micropipette, on ajoute aussi un volume de 7.66 ml de peroxyde d'hydrogène ( $H_2O_2$ ), qui va permettre d'avoir une concentration de 0.3 M.
- ✓ La solution est ensuite exposée au rayon solaire sous une agitation continue pendant 120 min.

Les échantillons ont été prélevés à différents temps de réaction (15, 30, 45, 60, 120 min) à l'aide d'une pipette pour la mesure de différents paramètres (Analyse UV-Vis, TOC, DCO).

L'intensité de la lumière a été mesurée à l'aide d'un radiomètre (UVX) (**figure 10**) à différentes longueurs d'ondes 254 nm, 310 nm et 365 nm avec le radiomètre.



**Figure 18** : Photo du radiomètre.

### **3.2. Traitement Hybride (H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>/UV + Biodégradation biologique)**

Le principe de la biodégradation aérobie est basé sur la dégradation via des microorganismes (bactéries, champignons...) de composés organiques appelés, dans ce cas, le substrat. Ces réactions d'oxydation s'effectuent obligatoirement en milieu aqueux dans lequel se trouvent les consortiums microbiens.

Les substrats sont des composés plus ou moins facilement biodégradables et certains peuvent même être qualifiés de récalcitrants. Le résultat d'une attaque microbienne d'un substrat par une souche pure ou une population mixte (comme dans notre cas) peut conduire :

- ✓ À sa transformation en biomasse et en énergie.
- ✓ À son oxydation complète ou minéralisation.
- ✓ À une dégradation partielle ou incomplète avec formation de composés stables par biotransformation et parfois plus complexe par polymérisation.

#### **3.2.1. Préparation des milieux de culture**

**Préparation de gélose nutritive** : 28 g de poudre de GN ont été dissous dans 1000 ml d'eau distillée ensuite la solution est portée à ébullition avec une homogénéisation fréquente pour éviter la décantation de l'agar-agar et sa combustion ; par la suite ils ont été distribués dans des flacons en verre et portés pour la stérilisation.

**Préparation du milieu Bold Basal Medium (BBM)** : Pour cela on pèse les six premiers ingrédients séparément selon le **tableau 1**, on les fait dissoudre dans 900 ml d'eau distillée, puis on ajoute 1 ml des solutions restantes (de 07 à 10 selon le **tableau 01**), le volume est complété

## TECHNIQUE EXPERIMENTALES

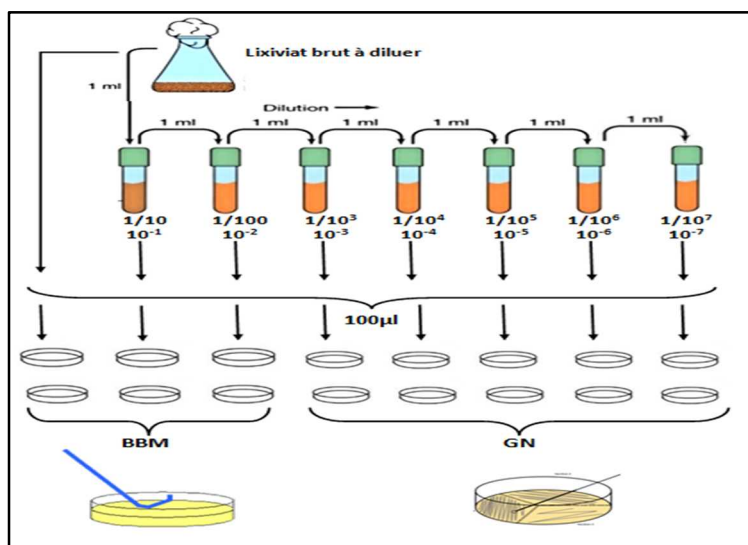
jusqu'à 1000 ml. Après homogénéisation la solution est distribution dans des flacons, ensuite stérilisé par autoclavage. À la fin de la stérilisation le pH de la solution est vérifié (le pH du milieu doit être égale à 6.6).

**Tableau 07 :** la composition du milieu BBM (Andersen, 2005).

N°	Composants	QSP 1L
01	NaNO <sub>3</sub>	0.25g
02	CaCl <sub>2</sub> . 2H <sub>2</sub> O	0.025g
03	MgSO <sub>4</sub> . 7H <sub>2</sub> O	0.075
04	K <sub>2</sub> HPO <sub>4</sub>	0.075
05	KH <sub>2</sub> PO <sub>4</sub>	0.175
06	NaCl	0.025
07	EDTA solution	1ml
08	Solution métallique acidifié	1ml
09	H <sub>3</sub> BO <sub>3</sub>	1ml
10	Solution de traces de métaux	1ml

### 3.2.2. Recherche des micro-organismes présents dans le lixiviat

**Préparation des dilutions décimale et ensemencement :** Une série de dilution est effectuée sur eau physiologique en transférant aseptiquement 1 ml de lixiviat brut qui représente la suspension mère (SM) vers un premier tube contenant 9 ml de diluant stérile. Après agitation vigoureuse, l'opération est répétée 7 fois jusqu'à la dilution 10<sup>-7</sup>.



**Figure 19 :** Schéma représentant les étapes de dilution et ensemencement

**La recherche des microalgues :** Le milieu Bold Basal Medium (BBM) est ensemencé par étalement avec 100 µl prélevé à partir de la solution mère (SM) jusqu'à la dilution  $10^{-2}$  avec une répétition de deux boîtes pour chacune. On incube les boîtes à 25°C pendant 15 jours (les boîtes sont exposées chaque jour à la lumière pendant (12 h) suivi de (12H) à l'obscurité).

**La recherche des bactéries totales :** La gélose nutritive (GN) est ensemencée par stries d'épuisement avec 100 µl prélevé à partir de la dilution  $10^{-3}$  jusqu'à la dilution  $10^{-7}$  avec une répétition de deux boîtes pour chacune. Une incubation à 30°C pendant 24 h est effectuée.

**Isolement et purification des souches microbiennes :** Après incubation, il a été observé que rien n'a poussé pour les microalgues, par contre on a constaté que plusieurs types de colonies bactériennes se sont développés. Onze colonies avec des aspects macroscopiques différents ont été choisies pour l'isolement. Pour cela on repique plusieurs fois par des stries d'épuisements sur le même milieu de cultures jusqu'à avoir des souches pures.

### 3.2.3. Processus du traitement hybride (POA + traitement biologique)

Le mode opératoire est très simple et il comporte les étapes suivantes :

- ✓ Un volume de 50 ml de lixiviat brut diluer 10 fois est réparti dans deux erlenmeyers stérile (pour travailler dans des conditions d'asepsie).
- ✓ Un volume de 7.66 ml de  $H_2O_2$  est aussi ajouté pour avoir une concentration de 0.3 M
- ✓ Les deux erlenmeyers vont subir le traitement chimique initial par le système ( $H_2O_2$ /UV) sous exposition solaires et agitation continue pendant 120 min (aucun prélèvement au ne sera effectué dans cette première étape).
- ✓ Après la purification des souches, on prélève de chaque boîte des colonies pures et on les inocule dans un bouillon. Un deuxième bouillon a été préparé avec des microalgues fournies à partir d'un autre échantillon de lixiviat déjà étudié.
- ✓ Les bouillons préparés vont être additionné aux deux échantillons de lixiviat qui ont déjà subi le traitement par le système ( $H_2O_2$  / UV) comme suivant :
  - **Traitement hybride I (POA + biodégradation par bactéries) :** On ajoute seulement le bouillon des bactéries est on incube à 30°C pendant 17 jours.
  - **Traitement hybride II (POA + biodégradation par bactéries + Microalgues) :** On ajoute le bouillon des bactéries en présence des micros algues et on incube à 25°C pendant 17 jours (exposé chaque jour à la lumière pendant 12 h et à l'obscurité pendant 12 h).

## **TECHNIQUE EXPERIMENTALES**

Les échantillons ont été prélevés à différents jours (5, 8, 10, 13, 15 jours) à l'aide d'une pipette pour la mesure de différents paramètres (la charge microbienne à 600 nm, analyse UV-Vis, TOC et DCO).

Partie :

Résultats et discussion

## 1. Propriétés physicochimiques du lixiviat étudié

La gestion des lixiviats est une problématique majeure lors de l'étude des déchets, car ces liquides peuvent potentiellement contaminer les sols et les eaux environnantes. Les propriétés physicochimiques du lixiviat peuvent avoir un impact significatif sur sa toxicité et son potentiel de contamination, ainsi que sur les méthodes de traitement appropriées.

Dans cette étude, nous avons examiné les propriétés physicochimiques du lixiviat généré par les déchets en analysant les données de pH, la température, la conductivité, le total des solides dissous (TDS), la salinité, la concentration en oxygène dissous, la DCO et le TOC (avant et après le traitement), l'azote Kjeldahl, les nitrates et les nitrites. L'objectif de cette analyse était de mieux comprendre les caractéristiques du lixiviat et d'identifier les méthodes de traitement les plus efficaces pour minimiser l'impact environnemental. Les données clés que nous avons collectées (*in situ*) sur les propriétés physicochimiques du lixiviat sont présentées dans le tableau suivant :

**Tableau 08** : les résultats physicochimiques avant traitement (*in situ*).

Les différents paramètres mesurés	Unité	Les valeurs
Potentiel d'Hydrogène (pH)	-	8.26
Température	°C	22
Conductivité électrique	mS/cm	38.3
Total des Solide Dissous (TDS)	g/l	25.6
Salinité	ppm	21.7
O <sub>2</sub> dissous	%	0.1
Demande Chimique en Oxygène (DCO)	mg d'O <sub>2</sub> /l	99792.44
Carbone Organique Total (TOC)	ppm	224.11
Demande Biologique en Oxygène (DBO <sub>5</sub> )	mg d'O <sub>2</sub> /l	1500
Azote total	mg/ml	1266.5
Azote ammoniacal	mg/l	1098.4
Nitrates	g/l	1.25
Nitrites	g/l	0.5

### 2. Discussion des résultats physicochimique

Les propriétés physicochimiques du lixiviat varient en fonction de plusieurs facteurs tels que :

- ✓ La composition des déchets.
- ✓ Les conditions environnementales.
- ✓ Les méthodes de gestion des déchets.

Le lixiviat du CET de la Wilaya de Batna contient de nombreux polluants organiques et minéraux. Les valeurs observées dans le tableau ci-dessus nous donnent une idée de la composition et du type de lixiviat. En effet, l'examen de ces résultats montre que :

#### 2.1 La couleur du lixiviat

La couleur est le premier indicateur de contamination, le lixiviat étudié était noir foncé, prouvant la présence de :

- ✓ Sulfures, résultat de la dégradation de la matière organique des déchets au stade acidogène, il sert de substrat aux bactéries sulfato-réductrices, qui transforment le sulfate en sulfure au stade méthanogène, et son pouvoir colorant est très fort (Kjeldsen, 2002).
- ✓ Une forte concentration de matières organiques, qui peuvent être le résultat de la dégradation des déchets organiques dans les sites de stockage.

#### 2.2 L'odeur du lixiviat

L'odeur du lixiviat est désagréable, nauséabonde et insupportable. Ces odeurs sont principalement dues à :

- ✓ La présence d'ammoniac et de soufre provenant en partie du processus de biodégradation et contribuent au dégagement de gaz  $H_2S$ .
- ✓ La décomposition de la matière organique dans les eaux usées.
- ✓ La moyenne température.



### 2.3 Le potentiel hydrogène (pH)

Le potentiel hydrogène est l'un des paramètres permettant de détecter l'acidité ou l'alcalinité des lixiviats. Le pH observé dans notre analyse était de 8.26. Ceci indique d'une part que la valeur se situe dans la fourchette standard de rejet des milieux naturels (6.5 et 8.5) et d'autre part, le caractère basique des lixiviats étudiés.

### 2.4. Conductivité électrique

La conductivité électrique renseigne sur la quantité totale d'espèces chargées présentes dans divers lixiviats et est un indicateur de contamination minérale (ADEME, 1999).

Par conséquent, la mesure de la conductivité électrique permet d'évaluer la quantité de sel dissous dans le lixiviat. En effet, la conductivité trouvée lors de notre analyse était d'environ 38.3 mS/cm, indiquant une forte minéralisation du lixiviat du CET. Cette minéralisation est principalement attribuée aux paramètres suivants : ( $\text{Cl}^-$ ,  $\text{SO}_4^-$ ,  $\text{Na}^+$ ,  $\text{k}^+$ ,  $\text{Ca}^{++}$ ,  $\text{Mg}^{++}$  ...).

### 2.5. La demande chimique en oxygène (DCO) avant le traitement :

La matière organique libérée dans le lixiviat est considérée comme un bon indicateur de l'état de décomposition des déchets, car elle subit de multiples changements au cours des différentes étapes de la décomposition des déchets. La Demande Chimique en Oxygène (DCO) est l'un des principaux paramètres que la loi impose de mesurer.

À la suite de l'analyse, la valeur DCO s'est avérée très élevée à environ 99792.44 mg/l, ce qui est très élevé même par rapport à la norme qui est de 120 mg/l dans l'environnement naturel. Ceci indique que le lixiviat du CET de la Wilaya de Batna contient des composants très riches en matière organique oxydable (ADEME, 1999).

### 2.6. La demande biologique en oxygène (DBO<sub>5</sub>)

Quantifier la biodégradabilité du lixiviat. Elle est déterminée en fonction de la quantité d'oxygène consommée par les microorganismes présents dans le lixiviat. Dans ce cas, la valeur déterminée est de 1483 mg O<sub>2</sub>/l. Soulignez que cette valeur excède la norme de rejet dans le milieu naturel, qui est de 35 mg/l. (Journal officiel de la République Algérienne, 2006).

### 2.7. Le rapport DCO/DBO<sub>5</sub>

Le rapport DCO/DBO<sub>5</sub> donne une première estimation de la biodégradabilité de la matière organique d'un effluent donné, on convient généralement des limites suivantes (YAHIA TENE, TAHIRIM, 2010) :

- ✓ DCO/DBO<sub>5</sub> < 02 : Effluent facilement biodégradable.
- ✓ 02 < DCO/DBO<sub>5</sub> < 03 : Effluent biodégradable avec des souches sélectionnées.
- ✓ DCO/DBO<sub>5</sub> > 03 : Effluent pas biodégradable.

Dans notre cas, le lixiviat a un rapport DCO/DBO<sub>5</sub> égale à 67.29. En raison de la faible biodégradabilité de ce type de lixiviat, des méthodes de traitement physicochimiques primaires sont recommandées.

### 2.8. Le rapport DBO<sub>5</sub> /DCO

Le rapport DBO<sub>5</sub>/DCO donne une indication de maturité du lixiviat (GLANDIER, 2002) :

- ✓ DBO<sub>5</sub> /DCO > 0.5 : Lixiviat jeune et instable.
- ✓ 0.1 < DBO<sub>5</sub> /DCO < 0.5 : Lixiviat modérément stable.
- ✓ DBO<sub>5</sub> /DCO < 0.1 : Lixiviat vieux et stable.

Dans notre cas, le rapport DBO<sub>5</sub>/DCO est de 0.014, la faible valeur de ce rapport permet d'affirmer que c'est un lixiviat stabilisé avec une biodégradabilité très faible.

### 2.9. Azote Kjeldahl, nitrate et nitrite

L'azote dans l'eau a des propriétés organiques ou minérales. L'azote organique est principalement composé de protéines, de polypeptides et des acides aminés. Ces produits n'existent généralement qu'à de très faibles concentrations (Khattabi H.,2002).

Le lixiviat de décharge qu'on a étudié est constitué de :

- 1.250 g/l de nitrate (NO<sub>3</sub><sup>-</sup>).

## Résultats et discussions

- 0.5 mg/l de nitrite ( $\text{NO}_2^-$ ).
- 1266.5 mg/ml d'azote total.
- 1098.4 mg/l d'azote ammoniacal.

Alors en conclusion ces substances sont souvent causées par des activités humaines telles que l'agriculture et les émissions des ménages.

L'analyse de notre lixiviat a donné les résultats suivants :

- ✓ Un pH basique de l'ordre de 8.26.
- ✓ Une charge organique avec une valeur DCO élevée de 99792.44 mg d' $\text{O}_2$ /l.
- ✓ Un niveau de carbone organique total avec une valeur TOC de 224 ppm
- ✓ Une biodégradabilité faible de l'ordre  $\text{DCO}/\text{DBO}_5 = 67.29$ .
- ✓ Une forte charge minérale et une pollution azotée importante.

Donc nous sommes dans le cas de lixiviat chargé, vieux et stable, A cet effet, nous proposons un procédé de traitement hybride (chimique ( $\text{H}_2\text{O}_2$ /UV) suivi par un traitement biologique (par bactéries et bactéries en présence des micros algues) permettant de réduire les valeurs de la pollution organique aux normes de rejets.

### 3. Etude spectrale du Lixiviat

La figure 01 représente le spectre de notre lixiviat étudié obtenu à pH naturel (8.6) et en milieu dilué. Il montre l'existence d'une bande localisée à une longueur d'onde de 254 nm, qui est caractéristique des composés polyphénols et correspond à la longueur d'onde d'absorption des noyaux aromatiques (Chin et al., 1994). Ce spectre d'absorption UV-Vis du montre qu'une absorption remarquable dans le domaine UV-Vis ce qui indique ainsi que le lixiviat étudié contient une quantité élevée de matière organique.

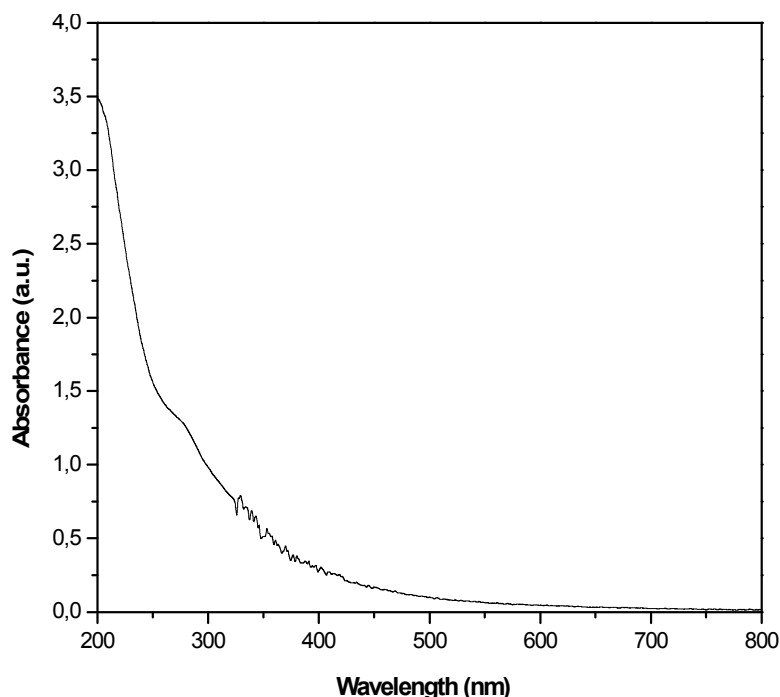


Figure 20 : Spectre UV-Vis du lixiviat du CET de la wilaya de Batna.

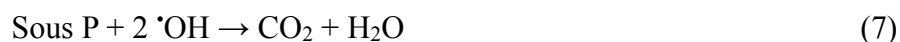
#### 4. Étude de la dégradation du lixiviat par les différents systèmes

##### 4.1. Traitement par le système H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>/UV

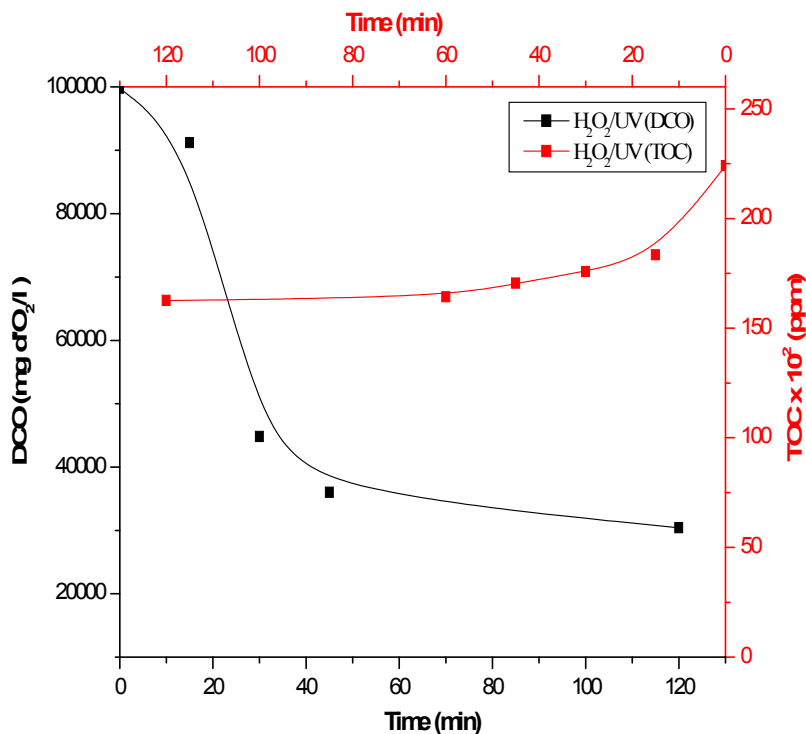
D'après la figure 02 qui décrit la variation de concentration de la Demande Chimique en Oxygène (DCO) et du Total Organique Carbone (TOC) du lixiviat en fonction du temps lors de sa photooxydation par le système H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>/UV ([H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>]<sub>0</sub> = 0,3 M et sous irradiation solaire). On observe que la valeur initiale de la DCO avant traitement chimique est de 99792,44 mg d'O<sub>2</sub>/l et pour le TOC elle est de 224.10<sup>2</sup> ppm. Ceci dénote que notre échantillon est très riche en matière organique oxydable. Après 15 min de traitement la DCO diminue jusqu'à la valeur 91183,24 mg d'O<sub>2</sub>/l et va encore décroître au cours de traitement jusqu'à atteindre une valeur de 30411,08 après 120 min de traitement, cette valeur est toujours au-dessus de celle de la norme qui est de 120 mg/l dans l'environnement naturel. Pour le TOC à (t<sub>0</sub>) la valeur du TOC était de 224.10<sup>2</sup> ppm et après 120 min du traitement le taux de réduction du TOC a diminué progressivement jusqu'à atteindre 162.61.10<sup>2</sup> ppm (27.4% de minéralisation). L'efficacité de ce procédé, réside essentiellement, dans la contribution des radicaux <sup>•</sup>OH (oxydant puissant et non sélectif), produit in situ par la photolyse

## Résultats et discussions

de H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> sous irradiation (≤ 300 nm). Les étapes du processus radicalaire de la photodégradation du lixiviat par les radicaux <sup>•</sup>OH sont les suivantes :



La réaction (1) représente l'initiation, les réactions (2) et (3) la propagation et enfin les réactions (4) et (5) la terminaison. Nous constatons, également, que les réactions (6) et (7) sont les réactions ultimes caractérisant l'oxydation du substrat et des sous-produits par les radicaux <sup>•</sup>OH. Le terme final de tout ce processus, devrait être la minéralisation, qui sera caractérisée par la formation de CO<sub>2</sub> et H<sub>2</sub>O, malheureusement c'été pas le cas de notre étude ce qui nécessite l'intervention d'autre procédés pour pouvoir arrivé à la minéralisation total.

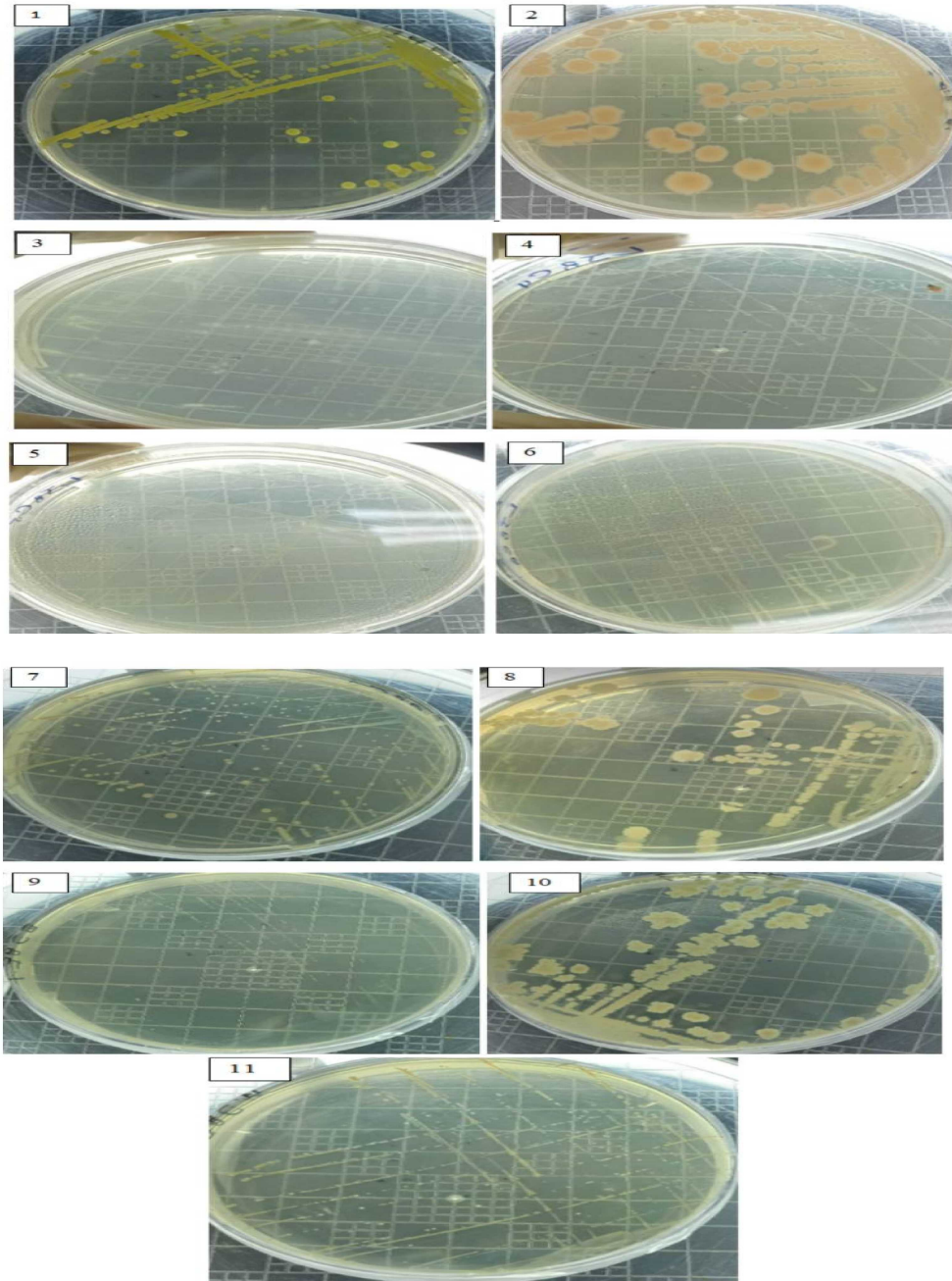


**Figure 21** : Processus de dégradation du lixiviat par le system  $H_2O_2/UV$  (suivi de la DCO et du TOC). ( $[H_2O_2]_0 = 0,3$  M et sous irradiation solaire ;  $pH=8,6$ ).

#### 4.2. Traitement hybride I (POA + biodégradation par bactéries)

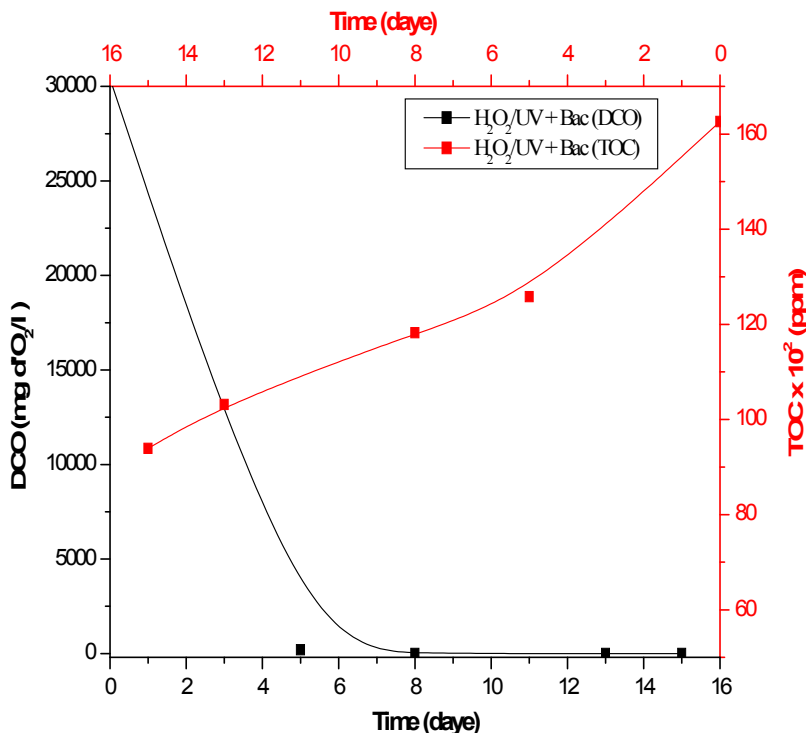
A l'issue du traitement par le procédé d'oxydation avancé ( $H_2O_2/UV$ ), le surnageant est, alors, prélevé, afin d'être soumis à un traitement biologique par bactéries isolé à partir du lixiviat du CET de Batna dans le but d'améliorer l'efficacité du traitement. Onze souches bactériennes ont été distinguées et le dénombrement des bactéries du lixiviat brut a montré une valeur de  $14,82 \cdot 10^5$  UFC/mL. Les résultats du repiquage de ces isolats bactériens avant traitement biologique sont représentés dans la figure 03.

## Résultats et discussions



**Figure 22** : Photos du repiquage des onze souches bactériennes isolé à partir du lixiviat du CET de Batna.

La figure 04 représente l'évolution de l'abattement de la DCO et du TOC en fonction du temps de traitement biologique appliqué (biodégradation par bactéries isolées à partir du lixiviat du CET de Batna après traitement par le système (H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>/UV).



**Figure 23 :** Processus de dégradation du lixiviat par le system hybride I (POA + biodégradation par bactéries) (suivi de la DCO et du TOC). ([H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>]<sub>0</sub> = 0,3 M et sous irradiation solaire ; pH=8,6).

Notons que l'application du traitement combiné (POA + Biodegradation) permet d'atteindre une meilleure efficacité qu'avec le traitement par le POA seul (système H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>/UV). Les valeurs initiales de la DCO et du TOC de lixiviat avant de procéder au traitement biologique été de 30411,08 mg d'O<sub>2</sub>/l et de 162,61.10<sup>2</sup> ppm respectivement et passe à 0,41 mg d'O<sub>2</sub>/l et 93,9.10<sup>2</sup> ppm respectivement après traitement par les bactéries avec des taux d'abattements de 99,99 % pour la DCO et de 42,25 % pour le TOC au bout de 15 jours de traitement biologique avec une couleur claire du lixiviat traité. Ceci s'explique par l'intervention des bactéries, ces microorganismes présentent la capacité à utiliser la matière organique comme source de nutriment et d'énergie pour leur croissance et leur métabolisme, au fur et à mesure que les micro-organismes consomment la matière organique, la concentration en DCO et en TOC diminue dans le milieu de traitement.



#### 4.3. Traitement hybride II (POA + biodégradation par bactéries + Micro Algues)

Les Micros algues utilisées dans ce système ont été isolé à partir d'un autre CET (CET de la wilaya de Mila) est cela vus l'absence des miros algues dans les bassins de lixiviat du CET de la wilaya de Batna. Les figures 05 et 06 représentent l'isolement des micros algues sur le milieu de culture BBM et leurs aspects microscopiques.

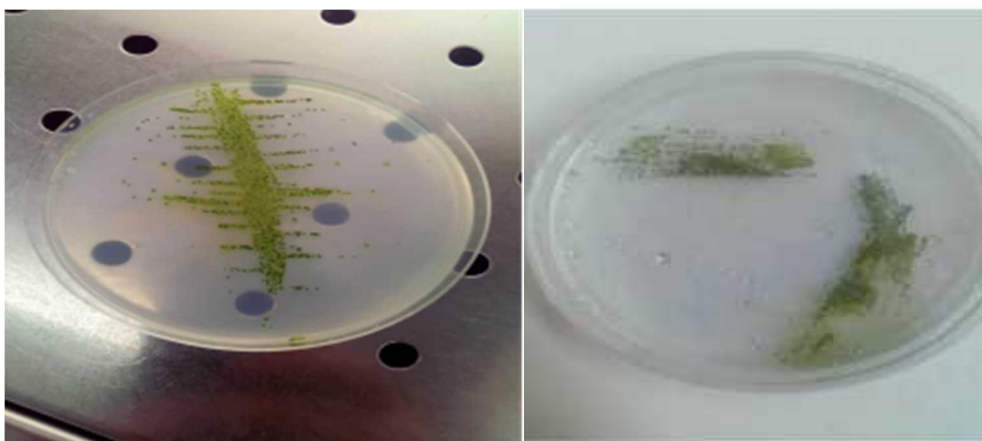


Figure 24 : Isolement des micros algues sur le milieu BBM.

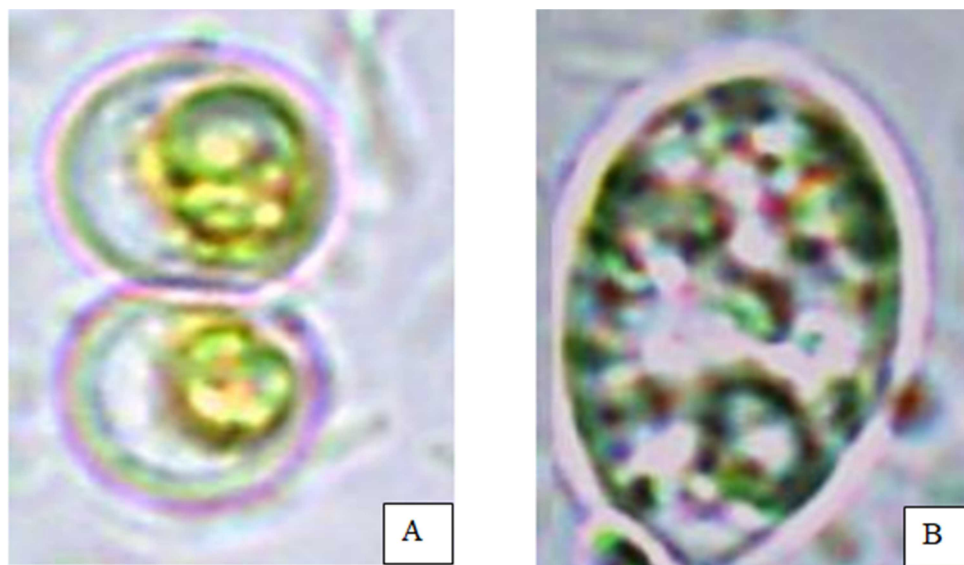
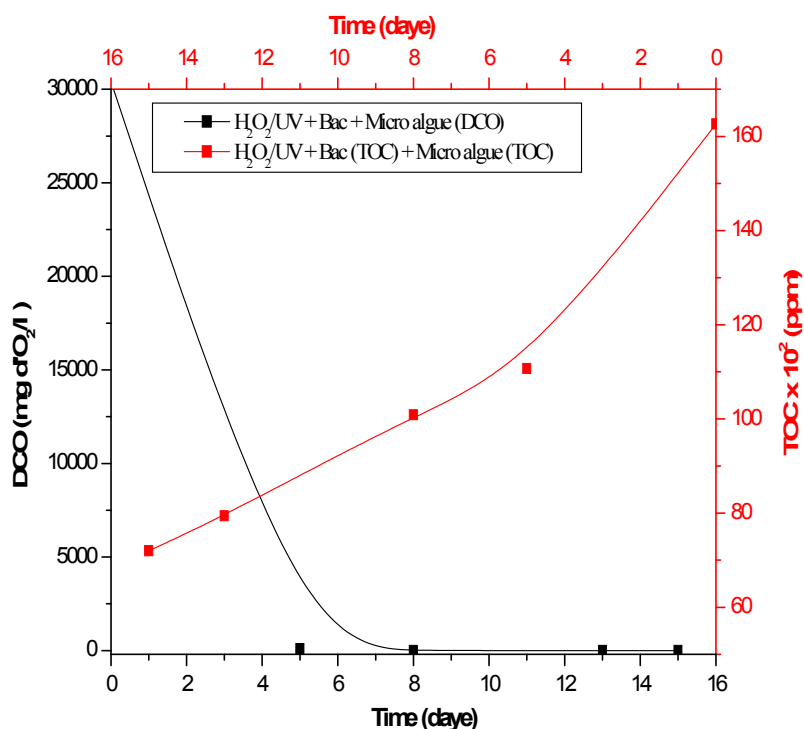


Figure 25 : Aspect microscopique des deux espèces de micro-algues (x700).

Pour les résultats relatifs à l'étude de ce système ils sont portés sur la figure 07.



**Figure 26 :** Processus de dégradation du lixiviat par le system hybride II (POA + biodégradation par bactéries + Micro algue) (suivi de la DCO et du TOC). ( $[H_2O_2]_0 = 0,3$  M et sous irradiation solaire ; pH=8,6).

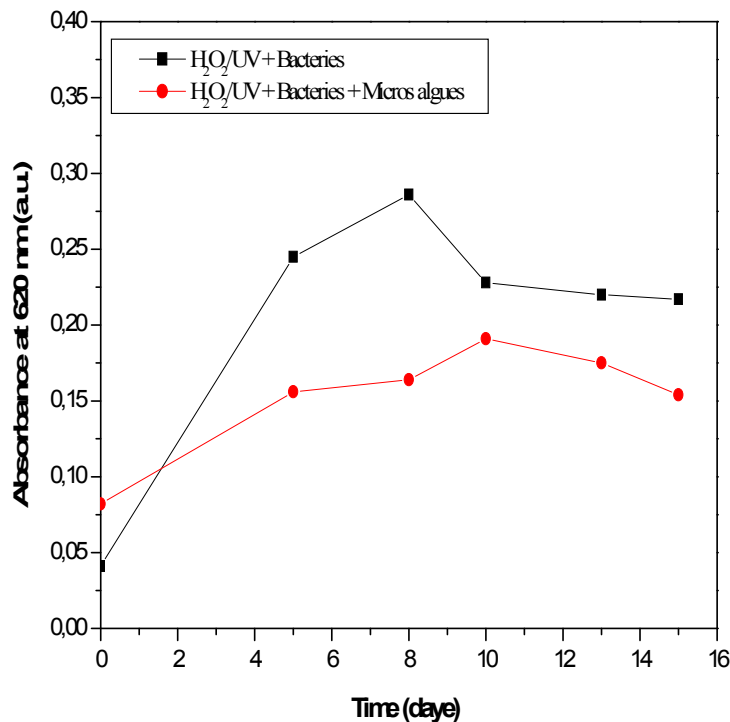
Ces résultats ont permis de constater qu'une efficacité maximale d'élimination de la DCO avec 99,99 % et du TOC avec 55,72 % avec une augmentation de l'efficacité de traitement de 13,47 % par rapport au traitement hybride I. Cette augmentation dans le taux de minéralisation peut être expliquée par la symbiose entre les bactéries et les micro algues. Ces derniers fournissent l'oxygène aux bactéries pendant la photosynthèse et en retour, les bactéries dégradent la matière organique complexe en des formes facilement assimilables par les micro algues ce qui améliore la croissance des micro algues.

#### 4.4. Evolution de la biomasse

Dans notre étude la méthode utilisée pour la mesure de la croissance des microorganismes est la mesure de la biomasse par turbidimétrie qui consiste à mesurer la biomasse bactérienne. C'est-à-dire la masse cellulaire sèche totale. L'augmentation de la biomasse bactérienne accompagnant la croissance d'une population de microorganismes entraîne l'opacification du milieu de culture, les techniques turbidimétriques permettent de

suivre l'évolution de la biomasse bactérienne par la mesure de la densité optique (DO) à 620 nm.

Les résultats de l'évolution de biomasse sont présentés sur la figure 08.



**Figure 27 :** Cinétique de la croissance bactérienne dans les deux systèmes Hybride I et Hybride II.

Les profils des courbes de croissance sont très semblables dans les deux systèmes de traitements (hybride I et hybride II). On peut distinguer l'absence de la phase de latence et le passage direct à une phase exponentielle où la croissance est maximale et constante jusqu'au huitième jour pour le système hybride I et dixième jour pour le système hybride II. Dans cette phase le nombre de cellules en culture et leur masse augmentent proportionnellement au temps, selon une progression géométrique ; c'est-à-dire exponentiellement. D'où l'allure logarithmique du phénomène. Cette croissance peut être expliquée par le fait qu'une partie importante de la matière organique n'était pas encore complètement minéralisée par le traitement primaire (système H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>/UV) laissant ainsi un effet synergique de symbiose entre les bactéries et les micros algues pour continuer à dégrader la matière organique. Après le huitième jour pour le système hybride I et le dixième jour pour le système hybride II une diminution progressive est observée ce phénomène est expliqué par la diminution de la charge microbienne du fait que le

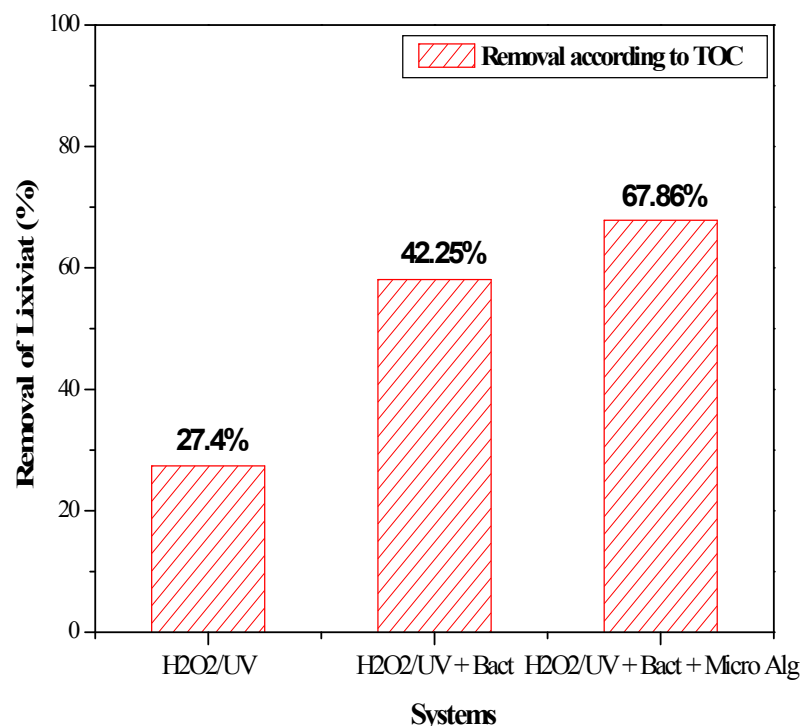
lixiviat se dégrade en cours du temps et devient de plus en plus pauvre en matière organique. Au dixième jour, la phase de déclin s'installe, marquant la fin de la dégradation de la matière organique. Cette phase peut être attribuée à des conditions environnementales moins propices à la survie et à la croissance des bactéries.

Ces différentes phases peuvent être influencées par des facteurs tels que la disponibilité en oxygène, la compétition entre les micro-organismes et l'épuisement des nutriments, ainsi que les conditions du milieu.

Les résultats obtenus confirment la dégradation de la matière organique par les bactéries ce qui assure l'efficacité des deux systèmes hybrides. On note aussi que l'ajout des micro-algues assure la source d'oxygène pour les bactéries ce qui améliore la biodégradation.

### 4.5. Comparaison des différents systèmes de traitement

Pour comparer l'efficacité des trois systèmes, la mesure du rendement d'abattement du Carbone Organique Total (TOC) pour chaque système est présentée sous forme d'histogramme (figure 09).



**Figure 28 :** Comparaison de la minéralisation du lixiviat par différents systèmes.

Pour le système (H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>/UV) le taux d'abattement est de l'ordre de 27,4 % au bout de 2 heures de traitement. Concernant les deux systèmes de biodégradation hybride I (H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>/UV +

Bactéries) et hybride II (H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>/UV + Bactéries + Micros algues) les taux d'éliminations obtenus sont de 42,25 % et 67,86 % respectivement et cela après le premier traitement physicochimique et 15 jours de traitement biologique.

A partir de l'ensemble des résultats on peut déduire que le système hybride II (H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>/UV + Bactéries + Micros algues) constitue une bonne alternative pour un traitement primaire des lixiviats.

#### 4.6. Indice de couleur de la dégradation du lixiviat (Color Numbeur (CN))

Dans le contexte du traitement des lixiviats de décharges, l'évolution du "Color Number" (CN) fait référence aux changements de couleur observés au fur et à mesure que le lixiviat est traité. "The Color Number" est une mesure utilisée pour évaluer la quantité de substances colorées présentes dans un échantillon de lixiviat.

Le traitement des lixiviats vise à éliminer ou réduire les différents contaminants organiques afin de rendre l'eau propre à être rejetée dans l'environnement ou réutilisée. Au fur et à mesure que le traitement progresse, "The Color Number" du lixiviat peut diminuer, ce qui indique une réduction de la concentration des substances colorées.

Le suivi de l'évolution du "Color Number" dans le traitement des lixiviats est important pour évaluer l'efficacité du processus de traitement et s'assurer que les objectifs de qualité de l'eau sont atteints. Cela peut également fournir des indications sur la nature et la concentration des composés organiques présents dans le lixiviat, ce qui peut être utile pour ajuster les méthodes de traitement en conséquence.

Le calcul de cet indice se fait par repose sur la mesure du coefficient d'absorption spectrale dans la plage visible à trois longueurs d'onde différentes, comme indiqué par l'équation ci-dessous comme (El Mrabet et al, 2020) :

$$CN = \frac{(Abs_{436})^2 + (Abs_{524})^2 + (Abs_{600})^2}{Abs_{436} + Abs_{524} + Abs_{600}}$$

Dans laquelle : Abs 436, Abs 524, Abs 600 sont les mesures d'absorbance correspondant aux longueurs d'onde 436, 524 et 600 nm dans les différents spectres d'absorption UV-Vis respectivement pour les trois systèmes de traitement (Annexe I).

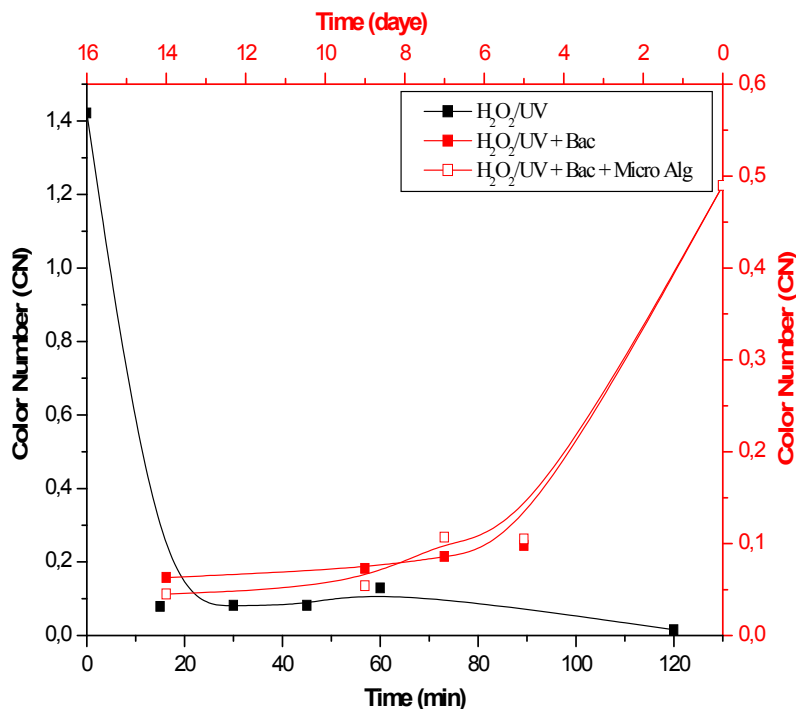


Figure 29 : Suivi du "Color Number" pour les différents systèmes.

D'après les résultats obtenus (figure 10) on note que l'indice de couleur (CN) du lixiviat montre une diminution rapide et significative pour les trois systèmes. La variation du (CN) pour les trois systèmes est comme suit :

- Traitement chimique (H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>/UV) : de 1,42 à 0,0156 à la fin du traitement.
- Traitement hybride : de 0.489 à 0,063 à la fin du traitement.
- Traitement hybride : de 0.489 à 0,045 à la fin du traitement.

La diminution du (CN) indique la perte de la couleur progressivement au cours du temps, ce qui signifie que la matière organique en question est dégradée.

#### 4.7. Etat d'oxydation moyen (Average Oxidation State (AOS))

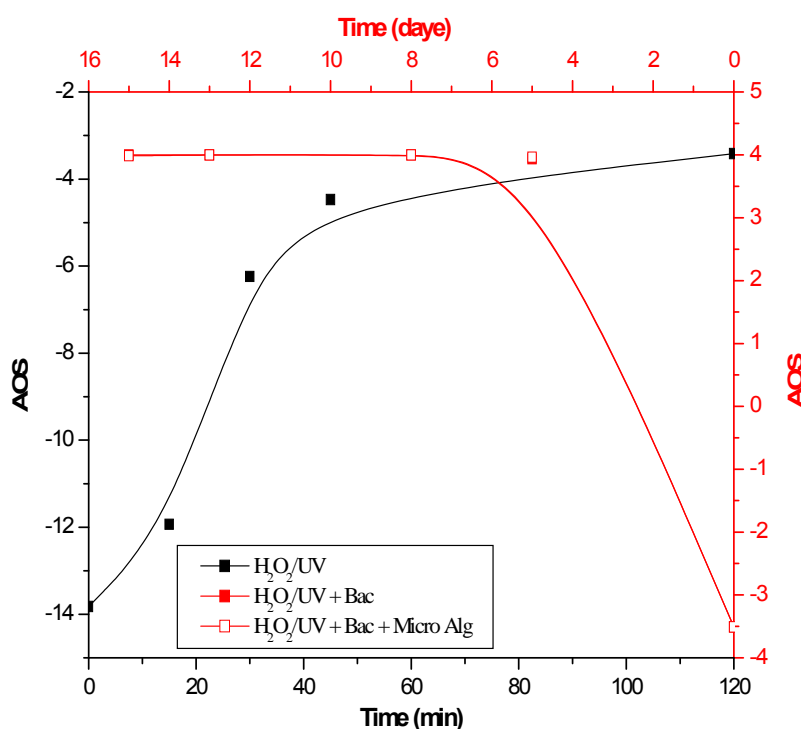
L'AOS (Average Oxidation State), est un paramètre important et très utile pour estimer le degré d'oxydation des solutions traitées et fournit des informations indirectes sur leur probabilité de biodégradation. Dans le traitement des lixiviats l'AOS fait référence à la valeur moyenne de l'état d'oxydation des composés présents dans ce dernier.

En mesurant l'AOS avant et après le traitement du lixiviat, il est possible de quantifier les changements d'état d'oxydation des composés et d'évaluer l'efficacité des processus d'oxydation appliqués. Cela peut aider à optimiser les méthodes de traitement et à déterminer si les objectifs de dégradation et de réduction de la toxicité sont atteints.

En résumé, l'AOS dans le traitement des lixiviats est un paramètre qui fournit une estimation du degré d'oxydation des composés dans le lixiviat traité, ce qui peut indiquer leur probabilité de biodégradation et aider à évaluer l'efficacité des processus d'oxydation utilisés. Il est calculé l'équation ci-dessous comme (Chemlal et al, 2014) :

$$AOS = \frac{4(TOC - DCO)}{TOC}$$

Où le TOC et la DCO désignent le carbone organique total et la demande chimique en oxygène du lixiviat après traitement, respectivement.



**Figure 30 :** Évolution de l'état moyen d'oxydation (AOS) pour les différents systèmes.

La figure 11 montre l'évolution de l'état moyen d'oxydation (AOS) pour les trois différents systèmes de traitement. Pour le premier système (H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>/UV) la valeur de l'AOS passe de -13,83 à -3,4 et pour les deux systèmes hybrides I et II il passe de -3,5 à 3,9.

## Résultats et discussions

L'augmentation de l'AOS suggère que des intermédiaires organiques plus oxydés sont formés pendant le traitement, et une fois que l'AOS atteint un plateau, la chimie des intermédiaires générés ne varie pas significativement.



# Conclusion

En Algérie, la gestion des déchets est confrontée à de nombreuses difficultés sur les plans technique, économique, méthodologique et organisationnel. Parmi ces problèmes, il y a le danger des lixiviats, qui sont des eaux usées chargées de polluants organiques, minéraux et métalliques provenant des déchets urbains. Il est impératif de traiter ces lixiviats avant de les rejeter éventuellement dans l'environnement afin de prévenir la contamination des eaux souterraines, de l'atmosphère et des sols. Différentes méthodes de traitement sont disponibles, mais il n'existe pas de procédé universel en raison de la variabilité de ces effluents en fonction des déchets collectés et de l'évolution de la décharge.

Cette étude s'est concentrée sur l'analyse des caractéristiques physico-chimiques des lixiviats du Centre d'Enfouissement Technique (CET) de la wilaya de Batna, ainsi que sur l'évaluation de l'efficacité de trois systèmes de traitement : le système I est un procédé d'oxydation avancée ( $H_2O_2/UV$ ), le deuxième système est un système hybride, le système hybride I qui combine le traitement par  $H_2O_2/UV$  + Bactéries et le dernier système, le système Hybride II qui combine aussi le traitement par  $H_2O_2/UV$  + Bactéries + micros algues. Les résultats obtenus ont conduit aux conclusions suivantes :

- ✓ Le traitement chimique des lixiviats par le procédé d'oxydation avancée ( $H_2O_2/UV$ ) a démontré que la dégradation de la matière organique complexe est possible par ce système, au contraire aux traitements biologiques qui n'arrivent pas à dégrader efficacement ce type complexe de polluant. Les rendements d'abattement de la Demande Chimique en Oxygène (DCO) obtenus après l'utilisation du système ( $H_2O_2 / UV$ ) sont très encourageants avec 70 % pour la DCO et 27,4 % pour le TOC.
- ✓ Le traitement biologique à travers le système hybride I a montré des rendements satisfaisants, que ce soit pour la DCO (99.99 %) ou pour le Carbone Organique Total (TOC) (58,1%).
- ✓ L'ajout de micro-algues dans le système hybride II a amélioré les résultats de manière significative, avec des rendements très satisfaisants pour la DCO (99.99 %) et le TOC (67,86%).

L'utilisation des POA en tant qu'étape de pré-oxydation dans le traitement biologique des lixiviats des CET peut permettre une dégradation plus complète des contaminants, contribuant ainsi à réduire l'impact environnemental de ces décharges. Et l'utilisation des Procédés d'Oxydation Avancés (POA) combinées avec les traitements biologiques en présence des micros algues des dans le traitement des lixiviats peuvent permettre une dégradation plus

## CONCLUSION

complète des contaminants, contribuant ainsi à réduire l'impact environnemental de ces décharges.

À la fin de ce travail, on propose la recommandation suivante :

- Les résultats de TOC finales après traitement biologique par le système hybride II ( $H_2O_2$  /UV/Bactéries/micros algues) nous ramènent à proposer ce type de procédé comme un prétraitement dans une station de traitement de lixiviat.

# Références

### Références bibliographiques

ADEME. (1999). La composition des ordures ménagères en France. ADEME édition, Paris, 60p.

Baderna, D., Caloni, F., & Benfenati, E. (2019). Investigating landfill leachate toxicity in vitro: A review of cell models and endpoints. *Environment International*, 122, 21–30. <https://doi.org/10.1016/j.envint.2018.11.024>.

Barbeni, M., Minero, C. et Pelizzetti, E. (1987) Chemical degradation of chlorophenols with Fenton's reagent. *Chemosphere*, 16 (10-12), 2225 - 2237p.

Barka N. (2008). L'élimination des colorants de synthèse par adsorption sur un phosphate naturel et par dégradation photocatalytique sur TiO<sub>2</sub> supporté, Université Ibn Zohr Faculté des Sciences d'Agadir, Maroc.

Berkani, G. (2016). Essais de traitabilité des lixiviats issus du centre d'enfouissement Techniques de Hamici. Mémoire Magister : Génie de l'Environnement. Alger : Université des Sciences et de la Technologie Houari Boumediene, 97p.

Berkani, G. (2016, mai 10). Essais de traitabilité des lixiviats issus, 13-16. Génie de l'Environnement, Algérie.

Billard, H. (2010). centre de stockage de déchets « exploitation ». *Technique de l'ingénieur*, G2-102, 1-22.

Binyen. (2012, Septembre 22). Flickr. Récupéré sur <https://www.flickr.com>.

Bouchareb, A. (2019). Étude théorique et expérimentale de dessalement par osmose inverse de l'eau saumâtre. Thèse de doctorat : Chimie des matériaux et de l'environnement. Bouira : Université de Bouira, 138p.

Boudgnene Stambouli, A. (2018). Municipal solid waste management in Algeria: current practices and challenges. *Waste Management & Research*, 1031-1040p.

Bourcheche, Z. (2018). Étude et traitement des lixiviats issus des déchets ménagers. Thèse de doctorat : Génie des procédés. Mostaganem : Université Abdelhamid Ibn Badis de Mostaganem, 127p.

Brillas E., Sires I., Oturan M.A., Electro-Fenton Process and Related Electrochemical Technologies Based on Fenton's Reaction Chemistry, *Chem. Rev.* 109 (2009) 6570–6631p.

Buxton, G., Greenstock, C. et Ross, A. (1988) *J PhysChem Ref Data*, (17) 513 – 886p.

Combe, M. (2012, janvier 20). L'enfouissement des déchets est-il une solution durable ? (M. Combe , Producteur) Récupéré sur Natura sciences: <https://www.natura-sciences.com>.

Dearnaley, G. ET J. H. Arps (2005) *Surf Coat Tech* 200 (7), 2518 – 2524p.

Ehrig H.J. (1984). Treatment of sanitary landfill leachate: Biological treatment, *Waste. Manage. Res.* 2, 131-152p.

Flotron, V. (2004). La réaction de Fenton comme procédé de réhabilitation des hydrocarbures aromatiques polycycliques dans les eaux et les boues résiduaires. Thèse doctorat, Institut national agronomique Paris-Grignon.

Fuchs, C., et Drewes, J. E. (2016). technology and design aspects of modern landfills. *Waste Management & Research*, 49, 292-303p.

GLANDIER S, 2002 - Risques sanitaires liés aux fuites de lixiviats des centres de stockage des déchets ménagères et assimilés, Mémoire de fin d'études, l'École Nationale de la Santé Publique, 92p.

Henze M., Harremoës P., la Cour Jansen J., Arvin E. (2002) *Wastewater Treatment: Biological and Chemical Processes*, volume 03. Springer- Verlag: Berlin, Germany.

Hoigné, J. et Bader, H. (1983). Rate constants of reactions of ozone with organic and inorganic compounds in water-I. Non-dissociating organic compounds. *Wat. Res*, 17, 173-183p.

Journal officiel de la République Algérienne n° 26,24. (2006). Valeurs limites des paramètres de rejets d'effluents liquides industriels.

Kjeldsen, P. (2002). Present and long-term composition of MSW landfill leachate. *Crit. Rev. Environ. Sci. Technol*, 32(4) : 297-336p.

- Kjeldsen, P. (2019). Waste management and end-of-waste: An overview of waste generation and management in Europe, end-of-waste criteria and future perspectives. *Waste Management*, 87, 231-247p.
- Khattabi, H. (2002). Intérêts de l'étude des paramètres hydrogéologiques et hydrobiologiques pour d'ordures ménagères d'Etueffont, Belfort. Thèse de Doctorat. Institut des Sciences de l'Environnement, France.
- Laceb, N., Meziani, H. (2013). caractérisation des lixiviats de la décharge d'OuledFayet et leurs traitements par adsorption sur Hydroxyapatite. Mémoire master. Université Mouloud Mammeri-Tizi-Ouzou, 59p.
- Legrini, O., Oliveros, E. et Braun, A. (1993) Photochemical processes for water treatment. *Chem. Rev*, 93, 671 – 698p.
- Land, E.J., Ebert M. (1967) Pulse radiolysis of aqueous phenol, *Trans. Faraday Soc.* 63 p: 1181-1190p.
- Lebeau, T., Pantet, A. (2010). Gestion des déchets: Guide pratique des choix méthodologiques. Presses polytechniques et universitaires romandes.
- Ledakowicz, S. et K. Kaczorek (2004) The effect of advanced oxidation processes on leachate biodegradation in recycling lysimeters. *Waste Manag Res* 22 : 149 – 157p.
- Li, W., Hua T., Zhou Q., Zhang S., Li F. (2010). Treatment of stabilized landfill leachate by the combined process of coagulation/flocculation and powder activated carbon adsorption, *Desalination*. 264, 56-62p.
- Lindsey, M. E., Tarr M. A. (2000). Quantitation of hydroxyl radical during Fenton oxidation following a single addition of iron and peroxide, *Chemosphere*. 41, 409-417p.
- Meddour, M. R. (2010). Centre d'enfouissement technique CET des déchets urbains. Université Saad Dahleb , Blida, Génie de procédés, Algérie.
- Ozturk I, Altinbas M., Koyuncu I., Arikan O., Gomec-Yangin C. (2003). Advanced physicochemical treatment experiences on young municipal landfill leachates, *Waste. Manage.* 23, 441-446p.

Pépin, M. (2006, septembre 22). Expertises des centres d'enfouissement techniques de déchets urbains dans les PED : Contribution à l'élaboration d'un guide méthodologique a sa validation expérimentale sur sites. N°46, 192. Limoges, France.

Pidhatika, B., Rodenstein, M., Chen, Y., Rakhmatullina, E. et Konradi, R. (2012) *Biointerphases* 7 (1 - 4), 1-15p.

Pignatello, J. (1992). Dark and photoassisted iron (3+)-catalyzed degradation of chlorophenoxy herbicides by hydrogen peroxide, *Environ. Sci. Technol.* 26 (1992) 944–951p.

Sahraoui, H. et Yaziz A. (2016). Evaluation des performances du système "Filtres Imbriqués" appliqué au traitement des lixiviats. Mémoire de Master, Sciences et Techniques Eau & Environnement. Université de Marrakech, Maroc, 50p.

Sauleda, R., Brillas E., Mineralization of aniline and 4-chlorophenol in acidic solution by ozonation catalyzed with Fe<sup>2+</sup> and UVA light, *Appl. Catal, B: Environ.* 29 (2001) 135-145p.

Souid, S. (2017). Contribution à l'étude de fonctionnement du Centre d'Enfouissement Technique de Metlili. 74. Ghardaia, Algérie .

Sung Sung, M., Chang D., Lee H.Y. (1997). Performance improvement of an unstable anaerobic leachate treatment system in an industrial waste landfill, *Water. Sci. Technol.* 36,333-340p.

SYTEC. (2017). Récupéré sur Syndicat des territoires de l'est cantal: <https://www.sytec15.fr>.

Trabelsi, S. (2011). Etudes de traitement des lixiviats des déchets urbains par les procédés d'oxydation avancée photochimiques et électrochimiques : Application aux lixiviats de la décharge tunisienne « Jebel Chakir ». Thèse de doctorat. Université Paris-Est. 190p.

Wang F., Smith D.W., Gamal El-Din M. (2006). Aged raw landfill leachate: Membrane fractionation, O<sub>3</sub> only and O<sub>3</sub>/H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> oxidation, and molecular size distribution analysis, *Water Res.* 40. 463-474p.

Watts, R., Udell, M., Rauch, A. et Leung, S. (1990). Treatment of pentachlorophenol contaminated soils using Fenton's reagent. *Hazard.Waste Hazard.Matter.* 7, 335 – 345p.



Zedam A. et Laraba Z. (2020). Etude comparative des caractéristiques de lixiviat : source de pollution et de contamination, dans quatre décharges. Mémoire de master, Chimie. M'sila, Université Mohamed Boudiaf, M'sila. 48p.

Zapata A., Oller I., Rizzo L., Hilgert S., Maldonado M.I., Sánchez-Pérez J.A., Malato S. (2010). Evaluation of operating parameters involved in solar photo-Fenton treatment of wastewater: Interdependence of initial pollutant concentration, temperature and iron concentration, Appl. Catal. B: Environ. 97 (2010) 292-298p.

Zepp R.G., Faust B.C., Hoigne J., Hydroxyl radical formation in aqueous reactions (pH 3-8) of iron (II) with hydrogen peroxide: the photo-Fenton reaction, Environ. Sci technol., 26 (1992) 313–319p.

Zouboulis A., Jun W., Katsoyiannis A. (2003). Removal of humic acids by flotation, Colloids Surfaces: Physicochemical and Engineering Aspects. 231, 181-193p.

# Annexes

## Annexes

### 1. L'isolement et la purification des microorganismes dans le lixiviat

La réalisation de sept dilutions décimales à partir d'une suspension mère qui est le lixiviat brut a permis la diminution de la charge microbienne. Après l'ensemencement voici les résultats obtenus :

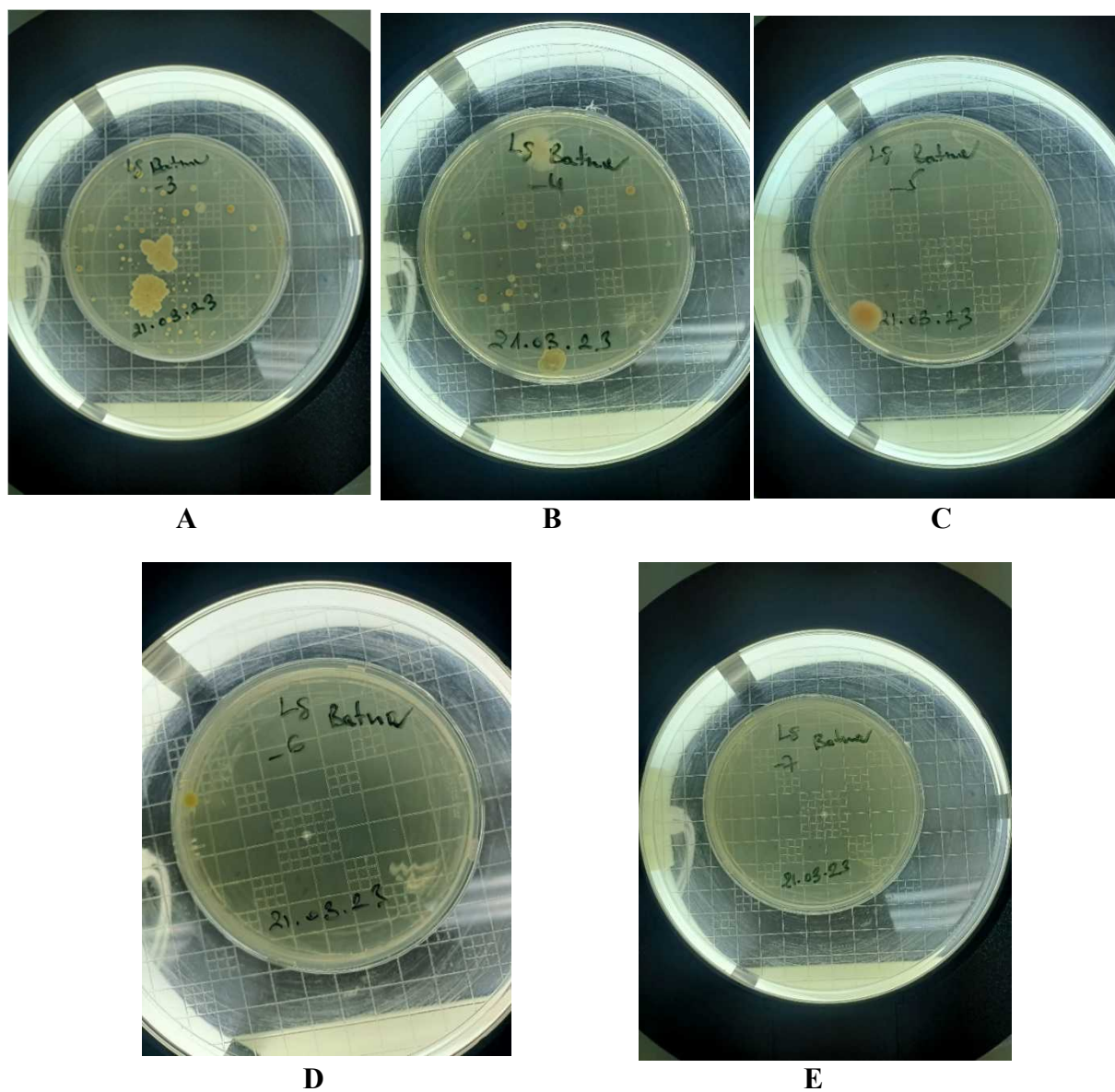


Figure 01 : Les boîtes de pétri des dilutions decimal

## 2. L'intensité de la lumière au cours du traitement chimique et biologique par le procédé H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>/UV

A l'aide d'un radiomètre, des mesures d'intensité lumineuse ont été effectuées régulièrement toutes les 30 minutes pendant la réaction de traitement, les résultats obtenus sont illustrés dans le tableau suivant :

**Tableau 01** : Résultats de l'intensité mesurée avant calibrage à différentes longueurs d'ondes.

	Longueur d'onde		
	254 nm	310 nm	365 nm
Temps	Intensité mesurée	Intensité mesurée	intensité mesurée
t=0 min	0,13	1,05	1,7
t=30 min	0,14	01	1,67
t=60 min	0,14	1,1	1,92
t=90min	0,15	1,09	1,98
t= 120min	0,13	0,97	1,8

Les mesures de l'intensité ont été calibrées (calibrage = 20 mW/cm<sup>2</sup>), Les données obtenues sont présentées dans le tableau ci-dessous :

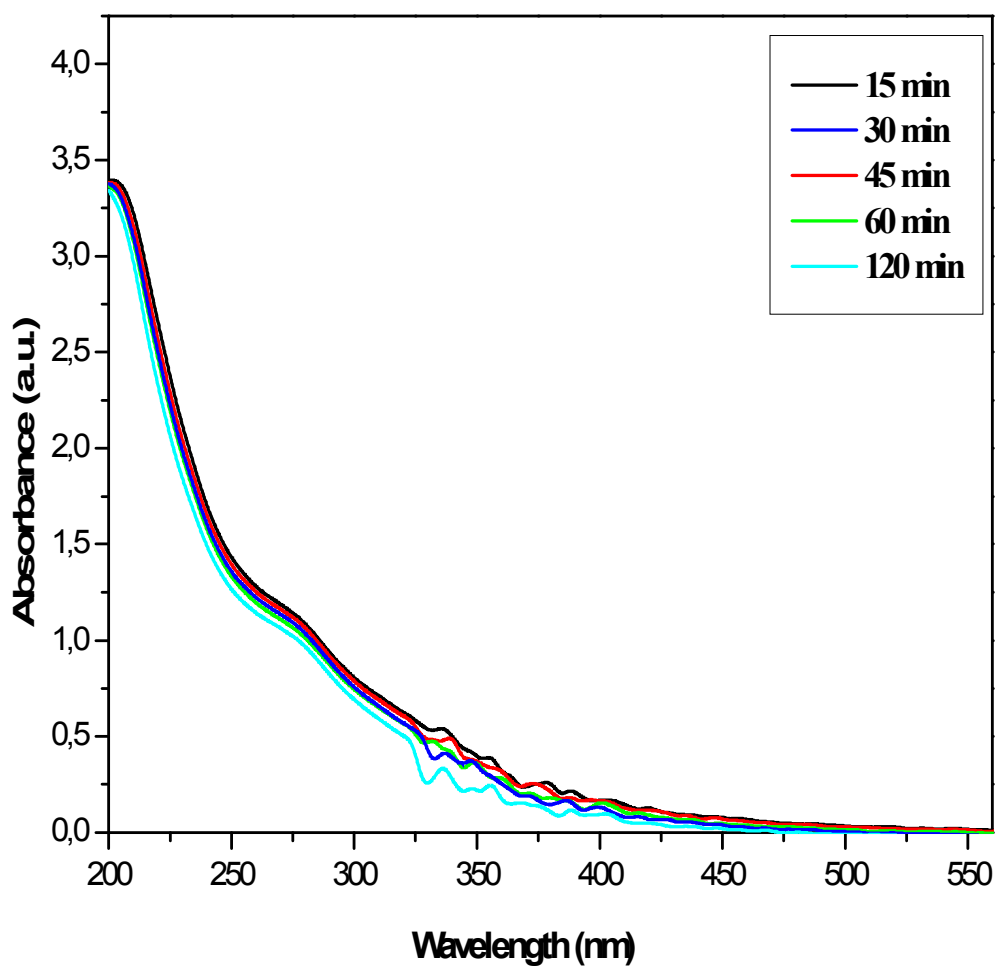
**Tableau 02** : Résultats de l'intensité mesurée après calibrage à différentes longueurs d'ondes.

	Longueur d'onde		
	254 nm	310 nm	365 nm
Temps	Intensité calibrée (mW/cm <sup>2</sup> )	Intensité calibrée (mW/cm <sup>2</sup> )	intensité calibrée (mW/cm <sup>2</sup> )
t=0 min	2,6	21	34

t=30 min	2,8	20	33,4
t=60 min	2,8	22	38,4
t=90min	3	21,8	39,6
t= 120min	2,6	19,4	36

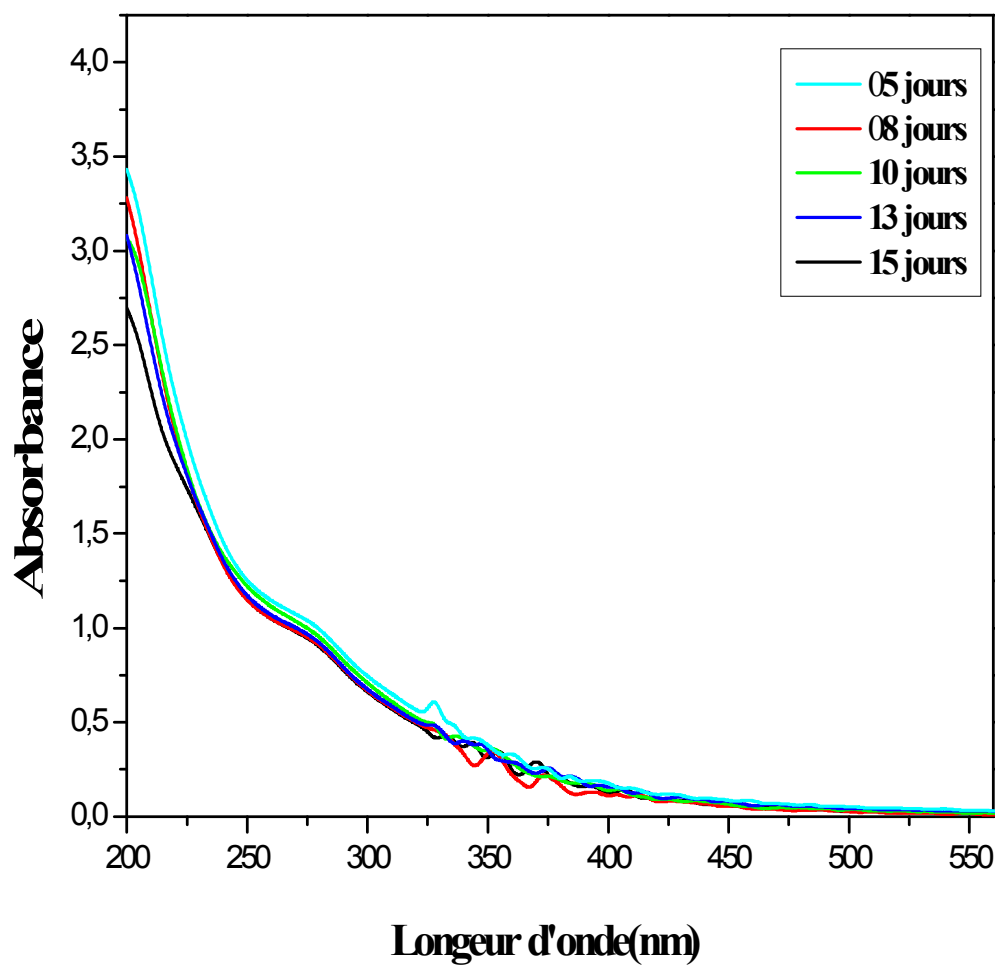
### 3. La densité optique (DO) après traitement pour les différents systèmes

#### 3.1. Suivre de la DO après Traitement par le système H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>/UV



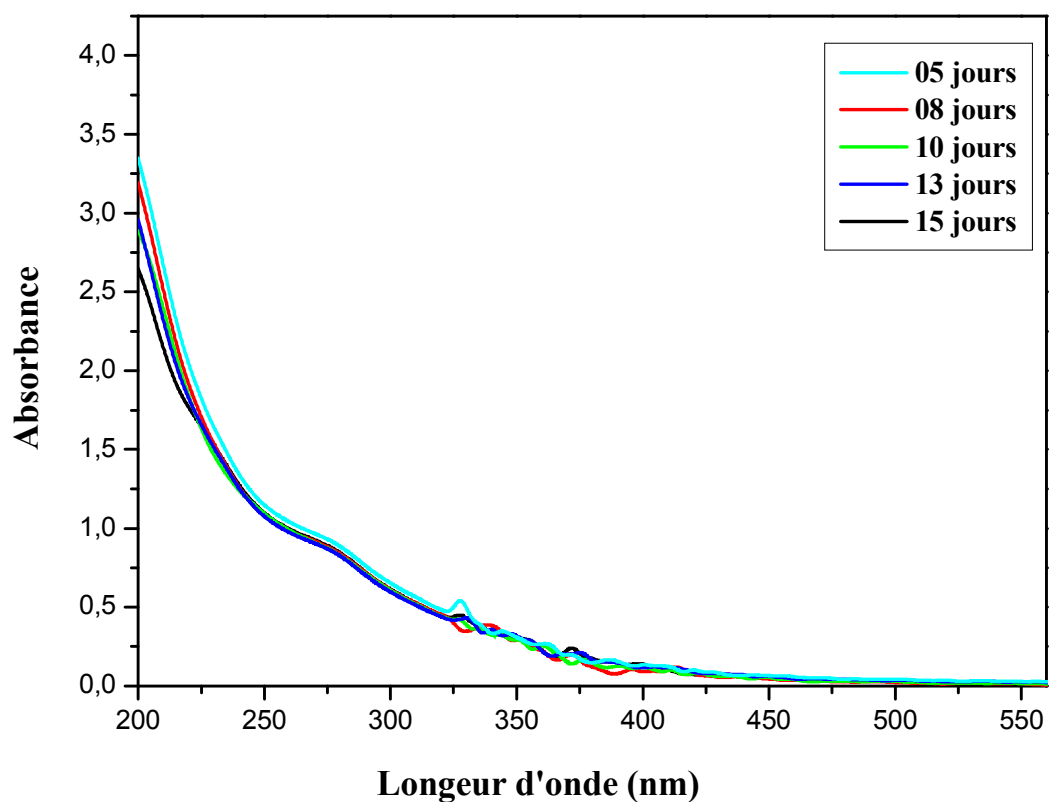
**Figure 02** : Evolution spectrale de la dégradation du lixiviat par le procédé chimique H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>/UV

### 3.2. Suivre de la DO après traitement hybride I (POA + biodégradation par bactéries)



**Figure 03 :** Evolution spectrale de la Biodégradation du Lixiviat par traitement hybride I (POA + biodégradation par bactéries)

### 3.3. Suivre de la DO après traitement hybride I (POA + biodégradation par bactéries)



**Figure 04 :** Evolution spectrale de la biodégradation du lixiviat après traitement hybride II (POA + biodégradation par bactéries + Micro Algues)

#### 4. la loi du rendement

La loi utilisée pour mesurer le rendement TOC pour les 03 systèmes est :

$$R = \frac{TOC_i - TOC_f}{TOC_i} \times 100$$

TOC<sub>i</sub> : La valeur du TOC initial (T = 0min)

TOC<sub>f</sub> : La valeur du TOC final (T = 120 min pour la réaction sous UV plus 15jours pour le traitement biologique)

### 5. Valeurs limites des paramètres de rejets d'effluents liquides industriels

Décret exécutif n° 06-141 du 20 Rabie El Aouel 1427 correspondant au 19 avril 2006 définissant les valeurs limites des rejets d'effluents liquides industriels :

N°	PARAMETRES	UNITE	VALEURS LIMITES	TOLERANCES AUX VALEURS LIMITES ANCIENNES INSTALLATIONS
1	Température	°C	30	30
2	PH	-	6,5 - 8,5	6,5 - 8,5
3	MES	mg/l	35	40
4	Azote Kjeldahl	"	30	40
5	Phosphore total	"	10	15
6	DCO	"	120	130
7	DBO5	"	35	40
8	Aluminium	"	3	5
9	Substances toxiques bioaccumulables	"	0,005	0,01
10	Cyanures	"	0,1	0,15
11	Fluor et composés	"	15	20
12	Indice de phénols	"	0,3	0,5
13	Hydrocarbures totaux	"	10	15
14	Huiles et graisses	"	20	30
15	Cadmium	"	0,2	0,25
16	Cuivre total	"	0,5	1
17	Mercure total	"	0,01	0,05
18	Plomb total	"	0,5	0,75
19	Chrome Total	"	0,5	0,75
20	Etain total	"	2	2,5
21	Manganèse	"	1	1,5
22	Nickel total	"	0,5	0,75
23	Zinc total	"	3	5
24	Fer	"	3	5
25	Composés organiques chlorés	"	5	7



## 5. Identification moléculaire des souches microbiennes

### 5.1. Isolement et repiquage des souches bactériennes

L'isolement se fait à partir des cultures de dénombrement dans la boîte de Petri contenant la gélose nutritive (GN). Les colonies sont prélevées selon leur morphotype (taille, aspect, contour, couleur...) et un représentant de chacune des colonies est isolé. La culture se fait dans l'obscurité à 30°C. La durée d'incubation varie d'une souche à l'autre (de 24h à 72h). Chaque colonie est repiquée puis purifiée 3 fois avant d'être caractérisée au niveau moléculaire.

### 5.2. Extraction de l'ADN bactérien

L'ADN total est extrait par la méthode telle que décrite par Leblond et *al.*, (1966).

Préparation des solutions :

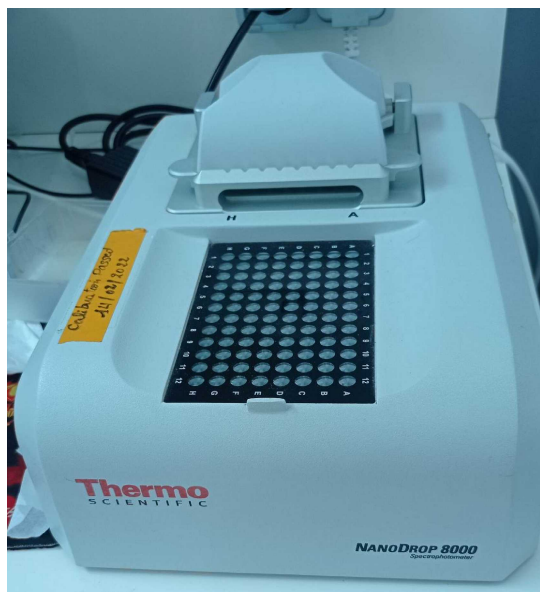
- **Tris-HCL 2M (pour 1000ml) :**
  - ✓ Tris base: 242g
  - ✓ H<sub>2</sub>O UP: 1000ml
  - ✓ Le pH est ajusté à 8 avec du NaOH 2N
- **EDTA 0,5M (pour 1000ml) :**
  - ✓ EDTA : 146,1g
  - ✓ H<sub>2</sub>O UP : 1000ml
  - ✓ Le pH est ajusté à 8 avec du NaOH 2N ensuite la solution est autoclave à 120°C pendant 15min.
- **Sodium dodecyl sulfate (SDS) 10% (pour 100ml) :**
  - ✓ SDS : 10g
  - ✓ H<sub>2</sub>O UP : 100ml
  - ✓ Le pH est ajusté à 7.2 avec du NaOH 2N ensuite la solution est autoclave à 120°C pendant 15min.
- **Lysozyme (pour 1ml) :**
  - ✓ Lysozyme : 50mg
  - ✓ H<sub>2</sub>O UP : 1ml
- **Protéinase K (pour 1ml) :**
  - ✓ Protéinase K : 20mg
  - ✓ H<sub>2</sub>O UP : 1ml
- **Acétate de potassium 3M (pour 10ml) :**

- ✓ Acétate de potassium à 5M : 2,94g/6ml
- ✓ Acide acétique : 1,15ml
- ✓ H<sub>2</sub>O UP : 2,85ml 40

**Mode opératoire :**

- ✓ À partir de culture de 24h sur bouillon nutritif centrifugée, 1ml de Tris-HCl à 10 mM est ajouté au culot ensuite centrifugé à 11000 rpm pendant 10 min à 4°C. Le surnagent est par la suite pipeté et 500µl de Tris-HCl à 10 mM est ajouté au culot et vortexé ;
- ✓ Ajouter 20 µl de lysozyme 50mg/ml au tube. Vortexer et incuber au bain sec à 37°C pendant 40 min ;
- ✓ Ajouter 60 µl d'EDTA à 0,5M et 10 µl protéinase K 20mg/ml et incuber à 37°C pendant 10min ;
- ✓ Ajouter 60 µl SDS 10% et incuber à 50°C pendant 40min ;
- ✓ Ajouter 350 µl d'acétate de potassium 3M et placer au bain de glace pendant 10 min ;
- ✓ Centrifuger à 12000rpm pendant 10min et récupérer le surnagent ;
- ✓ Ajouter 1ml isopropanol au surnagent, récupéré et agiter, l'ADN précipité est observé ;
- ✓ Centrifuger à 10000 rpm pendant 1min, récupérer le culot ;
- ✓ Ajouter 1ml éthanol 70% au culot récupéré ;
- ✓ Centrifuger à 10000 rpm pendant 1min, et récupérer le culot ;
- ✓ Laisser ouvert les tubes à l'air libre pendant 30 min ensuite ajouter 50 µl d'eau ultra pur ;
- ✓ Mesurer la concentration et la pureté de l'ADN génomique à l'aide d'un spectrophotomètre (nanodrop) ;

- ✓ Les échantillons ainsi récupérés sont congelés à  $-20^{\circ}\text{C}$ .




**Figure 05 :** Nanodrop 8000









## Les résultats de l'extraction génomique :

All Active On/Off		nm 1	260	Units				ng/ul
Active <input type="checkbox"/>	# 1		Sample # 1	nm 1 abs. 0,457	A-260 0,457			<b>ng/ul</b>
Sample ID	B C1		A-280 0,354	260/280 1,29	260/230 0,29			<b>22,84</b>
Active <input type="checkbox"/>	# 1		Sample # 1	nm 1 abs. 0,529	A-260 0,529			<b>ng/ul</b>
Sample ID	B C2		A-280 0,393	260/280 1,35	260/230 0,36			<b>26,47</b>
Active <input type="checkbox"/>	# 1		Sample # 1	nm 1 abs. 1,400	A-260 1,400			<b>ng/ul</b>
Sample ID	B C3		A-280 0,961	260/280 1,46	260/230 0,59			<b>69,98</b>
Active <input type="checkbox"/>	# 1		Sample # 1	nm 1 abs. 0,353	A-260 0,353			<b>ng/ul</b>
Sample ID	B C4		A-280 0,248	260/280 1,42	260/230 0,29			<b>17,64</b>
Active <input type="checkbox"/>	# 1		Sample # 1	nm 1 abs. 0,328	A-260 0,328			<b>ng/ul</b>
Sample ID	B C5		A-280 0,239	260/280 1,37	260/230 0,29			<b>16,41</b>
Active <input type="checkbox"/>	# 1		Sample # 1	nm 1 abs. 0,681	A-260 0,681			<b>ng/ul</b>
Sample ID	B C6		A-280 0,472	260/280 1,44	260/230 0,43			<b>34,03</b>
Active <input type="checkbox"/>	# 1		Sample # 1	nm 1 abs. 0,269	A-260 0,269			<b>ng/ul</b>
Sample ID	B C7		A-280 0,220	260/280 1,22	260/230 0,30			<b>13,44</b>
Active <input type="checkbox"/>	# 1		Sample # 1	nm 1 abs. 0,322	A-260 0,322			<b>ng/ul</b>
Sample ID	B C8		A-280 0,236	260/280 1,37	260/230 0,33			<b>16,12</b>

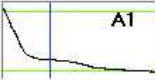
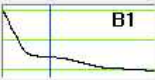
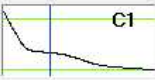
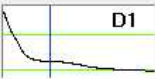

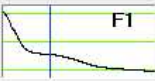
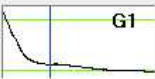

All Active On/Off		nm 1	260	Units				ng/ul
Active <input type="checkbox"/>	# 1		Sample # 1	nm 1 abs. 0,351	A-260 0,351			<b>ng/ul</b>
Sample ID	B C1		A-280 0,281	260/280 1,25	260/230 0,29			<b>17,55</b>
Active <input type="checkbox"/>	# 1		Sample # 1	nm 1 abs. 0,473	A-260 0,473			<b>ng/ul</b>
Sample ID	B C2		A-280 0,338	260/280 1,40	260/230 0,37			<b>23,65</b>
Active <input type="checkbox"/>	# 1		Sample # 1	nm 1 abs. 1,177	A-260 1,177			<b>ng/ul</b>
Sample ID	B C3		A-280 0,833	260/280 1,41	260/230 0,56			<b>58,86</b>
Active <input type="checkbox"/>	# 1		Sample # 1	nm 1 abs. 0,271	A-260 0,271			<b>ng/ul</b>
Sample ID	B C4		A-280 0,201	260/280 1,35	260/230 0,28			<b>13,53</b>
Active <input type="checkbox"/>	# 1		Sample # 1	nm 1 abs. 0,257	A-260 0,257			<b>ng/ul</b>
Sample ID	B C5		A-280 0,188	260/280 1,37	260/230 0,28			<b>12,87</b>
Active <input type="checkbox"/>	# 1		Sample # 1	nm 1 abs. 0,541	A-260 0,541			<b>ng/ul</b>
Sample ID	B C6		A-280 0,376	260/280 1,44	260/230 0,42			<b>27,06</b>
Active <input type="checkbox"/>	# 1		Sample # 1	nm 1 abs. 0,191	A-260 0,191			<b>ng/ul</b>
Sample ID	B C7		A-280 0,137	260/280 1,39	260/230 0,25			<b>9,550</b>
Active <input type="checkbox"/>	# 1		Sample # 1	nm 1 abs. 0,242	A-260 0,242			<b>ng/ul</b>
Sample ID	B C8		A-280 0,176	260/280 1,38	260/230 0,29			<b>12,12</b>

ANNEXES

All Active On/Off		nm 1	260	Units			ng/ul	
Active <input type="checkbox"/>	# 1		A-280	0,681	0,477	1,43	0,37	<b>34,03</b>
Sample ID	B C9							
Active <input type="checkbox"/>	# 1		A-280	0,650	0,478	1,36	0,35	<b>32,51</b>
Sample ID	B C10							
Active <input type="checkbox"/>	# 1		A-280	0,570	0,429	1,33	0,35	<b>28,48</b>
Sample ID	B C11							
Active <input type="checkbox"/>	# 1		A-280	1,144	0,801	1,43	0,42	<b>57,19</b>
Sample ID	M B							
Active <input type="checkbox"/>	# 1		A-280	0,605	0,436	1,39	0,37	<b>30,26</b>
Sample ID	M S							
Active <input type="checkbox"/>	# 1		A-280	0,429	0,355	1,21	0,28	<b>21,46</b>
Sample ID	M mA							
Active <input type="checkbox"/>	# 1		A-280	0,000	NaN	NaN	NaN	<b>NaN</b>
Sample ID								
Active <input type="checkbox"/>	# 1		A-280	0,000	NaN	NaN	NaN	<b>NaN</b>
Sample ID								

All Active On/Off		nm 1	260	Units			ng/ul	
Active <input type="checkbox"/>	# 1		A-280	0,520	0,363	1,43	0,39	<b>25,98</b>
Sample ID	B C9							
Active <input type="checkbox"/>	# 1		A-280	0,397	0,294	1,35	0,36	<b>19,84</b>
Sample ID	B C10							
Active <input type="checkbox"/>	# 1		A-280	0,417	0,317	1,32	0,35	<b>20,86</b>
Sample ID	B C11							
Active <input type="checkbox"/>	# 1		A-280	0,915	0,656	1,39	0,41	<b>45,73</b>
Sample ID	M B							
Active <input type="checkbox"/>	# 1		A-280	0,494	0,365	1,35	0,38	<b>24,68</b>
Sample ID	M S							
Active <input type="checkbox"/>	# 1		A-280	0,270	0,233	1,16	0,25	<b>13,52</b>
Sample ID	M mA							
Active <input type="checkbox"/>	# 1		A-280	-0,019	-0,019	0,97	-0,74	<b>-0,9292</b>
Sample ID								
Active <input type="checkbox"/>	# 1		A-280	-0,058	-0,073	0,79	0,57	<b>-2,884</b>
Sample ID								

ANNEXES

All Active On/Off		nm 1	260	Units			ng/ul
Active <input checked="" type="checkbox"/>	# 1		A1	Sample # 1	nm 1 abs. 0,379	A-260 0,379	<b>ng/ul</b> 18,97
Sample ID	B C1			A-280 0,285	260/280 1,33	260/230 0,30	
Active <input checked="" type="checkbox"/>	# 1		B1	Sample # 1	nm 1 abs. 0,441	A-260 0,441	<b>ng/ul</b> 22,04
Sample ID	B C2			A-280 0,318	260/280 1,39	260/230 0,37	
Active <input checked="" type="checkbox"/>	# 1		C1	Sample # 1	nm 1 abs. 0,666	A-260 0,666	<b>ng/ul</b> 33,32
Sample ID	B C3			A-280 0,470	260/280 1,42	260/230 0,45	
Active <input checked="" type="checkbox"/>	# 1		D1	Sample # 1	nm 1 abs. 0,245	A-260 0,245	<b>ng/ul</b> 12,25
Sample ID	B C4			A-280 0,192	260/280 1,27	260/230 0,27	
Active <input checked="" type="checkbox"/>	# 1		E1	Sample # 1	nm 1 abs. 0,262	A-260 0,262	<b>ng/ul</b> 13,11
Sample ID	B C5			A-280 0,196	260/280 1,34	260/230 0,27	
Active <input checked="" type="checkbox"/>	# 1		F1	Sample # 1	nm 1 abs. 0,553	A-260 0,553	<b>ng/ul</b> 27,66
Sample ID	B C6			A-280 0,389	260/280 1,42	260/230 0,42	
Active <input checked="" type="checkbox"/>	# 1		G1	Sample # 1	nm 1 abs. 0,134	A-260 0,134	<b>ng/ul</b> 6,677
Sample ID	B C7			A-280 0,104	260/280 1,28	260/230 0,21	
Active <input checked="" type="checkbox"/>	# 1		H1	Sample # 1	nm 1 abs. 0,330	A-260 0,330	<b>ng/ul</b> 16,52
Sample ID	B C8			A-280 0,228	260/280 1,45	260/230 0,32	

## Résumé

Les villes algériennes sont confrontées à d'importants volumes de déchets générés par l'élimination des résidus ménagers et assimilés dans les centres d'enfouissement technique (CET), comme celui de la wilaya de Batna. L'interaction entre les composants des déchets et les eaux pénétrantes génère des lixiviats riches en matière organique et en éléments traces, nécessitant un traitement avant leur rejet. Cette étude vise à proposer un procédé efficace pour le traitement des lixiviats, ces derniers ont été soumis à un premier traitement chimique utilisant le système ( $\text{H}_2\text{O}_2/\text{UV}$ ). Les conditions optimales de traitement ont été déterminées à : [ $\text{H}_2\text{O}_2$ ] de 0,3 M et à un pH de 8,6. Ensuite, deux systèmes de traitement biologique hybrides ont été appliqués : le système hybride I ( $\text{H}_2\text{O}_2/\text{UV}/\text{Bactéries}$ ) et le système hybride II ( $\text{H}_2\text{O}_2/\text{UV}/\text{Bactéries}/\text{Micros algues}$ ). Les trois processus ont donné des taux de dégradation exprimés par le Carbone Organique Totale (TOC) comme le suivant : 27.4% pour le système ( $\text{H}_2\text{O}_2 / \text{UV}$ ) ; 58.1% pour le système hybride I ( $\text{H}_2\text{O}_2 / \text{UV} / \text{Bactéries}$ ) ; 67.86% pour le système hybride II ( $\text{H}_2\text{O}_2 / \text{UV} / \text{Bactéries} / \text{micro-algues}$ ). Cette étude démontre qu'une approche hybride combinant les processus d'oxydations avancées et les traitements biologiques constitue une alternative très efficace pour obtenir un traitement satisfaisant.

**Mots clés :** lixiviats, centre d'enfouissement technique, procédés d'oxydation avancée, traitement biologique, bactéries, micros algues, carbone organique total.

## الملخص

تواجه المدن الجزائرية كميات كبيرة من النفايات الناتجة عن التخلص من النفايات المنزلية وما شابهها في مراكز الدفن التقني، مثل المركز الموجود على مستوى ولاية باتنة. يؤدي التفاعل بين مختلف مكونات النفايات والمياه المخترقة إلى توليد العصارة الغنية بالمواد العضوية والتي تتطلب المعالجة قبل التصريف. تهدف هذه الدراسة إلى اقتراح عملية فعالة لمعالجة السوائل المرشحة باستخدام معالجة كيميائية أولية ن متمثلة في نظام (H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>/UV) تم تحديد ظروف المعالجة المثلى عند: تركيز الماء الاكسيجيني 0.3 مول وعند درجة حموضة 8.6. بعد ذلك، تم تطبيق نظامين للمعالجة البيولوجية الهجينة: النظام الهجين I (H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>/UV/ Bactéries) النظام الهجين II (H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>/UV/Bactéries/Micros algues) أعطت العمليات الثلاث معدلات تحلل معبر عنها بالكربون العضوي الكلي (TOC) على النحو التالي: % 27,4 للنظام (H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>/UV) 58,1% النظام الهجين I (H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>/UV/ Bactéries) و 67,86% النظام الهجين II (H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>/UV/Bactéries/Micros algues).

توضح هذه الدراسة أن النهج الهجين الذي يجمع بين عمليات الأكسدة المتقدمة والمعالجات البيولوجية يشكل بديلاً فعالاً للغاية للحصول على علاج مرضي لعصارة المكبات التقنية.

**الكلمات المفتاحية:** العصارة، المكب التقني، عمليات الأكسدة المتقدمة، المعالجة البيولوجية، البكتيريا، الطحالب الدقيقة، الكربون العضوي الكلي.



## **Abstract**

Algerian cities are faced with large volumes of waste generated by the disposal of household and similar residues in technical landfill centers (CET), such as the one in the wilaya of Batna. The interaction between waste components and incoming water generates leachates rich in organic matter and trace elements, requiring treatment before discharge. The aim of this study was to propose an effective process for treating the leachates, which were subjected to an initial chemical treatment using the (H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>/UV) system. Optimum treatment conditions were determined at: [H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>] of 0.3 M and a pH of 8.6. Next, two hybrid biological treatment systems were applied: hybrid system I (H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>/UV/Bacteria) and hybrid system II (H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>/UV/Bacteria/Micros algae). The three processes gave degradation rates expressed as Total Organic Carbon (TOC) as follows: 27.4% for the (H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> /UV) system; 58.1% for hybrid system I (H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>/UV/Bacteria); 67.86% for hybrid system II (H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>/UV/Bacteria/ Micros algae). This study demonstrates that a hybrid approach combining advanced oxidation processes and biological treatments is a highly effective alternative for achieving satisfactory treatment.

**Key words:** leachate, landfill, advanced oxidation processes, biological treatment, bacteria, microalgae, total organic carbon.

## Mémoire présenté en vue de l'obtention du Diplôme de Master

**Filière :** Sciences biologique

**Spécialité :** Biologie Moléculaire des Microorganismes

### Titre

Procédé d'oxydations avancées (POAs) comme étape de pré-oxydation pour le  
Traitement biologique des lixiviats des Centres d'Enfouissements Techniques (CET)

### Résumé

Les villes algériennes sont confrontées à d'importants volumes de déchets générés par l'élimination des résidus ménagers et assimilés dans les centres d'enfouissement technique (CET), comme celui de la wilaya de Batna. L'interaction entre les composants des déchets et les eaux pénétrantes génère des lixiviats riches en matière organique et en éléments traces, nécessitant un traitement avant leur rejet. Cette étude vise à proposer un procédé efficace pour le traitement des lixiviats, ces derniers ont été soumis à un premier traitement chimique utilisant le système ( $H_2O_2/UV$ ). Les conditions optimales de traitement ont été déterminées à : [ $H_2O_2$ ] de 0,3 M et à un pH de 8,6. Ensuite, deux systèmes de traitement biologique hybrides ont été appliqués : le système hybride I ( $H_2O_2/UV/Bactéries$ ) et le système hybride II ( $H_2O_2/UV/Bactéries/Micros\ algues$ ). Les trois processus ont donné des taux de dégradation exprimés par le Carbone Organique Totale (TOC) comme le suivant : 27.4% pour le système ( $H_2O_2 / UV$ ) ; 58.1% pour le système hybride I ( $H_2O_2 / UV / Bactéries$ ) ; 67.86% pour le système hybride II ( $H_2O_2 / UV / Bactéries / microalgues$ ). Cette étude démontre qu'une approche hybride combinant les processus d'oxydations avancées et les traitements biologiques constitue une alternative très efficace pour obtenir un traitement satisfaisant.

**Mot clés :** lixiviats, centre d'enfouissement technique, procédés d'oxydation avancée, traitement biologique, bactéries, micros algues, carbone organique total.

### Membre du jury :

**Président :** Dr. RIAH Nassira

**Encadrant:** Dr. ABDESSEMED Ala

**Co-encadrant :** BENCHIHEUB Meriem

**Examineur :** Dr. BENKAHOUL Malika.

### Présentée par :

BRADAI Fares

BOUSSADIA Chouaib Nour El-islem

**Année universitaire : 2022 -2023**