

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE

وزارة التعليم العالي والبحث العلمي

Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique

جامعة أبي بكر بلقايد- تلمسان

Université Aboubakr Belkaïd- Tlemcen –  
Faculté de TECHNOLOGIE



## MEMOIRE

Présenté pour l'obtention du **diplôme** de **MASTER**

En : **Hydraulique**

Spécialité : **Technologies de Traitement des Eaux**

Par :

**LOKBANI Oussama**  
**BENSOUNA Mohammed**

**Sujet**

**Les risques de la pollution du milieu naturel par les lixiviats des  
décharges contrôlées.**

**Cas du centre d'enfouissement technique de Maghnia.**

Soutenu publiquement, le 12 / 06 / 2017, devant le jury composé de :

M <b>ADJIM Mohamed</b>	Professeur	Univ. Tlemcen	Président
Mme <b>BABA HAMED Kamila</b>	Maître de conférences A	Univ. Tlemcen	Directrice de mémoire
M <b>BOUANANI Abderrazak</b>	Professeur	Univ. Tlemcen	Co -Directeur de mémoire
Mme <b>ADJIM Fouzia</b>	Professeur	Univ. Tlemcen	Examinatrice
M <b>BOUMEDIENE Maamar</b>	Maître de conférences B	Univ. Tlemcen	Examineur
M <b>ZAOUI Mohamed</b>	Directeur du CET	Wilaya Tlemcen	Invité

**2016 - 2017**

## Résumé

La gestion rationnelle saine et pérenne des déchets est l'un des défis majeurs que l'humanité est appelée à relever aujourd'hui et dans le futur. Le nombre d'habitants en Algérie étant de 37,8 millions au janvier 2013, selon l'Office National des Statistiques (ONS), un algérien produit quotidiennement en moyenne 0.75 Kg de déchets solides par jour. Pour l'élimination de ces déchets, la gestion directe est prédominante et l'enfouissement technique des déchets est l'option privilégiée par les pouvoirs publics. La participation du secteur privé reste encore timide et ne semble pas connaître d'amélioration.

Après l'enfouissement de ces déchets, ces derniers continuent à vivre en créant une nuisance sur l'environnement telles que les eaux de percolation appelées lixiviats qui ont un impact sur les eaux de surface et les eaux souterraines.

Pour déterminer le risque des lixiviats produits dans le centre d'enfouissement technique de Maghnia, plusieurs campagnes de prélèvement d'échantillons sont réalisées, leurs analyses ont révélé une pollution mixte organique, microbiologique et un taux élevé en métaux lourds.

Le CET est doté d'une station de traitement par lagunage pour l'élimination de cette charge polluante. Ce type de traitement est insuffisant, bien que son rendement pour certains paramètres métalliques ou chimiques paraisse acceptable. Aussi, et pour mieux contrôler ces effluents, nous recommandons l'installation d'une station d'épuration spécifique aux lixiviats, afin de protéger le milieu naturel et limiter les nuisances.

**Mots clés:** déchets, décharge, enfouissement, lixiviat, CET Maghnia.

## Abstract

Sound and sustainable rational waste management is one of the major challenges facing humanity today and in the future. The number of inhabitants in Algeria is 37.8 million in January 2013, according to the National Office of Statistics (ONS), an Algerian produces on average daily 0.75 Kg of solid waste per day. For the disposal of this waste, direct management is predominant and the technical burial of waste is the preferred option by the public authorities. The participation of the private sector is still timid and does not appear to be improving.

After the landfill of these wastes, they continue to live by creating a nuisance on the environment such as percolation waters called leachates that have an impact on surface waters and groundwater.

To determine the risk of leachate produced at the Maghnia Landfill, several sampling campaigns were carried out, their analyzes revealed mixed organic, microbiological and heavy metal pollution.

The TEC is equipped with a lagoon treatment station for the elimination of this polluting load. This type of treatment is insufficient, although its yield for certain metallic or chemical parameters seems acceptable. Also, to better control these effluents, we recommend the installation of a wastewater treatment plant specific to leachate, in order to protect the natural environment and limit nuisance.

**Keywords:** waste, landfill, burying, leachate, Center of Technical burial Maghnia.

## ملخص

الإدارة السليمة الصحية والمستدامة للنفايات هي واحدة من التحديات الكبرى التي الإنسانية يسمي لمواجهة اليوم وفي المستقبل. كان عدد السكان في الجزائر 37800000 في يناير كانون الثاني عام 2013، وفقا لمكتب الوطني للإحصاء (المكتب الوطني للإحصاء)، وتنتج يوميا على الجزائرية في المتوسط 0.75 كيلوغرام من النفايات الصلبة يوميا. للتخلص من هذه النفايات، والإدارة المباشرة هي الغالبة ومكب النفايات هو الخيار المفضل من قبل الحكومة. مشاركة القطاع الخاص لا تزال خجولة ويبدو أن لديها أي تحسن.

بعد دفن النفايات، والاستمرار في العيش من خلال خلق مصدر ازعاج على البيئة مثل تسرب المياه تسمى العصاراة التي لها تأثير على المياه السطحية والمياه الجوفية.

لتحديد مخاطر الراشح في موقع المكب من مغنية، وتنفيذ العديد من الحملات عينة من عينات من كشف تحليلهم على التلوث العضوي مختلطة، الميكروبيولوجية ومستويات عالية من المعادن الثقيلة.

يستخدم مركز الردم التقني للنفايات (مغنية) لمعالجة مياه الرشع عدة برك يتم تفعيلها على التوالي لتخفيف من التلوث. هذا النوع من العلاج غير كاف، على الرغم من أدائه لبعض المعلمات المعدنية أو الكيماوية يبدو مقبولا. أيضا، ولتحسين مراقبة هذه النفايات السائلة، ونحن نوصي تركيب العصاراة محطة معالجة محددة لحماية البيئة من التلوث والحد.

**كلمات البحث:** النفايات، مفرغة، الردم التقني، مياه الرشع، مركز ردم النفايات مغنية.

*Je dédie ce travail à ...*

*L'ÉTERNEL, DIEU tout puissant,*

*- ma très chère maman Fatiha, pour tous ses sacrifices, son amour, sa tendresse, son soutien et ses prières pour moi tout au long de mes études,*

*- ma grand mère pour sa tendresse et son amour pour moi ainsi que ses conseils,*

*- mon père, que je souhaitais sa présence avec moi, Que Dieu bénisse son âme,*

*- mon oncle Driss pour ses encouragements permanents, et son soutien moral,*

*- mes chers amis Zakaria, Hamza, Amine, Fathaalah, Youcef, Fethi, Zoubir, Ibrahim Oussama, Abderrahmane, Salah, pour leurs soutiens et leurs encouragements,*

*- la personne qui m'a tellement aidée, au cours de ma carrière universitaire **B.K.***

*- Mes encadreurs **K. BABA-HAMED** et **M A. BOUANANI** qui ont été ma source d'inspiration, ma référence et qui m'ont encouragé à terminer ce modeste travail.*

*- toute la famille Bensouna, Laissouf pour leur soutien tout au long de mon parcours universitaire,*

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

*Merci d'être toujours là pour moi*

**BENSOUNA Mohamed**

Je dédie ce travail à ...

L'ÉTERNEL, DIEU tout puissant,

- ma chère maman, pour tous ses sacrifices, son amour, sa tendresse, son soutien et ses prières pour moi tout au long de mon parcours d'études.
- mon père, qui peut être fier de son fils et trouver ici le résultat de longues années de sacrifices et de privations pour m'aider à avancer dans la vie. Puisse Dieu faire en sorte que ce travail porte son fruit.
- ma grand-mère pour tous ses Conseils.
- mon grand-père **R.M** pour ses encouragements permanents, et son soutien moral.
- mon frère Wahib et ma sœur Souad.
- mes oncles, et à mes tantes en particulier **B. Fatima Zohra**.
- mes chers amis Ahmed, Abdeljalil, Imad, Mohammed, Abderrahmane, Salah, pour leur appui et leur encouragement.
- toute la famille Lokbani et Rahmoun pour leur soutien tout au long de mon parcours universitaire.
- mes encadreurs Mme **K. BABA-HAMED** et M **A. BOUANANI** qui ont été ma source d'inspiration, ma référence et qui m'ont encouragé à terminer ce modeste travail.
- Que ce travail soit l'accomplissement de vos vœux tant allégués, et le fruit de votre soutien infaillible.

Merci d'être toujours là pour moi

**LOKBANI Oussama**

## *Remerciements*

Tout d'abord, nous tenons à remercier Allah, tout puissant de nous avoir donné la force et le courage pour terminer ce modeste travail.

Mes remerciements s'adressent également aux membres du jury qui ont accepté de lire et d'évaluer notre mémoire.

- Nos encadreurs Madame **K. BABA-HAMED** et Monsieur **A. BOUANANI** enseignants à l'université de Tlemcen qui nous ont proposé le sujet, orienté nos travaux et veillé à la mise au point de ce mémoire,

Merci pour leurs soutiens, leurs orientations, leurs encouragements, leurs qualités humaines, leurs conseils et leurs présences.

- Monsieur **ADJIM Mohamed**, professeur à l'Université de Tlemcen qui a bien voulu présider ce jury.

- Aussi un grand respect pour nous de voir Madame **ADJIM Fouzia** et Monsieur **BOUMEDIENE Maamar** dans la composante de notre jury, Nous les remercions d'avoir accepté d'examiner le travail.

- Le Directeur du CET de Maghnia Monsieur **M. ZAOUI**, ses collaborateurs en particulier Monsieur S YAKHLEF, N MEHTARE TANI, les travailleurs et les techniciens, pour l'accueil chaleureux.

- Toute l'équipe du laboratoire de l'Algérienne des Eaux (unité de Tlemcen), pour leur réception, plus spécialement le Responsable du laboratoire Assia ZENDAGUI et Hassiba BOUDGHENE (laboratoire de bactériologie).

- Le laboratoire de recherche n°25 de l'université de Tlemcen, pour nous avoir donné l'occasion d'apprendre à faire des analyses au Laboratoire de chimie des eaux, en particulier son directeur M M. BENSALAH et l'Ingénieur M Sid Ahmed HAMMOUDA.

- Madame BABA AHMED Fatima Zahra pour nous avoir aidé tout au long de notre travail, en particulier pour son aide dans l'acquisition des produits chimiques.

- Monsieur I .GHELLAI doctorant en chimie analytique, pour nous avoir aidé à manipuler certains appareils.

Un grand Merci, à mes enseignants du Département d'Hydraulique, et toutes les personnes qui nous ont aidés de près ou de loin à la réalisation de ce travail.

Et enfin, nous remercions tous nos collègues de la promotion 2016/2017, avec qui nous avons passé des moments inoubliables et à qui nous souhaitons beaucoup de succès.

### Partie 1

Figure 1.II.1. Schéma de fonctionnement d'une ISD

Figure 1.III.1: Processus de production des lixiviats

Figure 1.III.2: Mécanismes Biologiques aérobies, anaérobies et physico-chimiques dans un massif de déchets

Figure 1.III.3 : Gestion du lixiviat

Figure 1.IV.1 : Nitrification du lixiviat avant recirculation

### Partie 02

Figure 2.I.1 : Situation géographique du site d'étude

Figure 2.I.2: Situation géologique du site d'étude

Figure 2.I.3 : Variation des températures moyennes mensuelles à la station de Maghnia

Figure 2.I.4: moyenne mensuelle d'humidité en °C

Figure 2.I.5 : Fréquence moyenne pluriannuelle du vent

Figure 2.I.6 : Variation mensuelle de la vitesse du vent

Figure 2.I.7 : Variation des précipitations moyennes mensuelles à la station de Maghnia(1979/1980-2015/2016).

Figure 2.I.8 : Composition des déchets en pourcentage

Figure 2.I.9: Principe de fonctionnement du bassin de lagunage

Figure 2.II.1 : Variation de Température

Figure 2.II.2 : Variation du pH

Figure 2.II.3 : Variation de la Conductivité

Figure 2.II.4 : Variation d'Ammonium

Figure 2.II.5 : Variation d'Oxygène dessous

Figure 2.II.6 : Variation du Phosphate

Figure 2.II.7 : Variation de Phosphore

Figure 2.II.8 : Variation des Nitrates

Figure 2.II.9 : Variation des Nitrites

Figure 2.II.10 : Variation du Chlore libre

Figure 2.II.11 : Variation du Chlore total

Figure 2.II.12 : Variation de la dureté calcique

Figure 2.II.13 : Variation du Magnésium

Figure 2.II.14 : Variation du Bicarbonate

Figure 2.II.15 : Variation de la dureté totale

Figure 2.II.16 : Variation du TAC

Figure 2.II.17 : Variation des Chlorures

Figure 2.II.18 : Variation du Chrome

Figure 2.II.19 : Variation du Cuivre

Figure 2.II.20 : Variation de la silice

Figure 2.II.21 : Variation d'Argent

Figure 2.II.22 : Variation du Zinc

Figure 2.II.23 : Variation de la Matière Organique

Figure 2.II.24 : Variation de la DBO<sub>5</sub>

Figure 2.II.25 : Variation de la DCO

Figure 2.II.26 : Variation de la DCO/DBO<sub>5</sub>

Figure 2.II.27: Variation de la turbidité

Figure 2.II.28 : Variation de la DBO<sub>5</sub>/DCO

Figure 2.III.1 : Variations de la vitesse de dégradation K (j-1) de la DBO

Figure 2.III.2: Comparaison des teneurs moyennes en métaux lourds dans les lixiviats des différentes décharges ménagères.

### Liste des photos

#### Partie 02

Photo 2.I.1 : Entrée du CET de Maghnia

Photo 2.I.2 : Décharge Maghnia après l'éradication

Photo 2.I.3 : Présentation du CET de Maghnia

Photo 2.I.4 : Casier du centre d'enfouissement technique Maghnia

Photo 2.I.5 : Sortie du lixiviat vers les lagunes

Photo 2.I.6: Drains du lixiviat.

Photo 2.I.7: Lagunes du CET de Maghnia

Photo 2.I.8 : Arrêt des lixiviats au niveau du centre (LAC)

Photo 2.II.1 : Appareils d'analyse physico-chimique utilisés

Photo 2.II.2 : Echantillonnage en période humide (après la pluie le 16/03/2017).

Photo 2.II.3 : Echantillonnage en période sèche (avant la pluie le 09/03/2017).

#### Annexes

Photo 1: Changement de couleur indiquant le virage du pH (le 25/02/2016)

Photo 2: Changement de couleur du violet au bleu (le 25/02/2016)

Photo 3 : Changement de couleur du rouge au violet (le 28/02/2016)

Photo 4 : Changement de couleur du jaune au rouge (le 25/02/2016)

Photo 5 : Tubes du BCPL(le 03/03/2017)

Photos 6 : Tubes du shoubert (le 03/03/2017)

Photo 7 : Changement de couleur indiquant la présence des coliformes fécaux(le 03/03/2016)

Photo 8 : Tubes du milieu ROTHE (le 01/03/2016)

Photo 9 : Tubes du milieu EVA LITSKY (le 01/03/2016)

### Partie 1

- Tableau 1.I.1 : Quelques exemples de production d'ordures dans le monde
- Tableau 1.I.2 : Composition physique moyenne des déchets ménagers et assimilés (ADEME, 2000 b)
- Tableau 1.I.3: Facteurs d'influence de la biodégradation des déchets en conditions d'enfouissement
- Tableau 1.II.1: Grands types de sites de décharges
- Tableau 1.III.1: Comparaison des lixiviats selon l'âge de la décharge
- Tableau IV.1: Procédés de traitement des lixiviats
- Tableau 1.IV.2: Comparaison des procédés classiques de traitement des eaux

### Partie 2

- Tableau 2.I.1 : Nombre d'habitants pour chaque commune
- Tableau 2.I.2: Valeurs des températures moyennes mensuelles à la station de Maghnia (1979/1980-2015/2016)
- Tableau 2.I.3 : Valeurs de l'humidité moyenne mensuelle à la station de Maghnia (1979/1980-2015/2016)
- Tableau 2.I.4: Fréquence moyenne du vent dans la zone d'étude
- Tableau 2.I.5 : Valeurs moyenne mensuelle de la vitesse du vent
- Tableau 2.I.6 : Fréquence du sirocco en jours
- Tableau 2.I.7 : Variations des précipitations moyennes mensuelles à la station de Maghnia (1979/1980-2015/2016)
- Tableau 2.I.8: Nature des déchets autorisé au niveau du CET de Maghnia
- Tableau 2.I.9 : Caractéristiques des déchets
- Tableau 2.I.10 : Quantité et la composition typologique des déchets ménagers et assimilés du groupement pour 2007
- Tableau 2.II.1 : Méthodes d'analyses pour chaque élément.
- Tableau 2.II.2 : Résultats d'analyses des lixiviats « CASIER » du CET (Campagne de prélèvement Lokbani & Bensouna, 09 et 16/03/2017)
- Tableau 2.II.3 : Résultats d'analyses des lixiviats « LAGUNE 1 » du CET (Campagne de prélèvement Lokbani & Bensouna, 09 et 16/03/2017)
- Tableau 2.II.4 : Résultats d'analyses des lixiviats « LAGUNE 4 » du CET (Campagne de prélèvement Lokbani & Bensouna, 09 et 16/03/2017)
- Tableau 2.II.5 : Résultats d'analyses des lixiviats « LAC » du CET (Campagne de prélèvement Lokbani & Bensouna, 09 et 16/03/2017)
- Tableau 2.III.1 : Cinétique de dégradation de la matière organique (période sèche) au niveau des lagunes
- Tableau 2.III.2 : Cinétique de dégradation de la matière organique (période humide) au niveau des lagunes
- Tableau 2.III.3 : Rendements épuratoires au niveau des lagunes
- Tableau 2.III.4 : Comparaison des teneurs moyennes en métaux lourds dans les lixiviats des décharges ménagères



## Liste des abréviations

---

**ADEME** : Agence de l'Environnement et de la Maitrise de l'Energie

**Ag** : Argent

**AGV** : Acide gras volatil

**AND** : Agence Nationale des Déchets

**ANRH** : Agence Nationale des Ressources Hydrauliques

**AOB** : Ammonium oxydante bacteria

**B.T.B.H** : Société de Bâtiment, Travaux Publics et Hydrauliques

**CA** : Charbon actif

**Cd** : Cadmium

**CET** : Centres d'Enfouissement Technique

**CH<sub>4</sub>** : Méthane

**CNC** : Combustibles Non Classés

**CO<sub>2</sub>** : Dioxyde de carbone

**CO<sub>3</sub><sup>2-</sup>** : Carbonate

**COT** : Carbone organique total

**CSD** : Centres de stockage de déchets

**CSDD** : Centres de Stockage de Déchets Dangereux

**CSDU** : Centre de Stockage de Déchets Ultimes

**Cu** : Cuivre

**DBO<sub>5</sub>** : Demande biologique en oxygène durant 05 jours

**DCO** : Demande chimique en oxygène

**DIB** : Déchets Industriels Banals

**DMA** : Déchets Ménagers et Assimilés

**DSM** : Déchets spéciaux des ménages

**DTQD** : Déchets toxiques en quantités dispersées

**DTQL** : Déchets toxique en quantités limitées

**Fe<sup>2+</sup>** : Ion de Fer

**H<sub>2</sub>O** : Formule chimique de l'eau

**HCO<sub>3</sub><sup>-</sup>** : Ion Bicarbonate

**Hg** : Mercure

**INC** : Incombustibles Non Classés

**ISD** : Installation de Stockage des Déchets

**ISDND** : Installation de Stockage des Déchets Non Dangereux

**MES** : Matière en suspension

**MH** : Masse humide

**MO** : Matière organique

**MS** : Masse sèche

**NF** : Nano filtration

**NH<sub>4</sub><sup>+</sup>** : Ammonium

**Ni** : Nickel

**NO<sub>2</sub><sup>-</sup>** : Nitrite

**NO<sub>3</sub><sup>-</sup>** : ion Nitrate

**NOB** : Nitrite oxydante bacteria

**NTU** : Nephelometric Turbidity Unit

**OI** : Osmose inverse

**ONM** : Office National de la Météorologie

**OPM** : Optimum Proctor modifié

**Pb** : Plomb

**PCB** : Polychlorobiphényles

**PED** : Pays en développement

**PEHD** : Polyéthylène Haute Densité

**PO<sub>4</sub><sup>3-</sup>** : Ion Phosphate

## Liste des abréviations

---

**POA** : Procédés d'Oxydation Avancée

**PROGDEM** : Programme National de Gestion des Déchets Solides Municipaux

**SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>** : Ion Sulfate

**TA** : Titre alcalimétrique

**TAC** : Titre alcalimétrique complet

**TH** : Dureté totale

**UF** : Ultrafiltration

**UFC** : Unité Formant Colonie

**UV** : Ultra –Violet

**Zn** : Zinc

# Table des matières

---

**Remerciements**

**Liste des figures**

**Liste des photos**

**Liste des tableaux**

**Abréviations**

**Introduction générale**..... 1

**Partie 1 : Synthèse Bibliographique**..... 3

**Chapitre I : Généralités sur la gestion des déchets ménagers et assimilés**..... 3

1 Introduction.....3

2 Notions des déchets ménagers et assimilés.....3

2.1 Définition..... 3

2.2 Classification des déchets..... 4

3 Les ordures ménagères..... 4

3.1 Définitions..... 4

3.2 Déchets assimilés aux ordures ménagères..... 5

3.3 Production et évolution des ordures ménagères..... 5

3.3.1 Quantité générées et leur variabilité..... 5

3.3.2 Mesure de la production d'ordures ménagères..... 5

3.4 Quelques exemples de production d'ordures..... 6

4 Composition physico-chimiques des déchets ménagers et assimilés..... 6

4.1 Composition physique..... 6

4.2 Composition chimique..... 7

5 Paramètres clés de la dégradation des déchets ménagers et assimilés.....7

6 Conclusion..... 9

**Chapitre II : Centres d'enfouissement techniques**..... 10

1 Introduction..... 10

2 Décharges sauvages..... 10

# Table des matières

---

2.1. Décharges brutes.....	10
2.2. Décharges sauvage.....	10
2.3. Décharges contrôlées .....	10
3 Classification des centres d'enfouissement.....	11
3.1 CET de classe I.....	11
3.2 CET de classe II.....	11
3.3 CET de classe III.....	11
4 fonctionnement d'une ISD.....	12
5 Evolution des déchets dans une décharge d'ordures ménagères.....	13
5.1 Phase de latence.....	13
5.2 Phase de transition.....	14
5.3 Phase acidogène.....	14
5.4 Phase de fermentation méthanique.....	14
5.5 Phase de maturation finale.....	14
6 L'enfouissement.....	14
7 L'enfouissement : pour quels déchets ?.....	15
8 Conclusion.....	15
<b>Chapitre III : Pollution par les déchets ménagers.....</b>	<b>16</b>
1 Introduction.....	16
2 Flux polluants générés par les Centres de Stockage des Déchets.....	16
2.1 Lixiviats.....	16
2.2 Le biogaz.....	16
3 Lixiviats des décharges.....	17
3.1 Définition.....	17
3.2 Origine.....	17
3.3 Genèse des lixiviats : Biodégradation et stabilisation des déchets.....	18
3.4 Le stockage des lixiviats.....	19

# Table des matières

---

3.5.	Principaux facteurs influençant la production des lixiviats.....	20
3.6	Mécanismes de formation des lixiviats.....	20
3.7	Quantification des lixiviats.....	20
3.8	L'espace.....	21
3.9	Caractérisation de lixiviats.....	21
3.10	Alternatives de gestion des lixiviats.....	21
3.11	Toxicité.....	22
3.12	Types de lixiviats et leurs compositions.....	22
3.12.1	Lixiviat Jeune .....	22
3.12.2	Lixiviat Intermédiaire.....	22
3.12.3	Lixiviat Stabilisé.....	23
4	Impact des lixiviats sur l'environnement et la Santé humaine.....	23
5	Gestion des lixiviats.....	24
5.1	Variantes de gestion des lixiviats.....	25
6	Conclusion.....	26
<b>Chapitre IV : Procédés de traitement des lixiviats.....</b>		<b>27</b>
1	Introduction.....	27
2	Différentes filières de traitement des lixiviats.....	27
2.1	Traitement membranaire.....	28
2.2	Traitements thermiques.....	29
2.3	L'oxydation.....	30
2.4	Traitements biologiques.....	30
2.4.1	Le lagunage aéré.....	30
2.4.2	Le traitement par culture fixée.....	30
2.4.3	Le traitement par nitrification/dénitrification.....	30
2.4.4	Le bioréacteur à membrane.....	31
2.5	Traitements physico-chimiques.....	31

# Table des matières

---

2.5.1	Coagulation-floculation.....	31
2.5.2	Traitement par charbon actif (CA).....	31
2.5.3	La résine échangeuse d'ions.....	31
2.6	Comparaison des procédés classiques de traitement .....	32
3	Conclusion .....	32
<b>Partie 02 : Matériel et méthodes .....</b>		<b>33</b>
<b>Chapitre I : Présentation du milieu d'étude.....</b>		<b>33</b>
1	Introduction.....	33
2	Cadre sociologique.....	33
3	Cadre géographique.....	33
4	Géologie du site.....	34
5	Hydrologie et Hydrogéologie du site .....	35
6	Présentation du centre d'enfouissement technique de Maghnia après l'éradication .....	36
7	Analyse des facteurs influents du climat.....	37
7.1	Température de l'air.....	37
7.2	L'humidité relative.....	38
7.3	les vents.....	39
7.4	La pluviométrie.....	40
8	Caractéristiques techniques du centre.....	41
8.1	Nature des déchets admis et non admis au CET.....	41
8.2	Origine et composition des déchets.....	42
8.3	Casiers.....	43
8.3.1	Matériaux d'emprunt mis au remblai .....	43
8.3.2	Fourniture et mise en œuvre de la couche d'étanchéité en argile.....	43
8.3.3	Variation d'aménagement du casier d'enfouissement par le système d'étanchéification artificiel actif.....	44

# Table des matières

---

8.4	Système de drainage des eaux claires à l'intérieur du site.....	44
8.5	Système de drainage des eaux de percolation (lixiviats).....	44
8.6	Station de lagunage ou (bassin de récupération du lixiviat.....	45
8.7	Lixiviats après le lagunage.....	46
9	Conclusion.....	47
<b>Chapitre II : Caractérisation des lixiviats du CETMaghnia .....</b>		<b>48</b>
1	Introduction.....	48
2	Appareillage et méthodes.....	48
2.1	Appareillage.....	48
2.2	Méthodes.....	48
3	Points de prélèvement.....	49
4	Caractérisation des lixiviats du CET .....	51
5	Variation temporelle des paramètres physico-chimiques du lixiviatdu CET.....	55
<b>Chapitre III : Résultats et discussion.....</b>		<b>59</b>
1	Etude des métaux lourds.....	59
2	Etude de la variabilité de la DBO <sub>5</sub> .....	59
3	Etude de la variabilité de la DCO.....	60
4	Etude du rapport DCO/DBO <sub>5</sub> .....	60
5	Etude du rapport DBO <sub>5</sub> /DCO.....	60
6	Etude de la matière organique.....	60
7	Etude de la variation de l'Ammonium.....	61
8	Etude des Nitrates (NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> ) et des nitrites (NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> ).....	61
9	Etude de la variation de Température.....	61
10	Etude du pH.....	61
11	Etude de la Conductivité électrique.....	61
12	Etude de la Turbidité.....	62

## Table des matières

---

13	Etude de la variation des phosphates .....	62
14	Etude de la couleur et de l'odeur.....	62
15	Composition bactériologique des eaux.....	62
16	Etude des résultats de traitement par le lagunage naturel.....	62
16.1	Cinétique de dégradation de la matière organique.....	62
17	Synthèse.....	64
	<b>Conclusion générale</b> .....	67
	<b>ANNEXE 01</b> .....	70
	<b>ANNEXE 02</b> .....	86
	<b>Références bibliographiques</b> .....	87



### Introduction générale

L'augmentation de la production de déchets et leur prolifération dans l'espace urbain en Algérie, constituent un véritable défi pour les responsables locaux. La conjonction de plusieurs facteurs, tel que l'accroissement démographique, l'expansion urbanistique, le développement des activités socio-économiques et les mutations des modes de vie et de consommation, engendrent un gisement de déchets de plus en plus grandissant.[01]

La diversification des techniques de traitement des déchets amène à des choix parfois complexes. Chaque mode de traitement présente des avantages et des inconvénients et il n'existe pas de panacée. Il faut déterminer le mode de traitement le plus adapté au contexte socio-économique local.[01]

La principale voie de traitement des déchets en Algérie est la mise en décharge. Cette technique est souvent utilisée dans les pays en développement (PED), mais elle aboutit souvent à des décharges incontrôlées et à ciel ouvert, où tous les types de déchets sont rejetés, à l'état brut et mélangés : ménagers et assimilés, industriels, hospitaliers et agricoles.[01]

Plus de 3200 décharges sauvages sont recensées par le Ministère de l'Aménagement du Territoire et de l'Environnement en Algérie (Mate, 2012)[01], soit une superficie de plus de 150.000 hectares et situées le plus souvent sur des terres agricoles ou le long des oueds. Ces dernières sont dans un état d'insalubrité très prononcée et constituent un danger permanent pour l'environnement et la santé publique [02].

En outre, la quantité de déchets ménagers et assimilés produite en Algérie est estimée à 8,5 millions de tonnes/an. Un algérien en zone urbaine produit quotidiennement environ 0,7 kg de déchets solides. Au niveau de la capitale (Alger), cette production avoisine 0,9 kg/j/habitant [02].

Dans cette perspective l'état a engagé un programme de réalisation de Centres d'Enfouissement Technique (CET) de déchets ménagers et assimilés, appelés actuellement centres de stockage de déchets (CSD). Des installations classées qui obéissent aux prescriptions qui leur sont applicables notamment en matière d'étude d'impact sur l'environnement et d'étude de danger préalablement à sa réalisation, une vraie rupture avec les pratiques archaïques de dépôt de tous types de déchets dans des décharges sauvages et des sites inappropriés.[01]

Selon l'Agence nationale des déchets (AND, 2012), 32 CET sont achevés à travers le territoire national, 42 sont en cours de réalisation, 7 autres en voie de lancement, 12 en phase d'étude et 4 centres sont en phase de choix de site.[02]

Ce genre d'installation sert de stockage et de gestion des déchets pendant une période de temps limitée. En effet, bien que la durée de fonctionnement des CET soit limitée, leurs impacts n'en demeurent pas : les ordures ménagères continuent à vivre après leur

enfouissement, créant ainsi d'autres nuisances. La plus importante reste la production du biogaz issue de leur dégradation.[01]

L'autre souci majeur engendré par les CET est celui des liquides formés lors de la percolation des eaux pluviales avec les déchets en pleine décomposition : les lixiviats. Ces effluents, au fil du temps, se chargent en matières organiques et autres métaux lourds, ce qui fait un vecteur de pollution des plus dangereux. Cela montre la nécessité de leur traitement avant de les rejeter dans l'écosystème.[02]

Notre travail est composé de deux parties :

- ❖ Dans la première partie : seront traitées :
  - Des généralités sur les déchets, leurs compositions et leur dégradation,
  - Les différents types de décharge,
  - La pollution générée par les déchets des centres d'enfouissement technique.
- ❖ Dans la seconde partie nous allons procéder à :
  - Présenter le milieu d'étude,
  - Caractériser les lixiviats du CET présenté ainsi, nous déterminerons le niveau de pollution engendrée par ce dernier.
    - Dans une seconde étape nous présenterons les résultats des différentes analyses relatives aux échantillons pris sur le terrain.
    - Enfin en conclusion, nous essayerons de faire une synthèse des résultats trouvés.

## Chapitre I : Généralités sur la gestion des déchets ménagers et assimilés

### 1. Introduction

Les déchets, produits par les ménages et par les activités économiques, sont générateurs de nuisances et peuvent être dangereux pour l'homme et la nature. Il est donc essentiel d'en contenir la production et d'en maîtriser le devenir. Le code de l'environnement (Article L541-1 du code de l'environnement) définit le déchet comme "tout résidu d'un processus de production, de transformation ou d'utilisation, toute substance, matériau, produit abandonné ou que son détenteur destine à l'abandon" [02].

Il existe différents types de déchets. De manière générale, on peut distinguer les déchets par leur producteur (déchets ménagers, industriels ou agricoles) ou par la façon dont ils sont collectés (collecte par la commune, apport volontaire dans les déchèteries ou les points de tri sélectif, etc.) ou encore par leur devenir (mise en décharge, incinération, recyclage, etc.) [02].

On peut distinguer 3 types de déchets : inertes, non dangereux et dangereux. Les centres d'enfouissement technique (CET), anciennement appelés décharges autorisées font partie de ces lieux potentiellement nuisibles. Ce terme est désormais désuet, on parle maintenant d'Installation de Stockage des Déchets (ISD), et d'ISDND (Installation de Stockage des Déchets Non Dangereux pour les sites dits de classe II composés par les ordures ménagères et les déchets industriels banals [02].

### 2. Notions des déchets ménagers et assimilés

#### 2.1. Définition

La notion de déchets peut être définie de différentes manières selon le domaine et l'intérêt d'étude et parfois l'origine et l'état du déchet. Parmi les nombreuses définitions existantes, nous citerons celles qui nous paraissent les plus intéressantes :

- Le déchet est un résidu abandonné par son propriétaire, car inutilisable, sale ou encombrant.
- Est considéré comme déchet, tout résidu d'un processus de production, de transformation ou d'utilisation, toute substance, matériau, produit ou plus généralement, tout bien meuble abandonné ou que son détenteur destine à l'abandon.
- Les déchets sont des résidus de l'emploi de matières solides qui peuvent être putrescibles (matière apte à pourrir) ou non putrescibles.
- Les déchets sont des matières normalement solides ou semi-solides résultant des activités humaines et animales qui sont indésirables ou dangereuses
- Déchets : débris, restes sans valeur de quelque chose, ce qui tombe d'une matière qu'on travaille [03].

## 2.2. Classification des déchets

Selon leur origine, nous distinguons, les déchets urbains, industriels, hospitaliers, agricoles et les déchets particuliers en quantité limitée, appelés autrefois DTQD (déchets toxiques en quantités dispersées), désignés actuellement sous les noms de DSM (déchets spéciaux des ménages), DTQL (déchets toxique en quantités limitées) (Leroy, 1997) [01].

La loi algérienne relative à la gestion, au contrôle et à l'élimination des déchets, donne la classification suivante des déchets [02].

- Les déchets spéciaux y compris les déchets spéciaux dangereux,
- Les déchets ménagers et assimilés,
- Les déchets inertes [02].

## 3. Les ordures ménagères

### 3.1. Définitions

La grande majorité des services chargés de la gestion des déchets des différents pays définissent les ordures ménagères comme un ensemble de résidus hétérogènes dans lesquelles nous trouvons:

- Les détritiques de toute nature générés par les ménages (déchets de nourriture, de préparation de repas, balayures, textile, journaux.etc.).
- Les déchets de bureaux, commerces, industries et administrations, déchets des cours et jardins dans la mesure où ces déchets peuvent prendre place dans une limite à fixer, dans les récipients individuels ou collectifs aux fins d'enlèvement par les services municipaux.
- Les crottins, fumier, feuilles mortes, bois résidu du nettoyage et du balayage de la voirie, jardins, cimetières, parcs, etc., rassemblés aux fins d'évacuation.
- Les détritiques de foires, halles et marchés, etc.
- Les résidus des collectivités (cantines, écoles, casernes, hospices, prisons ... etc.), ainsi que les résidus des hôpitaux ayant un caractère ménager que l'on rassemble dans des récipients appropriés.
- Tout objet abandonné sur la voie publique, ainsi que les cadavres des petits animaux.

Cette énumération exclue formellement:

- Les déblais, gravats, décombres et débris des chantiers de travaux publics et constructions.
- Les déchets industriels et commerciaux.
- Les déchets anatomiques et infectieux des hôpitaux et abattoirs ainsi que les pansements, les médicaments, seringues et autres objets pouvant véhiculer des pollutions bactériologiques ou médicamenteuses.

- Tous les objets qui, en raison de leur encombrement, poids ou nature, ne pourraient être chargés dans les véhicules de collectes [03].

**Remarque :** Cette définition des ordures ménagères insiste sur le fait que les résidus doivent être rassemblés, que leur encombrement ne doit pas excéder une certaine limite, et qu'ils doivent être stockables dans des récipients appropriés au système de collecte en vigueur [03].

### 3.2. Déchets assimilés aux ordures ménagères

En raison de la nature et de l'encombrement d'un certain nombre de déchets, ceux-ci peuvent être assimilés à des ordures ménagères et traités comme tel. A ce titre, nous citerons:

- Certains déchets industriels non toxiques, à condition qu'ils puissent être stockés dans des récipients appropriés à la collecte des ordures ménagères (cas des industries à caractère artisanale, petite industrie du bois, panneaux, papier carton, imprimerie, artisanat, textile, petite industrie, agroalimentaire,...etc.).
- Les déchets des marchés à caractère essentiellement alimentaire (fruits et légumes, boucheries, poissonneries) sans pour autant exclure d'autres résidus tels que : les emballages [03].

### 3.3. Production et évolution des ordures ménagères

#### 3.3.1. Quantité générées et leur variabilité

Les quantités d'ordures ménagères générées dans une ville dépendent essentiellement de :

- L'habitat (milieu rural ou urbain avec un taux généralement plus faible en milieu rural).
- Le niveau de vie, les habitudes et les mœurs de la population (la production tend à s'accroître avec le niveau de vie ; ex. Zones résidentielles par rapport aux autres zones).
- Les conditions climatiques, ainsi que les variations annuelles et saisonnières.
- Les mouvements plus ou moins importants de la population au cours de l'année: foires, pèlerinage, vacances annuelles, etc.
- Des modes de conditionnement des denrées et des marchandises [03].

#### 3.3.2. Mesure de la production d'ordures ménagères

Les quantités d'ordures ménagères produites peuvent s'exprimer en poids ou en volume. Cependant en raison de la compressibilité des ordures ménagères, seul le poids constitue une donnée fiable et mesurable sur un pont-basculé. On mesure alors les quantités d'ordures ménagères en kg / habitant / jour ou par année. Par contre pour définir la taille des récipients, l'estimation des volumes est nécessaire [03].

**Remarque:** En pratique et en particulier dans les pays en voie de développement, on devra toujours faire la distinction entre les quantités d'ordures ménagères générées et les quantités de ces ordures collectées, ces dernières étant toujours très inférieures aux premières [03].

### 3.4. Quelques exemples de production d'ordures

Ces exemples figurent dans le (Tableau 1.I.1) ci-après :

Tableau 1.I.1 : Quelques exemples de production d'ordures dans le monde

<b>Zone de production</b>	<b>Production (kg / hab. / j)</b>
Pays hautement industrialisés	1,1 - 1,2
Pays moins avancés	0,35
Logement ou hôtel	0,6 - 0,8
Campings	0,3 - 0,5
Passage	0,1 - 0,2

Donc l'évolution de la production est essentiellement liée à deux facteurs : l'évolution démographique et l'évaluation quantitative par habitant [03].

## 4. Composition physico-chimiques des déchets ménagers et assimilés

L'étude de la composition des déchets est un pas essentiel pour une bonne gestion. Plusieurs raisons en sont citées par Reinhart et al. (1996) et Wicker (2000) dont notamment le besoin d'estimer la quantité des matériaux produits, l'identification de la source de génération, de faciliter le design des équipements des procédés de traitement, de définir les propriétés physiques, chimiques et thermiques des déchets et de veiller sur la conformité avec les lois et règlements locaux [04].

### 4.1. Composition physique

La connaissance de la composition des ordures ménagères est un préalable indispensable à une bonne gestion des déchets ménagers. Elle aide aux choix techniques et d'organisation permettant ainsi des gains d'efficacité et une meilleure maîtrise des coûts. Ces déchets sont répartis selon différentes catégories et sous catégories telles que les plastiques, les papiers-cartons, les putrescibles, les Combustibles Non Classés (CNC), les Incombustibles Non Classés (INC), les textiles, etc. (tableau 1.I.2) [02]. Les déchets de taille inférieure à 20 mm représentent 20% de la masse moyenne humide des déchets ménagers. Leur tri a permis de déterminer la présence de 50,5% de déchets putrescibles, de 41,7% d'INC, de 4,5% de verre et de 2,4% de CNC. Ces valeurs ont été prises en compte lors de la détermination de la composition globale des ordures ménagères [02].

Catégories	% masse humide (MH)	% masse sèche (MS)	kg/hab/an
Déchets putrescibles	28,8	15,9	130
Papiers - cartons	25,3	26,9	115
Complexes (Tétra brick)	1,4	1,6	14
Textiles (emballages textiles, autres...)	2,6	3,0	12
Textiles sanitaires (couches, coton hygiénique...)	3,1	1,9	51
Plastiques	11,1	12,7	6
CNC (bois, caoutchouc...)	3,2	3,9	15
Verres	13,1	19,1	60
Métaux	4,1	5,6	19
INC (pierres, gravats...)	6,8	8,9	31
Déchets spéciaux	0,5	0,7	2

Tableau 1.I.2 : Composition physique moyenne des déchets ménagers et assimilés (ADEME, 2000b) [02]

Les déchets ménagers sont principalement constitués de putrescibles et de papiers cartons. Ces derniers représentent 55% du poids humide des déchets. Cette composition est variable selon les pays, le site, la période de l'année, le type d'habitat, voire même d'un jour à l'autre sur un même site [02].

#### 4.2. Composition chimique

Une caractérisation chimique a également été réalisée. La pollution contenue dans ces déchets est d'origine organique, minérale et métallique. La matière organique est apportée en grande partie par les déchets putrescibles et papiers-cartons (Matière organique non synthétique) et par les plastiques (Matière organique synthétique) [02].

#### 5. Paramètres clés de la dégradation des déchets ménagers et assimilés

Le massif de déchets enfouis est un réacteur biologique, où se déroule une multitude de réactions chimiques. La dégradation des déchets s'effectue en plusieurs étapes métaboliques, sous l'action de micro-organismes spécifiques, où les produits d'une étape deviennent les substrats de l'étape suivante. La succession de ces étapes aboutit à la minéralisation partielle de la matière organique et à sa transformation en molécules plus complexes. Deux phases majeures sont à distinguer, une première phase courte qui a lieu en aérobiose et une seconde beaucoup plus longue en anaérobiose. Plusieurs facteurs, présentés dans le tableau 1.I.3, sont susceptibles d'influencer la dégradation des déchets [02].

Tableau 1.I.3: Facteurs d'influence de la biodégradation des déchets en conditions d'enfouissement [02].

	Facteur	Influence	Référence
Facteurs favorisant la dégradation	Humidité	<u>Optimale</u> -si > 10-20% -si > 25-30%	Palmisano & Barlaz, (1996) Noble <i>et al.</i> , (1988) ; Gurijala & Sulfito, (1993) Gachet, (2005)
		<u>Critique</u> -si = 55% -si > 60%	DeWalle <i>et al.</i> , (1978) ; Rees, (1980) ; Yuenet <i>et al.</i> , (1995)
	Température	<u>Optimale</u> -entre 30 et 35°C -entre 35 et 40°C	Kotze <i>et al.</i> , (1969) Peres <i>et al.</i> , (1992) ; Yuen <i>et al.</i> , (1995)
		<u>Critique</u> -conditions thermophiles = accumulation d'AGV au cours des premières phases de dégradation	Mata-Alvarez, (2003)
	pH	<u>Optimal pour acidogénèse</u> - ≤ 6 <u>Optimal pour méthanogénèse</u> -entre 6 et 8 -entre 6,4 et 7,4 -entre 6,8 et 7,5 -entre 6,4 et 7,2	Gourdon, (1987) ; Graindorge, (1990)  Ehrig, (1983) ; Yuenet <i>et al.</i> , (1995) Barlaz, (1996) ; Farquhar & Rovers, (1997) Williams, (1998) Chughet <i>et al.</i> , (1998)
Teneur en Oxygène	<u>Bactéries méthanogènes</u> - > -100 mV - > -200 mV - entre -200 et -300 mV	Pohland & Al-Yousfi, (1994) Farquhar & Rovers, (1973) François, (2004) ; Yuenet <i>et al.</i> , (1995)	
Nutriments	-mal adapté à cause de l'hétérogénéité des déchets	Yuenet <i>et al.</i> , (1995)	
	Compactage et Broyage	<b>Broyage</b> -augmentation surface de contact -homogénéisation du déchet et de l'humidité → augmentation biodégradation mais risque d'inhibition par accumulation d'AGV <b>Compactage</b> -baisse de la perméabilité du déchet et augmentation du volume de stockage -meilleur contact entre substrat et micro-organismes	Williams, (1998) ; Sponza & Agdad, (2005)  Palmowski & Müller, (1999)  Yuen <i>et al.</i> , (1995)
		Aération	-diminution de la charge organique facilement hydrolysable → mise en place de la méthanogénèse favorisée -augmentation de la température des déchets
Facteurs inhibant la dégradation	Acides Gras Volatils	<b>Concentrations inhibitrices</b> -6000 mg/L - > 10000 mg/L	Kugelmann & Chin, (1971) Chynoweth & Pullammanappallil, (1996) ; Aguilar <i>et al.</i> , (1995)
	Dihydrogène	-pression partielle > 10-6 atm -pression partielle = 10-4 atm	Yuen <i>et al.</i> , (1995) Pohland & Kim, (1999)
	Ions et métaux	-Sodium : 3500-5500 mg/L -Potassium : 2500-4500 mg/L -Calcium : 2500-4500 mg/L -Magnesium : 1000-1500 mg/L -Ammonium : -1500-3000 mg/L -6000 mg/L : pas d'inhibition -adaptation des micro-organismes aux fortes concentrations en azote ammoniacal	Yuen <i>et al.</i> , (1995)  Yuen <i>et al.</i> , (1995) Chen <i>et al.</i> , (1997) Burton & Watson-Craik, (1998)



L'humidité, le pH, la température ainsi que les autres paramètres cités précédemment influent sur la croissance des micro-organismes et leur développement dans le milieu. Une carence en eau, des températures trop faibles et un fort compactage sont susceptibles de bloquer les processus biochimiques. La méthanogénèse est sensible à différents inhibiteurs comprenant les cations, les métaux lourds, les sulfates, l'ammoniaque et les acides gras volatils pour lesquels les effets inhibiteurs sont encore très controversés. Selon certains auteurs, il faudrait 10 g/L de chaque acide pour avoir une inhibition significative alors que pour d'autres auteurs, une concentration totale d'AGV supérieure à 3 g/L pourrait suffire à inhiber la méthanogénèse. Le suivi de ce paramètre est essentiel lors de la dégradation anaérobie pour la détection d'un problème de stabilité du processus. De nombreux auteurs ont montré que lors d'une inhibition du système, les AGV s'accumulaient [02].

## 6. Conclusion

Le problème des déchets est devenue le souci majeur de tous les pays dont la gestion reste complexe: les installations de traitement arrivent à saturation, leur incinération, leur stockage ou leur traitement participent à la pollution atmosphérique, des sols et de l'eau et émettent des gaz à effet de serre.

En Algérie ce problème se pose encore avec acuité. Les pouvoirs publics, conscients que cette activité recèle de nombreuses opportunités socio-économiques, ont montré leur volonté de doter le pays d'un système de gestion sain et performant.

Pour améliorer la gestion des déchets ménagers les autorités, notamment le ministère de l'Environnement et de l'Aménagement du territoire, ont initié un programme national de gestion des déchets solides municipaux (PROGDEM). Cette démarche s'inscrit dans le cadre de la mise en œuvre de la politique environnementale.

Ce programme national, selon ses initiateurs, vise à éradiquer les pratiques de décharges sauvages, à organiser la collecte, le transport et l'élimination des déchets solides municipaux dans des conditions garantissant la protection de l'environnement et la préservation de l'hygiène du milieu par notamment la réalisation, l'aménagement et l'équipement de centres d'enfouissement technique (CET) dans l'ensemble des wilayas[02].

## Chapitre II : Centres d'enfouissement techniques

### 1. Introduction

Les décharges sont la plus ancienne manière de se débarrasser des déchets, et se placent aujourd'hui en dernière position dans la hiérarchie européenne des modes de traitement des déchets. C'est seulement depuis la fin des années 1990 que la réglementation est devenue plus contraignante en France pour les constructeurs et exploitants de décharges, également appelées "centres de stockage" ou "centre d'enfouissement technique". Cela a conduit à la fermeture de nombreux sites. Persistent aujourd'hui environ 250 décharges d'ordures ménagères ainsi qu'un nombre important de décharges sauvages. Malgré les pansements technologiques imposés par la loi, la contamination de l'environnement par les décharges persiste, de manière diffuse et durable, et participe au réchauffement climatique [05].

### 2. Décharges sauvages

#### 2.1. Décharges brutes

Sur un lieu préalablement déterminé selon les normes que nous verrons plus loin, tous les déchets sont déversés sans autre précaution, mais au moins il y a déjà ce regroupement de tous les déchets en un point, au lieu d'avoir plusieurs décharges sauvages (Anonyme, 1990) [06].

#### 2.2. Décharges sauvages

Elle se crée en contravention des règlements, sur laquelle certains habitants viennent déposer leurs déchets « à la sauvette » à moins que ce ne soit au vu et au su des autres habitants qui font aussi de même.

L'image de ces décharges est donnée par ces amoncellements d'immondices qui peuvent se développer jusqu'à former des montagnes d'ordures fumantes et malodorantes (Gillet, 1985) [06].

#### 2.3. Décharges contrôlées

Au sens de l'article 2,18 du décret wallon du 27 juin 1996 relatif aux déchets, on définit les centres d'enfouissement techniques comme un site d'élimination des déchets par dépôt des déchets sur ou dans la terre (c'est-à-dire en sous-sol)

La décharge est le moyen d'évacuation le plus satisfaisant et le plus économique, mais uniquement si le terrain approprié n'est pas trop éloigné du lieu de production des déchets.

Actuellement, la mise en décharge est utilisée comme méthode de gestion des déchets dans tous les états, son importance varie selon les pays, selon les conditions géographique et géologique.

Le ministère de la l'Aménagement du Territoire et de l'Environnement algérien a programmé la réalisation de 300 centres d'enfouissement techniques et décharges contrôlées. Déjà 90 projets sont achevés ou en voie d'achèvement.

Il existe plusieurs types de décharges contrôlées (Gillet, 1985) :

- Décharge contrôlée de type traditionnel,
- Décharge contrôlée compactée,
- Décharge contrôlée de déchets broyés,

- Décharge contrôlée de déchets mis en balles,
- Décharge de déchets prétraités [01].

### 3. Classification des centres d'enfouissement

Il y a diverses méthodes pour classer les décharges contrôlées:

\*- Selon le type de déchets admis :

- les décharges pour les déchets spéciaux (classe I).
- les décharges pour les déchets ménagers et assimilés (classe II).
- les décharges pour les déchets inertes (classe III) [06].

#### 3.1. CET de classe I

Les décharges de classe I accueillent principalement les "déchets industriels spéciaux", présentant un caractère dangereux reconnu pour le milieu naturel ou les êtres vivants. Elles sont également appelées Centres de Stockage de Déchets Dangereux (CSDD).

Avant d'être enfouis, les déchets sont "stabilisés" par extraction notamment des liquides dangereux pour limiter les réactions chimiques dans la fosse [08].

#### 3.2. CET de classe II

Les décharges de classe II accueillent les Déchets Ménagers et Assimilés (DMA), ainsi que les Déchets Industriels Banals (DIB). Elles sont également appelées Installation de Stockage de Déchets non Dangereux (ISDND) et Centre de Stockage de Déchets Ultimes (CSDU).

Selon la loi-cadre déchet de 1992, il est interdit d'enfouir autre chose dans ces décharges que du déchet ultime, un déchet "qui n'est plus susceptible d'être traité dans les conditions techniques et économiques du moment, notamment par extraction de la part valorisable ou par réduction de son caractère polluant ou dangereux" [08].

#### 3.3. CET de classe III

Les décharges de classe III accueillent principalement des déchets du bâtiment et des travaux publics (terres, gravats, déchets de démolition, etc.).

Des trois catégories de décharges, ce sont les moins réglementées : à défaut d'une réglementation issue du Code de l'Environnement, comme c'est le cas pour les décharges de Classe 1 et 2, les décharges de Classe 3 sont soumises au Code de l'Urbanisme et placées sous l'autorité du maire des communes accueillant ces installations. Elles ne sont donc pas des "Installations classées pour la protection de l'environnement" [08].

**Tableau 1.II.1:** Grands types de sites de décharges [09]

Catégorie du site	K (m. s <sup>-1</sup> )	Caractéristiques du site	Déchets industriels admissibles
<b>Classe 1</b> (site imperméable)	$K \leq 10^{-9}$	1. Fond imperméable, 2. Aptitude à un façonnage garantissant, les écoulements vers un point bas, 3. Aptitude à l'implantation d'un ouvrage, de contournement évitant l'entrée des eaux superficielles, 4. Aptitude à une couverture en pente, favorisant le ruissellement.	Certains déchets spéciaux
<b>Classe 2</b> (site semi-perméable)	$10^{-6} \leq K \leq 10^{-9}$	1. Capacité du site à assurer une épuration des lixiviats, 2. Infiltrations modérées du bilan hydrique, les écoulements vers un point bas, 3. Intérêt à garantir les eaux souterraines contre les risques de pollution	Déchets assimilables Aux ordures ménagères
<b>Classe 3</b> (site perméable)	$K \geq 10^{-6}$	Migration trop rapide des lixiviats constituant un risque élevé de pollution des nappes.	Déchets inertes

\*- Selon la forme de la décharge : La forme d'une décharge à concevoir est déterminée par les caractéristiques du site, notamment sa topographie, c'est-à-dire par la nature du terrain. En principe, nous pouvons distinguer ici trois cas :

**1. Décharges en tas :** la construction en forme de tumulus est souvent la seule solution réalisable dans les terrains plats.

**2. Décharges en pente :** cette forme peut se justifier par la topographie du terrain.

**3. Décharges en fosse :** par exemple dans une ancienne excavation industrielle ou carrière désaffectée.

La décharge en fosse n'est pas recommandée à cause des problèmes posés par l'évacuation des lixiviats et des efforts importants à entreprendre pour rendre étanches la base et les côtés afin d'empêcher l'infiltration vers la nappe phréatique.

En raison des risques potentiels de nuisances et de pollution, le choix du site est un facteur déterminant pour tout projet de décharge contrôlée (Hueber, 2001) [06].

#### 4. fonctionnement d'une ISD

Le fonctionnement d'une ISD peut s'apparenter à un réacteur bio-physico-chimique donnant lieu à des réactions et à des évolutions complexes qui aboutissent à la transformation chimique, physique et biologique des déchets. Du fait des conditions géologiques et hydrogéologiques du site, de la nature des déchets stockés et du mode de gestion de l'exploitation, chaque centre de stockage est un cas unique, il n'est donc pas envisageable de déterminer avec précision un mode d'évolution qui serait applicable à tous les centres.

Cependant, certains phénomènes sont communs à la majorité des sites et peuvent être quantifiés, permettant ainsi de caractériser l'évolution générale d'une installation de stockage, en particulier en ce qui concerne les aspects biologiques, physico-chimiques, hydrauliques, et géotechniques<sup>1</sup>:

<sup>1</sup>: Informations recueillies dans le rapport des ministères de l'Environnement et de la Santé. (Stockage des déchets et santé publique, Septembre 2004, Réalisation : Institut de veille sanitaire, ADEME, Afsse, BRGM, Ineris, RSD, Astee, SFSP

- les matières biodégradables mises en décharge font l'objet d'une évolution biologique sous l'action des bactéries aérobies puis des bactéries anaérobies,
- en l'absence de dispositions particulières, l'eau qui s'écoule à travers la masse des déchets produit des lixiviats en se chargeant de substances chimiques et/ou biologiques,
- des réactions chimiques ou physiques conduisent à la destruction partielle de la matière et à la solubilisation de certaines molécules ou à leur transformation en gaz,
- les déchets stockés, et souvent les sols qui les entourent, sont constitués de matériaux hétérogènes sur le plan de leur qualité physique. Les casiers et les alvéoles subissent des tassements qui modifient leurs caractéristiques mécaniques et géotechniques [10].

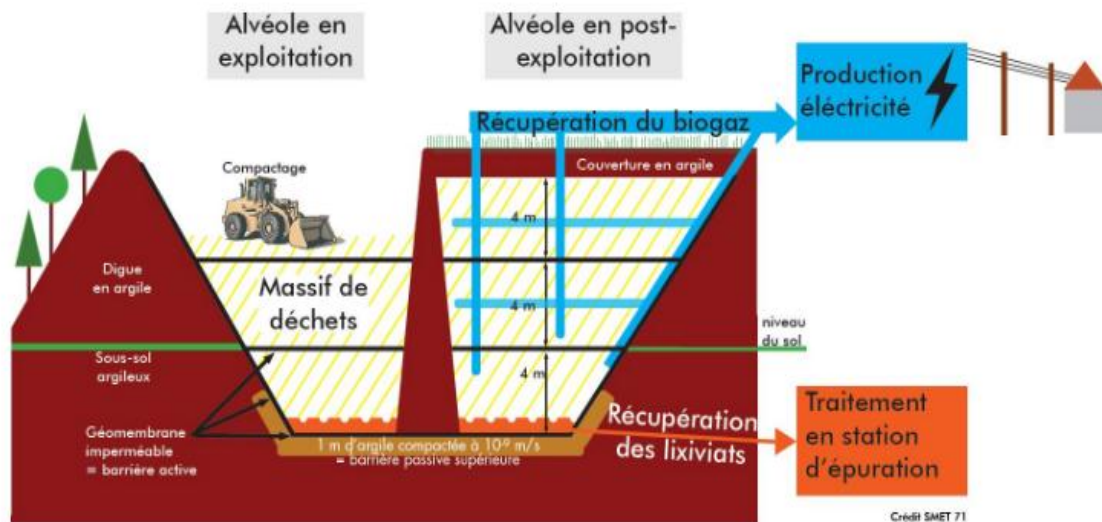


Figure 1.II.1. Schéma de fonctionnement d'une ISD [11]

## 5. Evolution des déchets dans une décharge d'ordures ménagères

Une fois déposés dans la décharge, les déchets subissent une dégradation aérobie favorisée par l'oxygène en place. Durant cette phase aérobie, ce sont les micro-organismes hydrolytiques qui assurent la dégradation de la matière organique solide présente dans les déchets par l'action d'enzymes spécifiques (protéolytiques, cellulolytiques, lipoprotéiques). Il résulte de ces dégradations une transformation des grosses molécules organiques insolubles en molécules plus petites qui pourront ultérieurement servir de substrats pour d'autres microorganismes [02].

Ce métabolisme aérobie peut continuer jusqu'à une minéralisation complète des substrats biodégradables et conduit à des métabolites finaux ( $\text{CO}_2$ ,  $\text{H}_2\text{O}$ ,  $\text{CO}_3^{2-}$ ,  $\text{HCO}_3^-$ ,  $\text{NO}_3^-$ ,  $\text{PO}_4^{3-}$  et  $\text{SO}_4^{2-}$ ). Après c'est la dégradation anaérobie qui prend le relais produisant ainsi du  $\text{CO}_2$  et  $\text{CH}_4$ . Enfin, Chian (1985) et Pohland (1985) ont défini 5 phases de digestion anaérobie des déchets [02] :

### 5.1. Phase de latence

Durant laquelle, on assiste à un remplissage initial, augmentation de l'humidité et un début de tassement des alvéoles [02].

## 5.2. Phase de transition

Cette phase est caractérisée par la première production des lixiviats et un début de la dominance de la phase anaérobie qui se manifeste par une substitution de l'oxygène par les nitrates ou les sulfates comme accepteur final d'électrons. De plus, durant cette étape, on assiste à une hydrolyse bactérienne aérobie ou anaérobie des complexes organiques aboutissant à la formation de sucres simples, d'acides gras et d'acides aminés. Notons enfin les premières formations des AGV (acides gras volatils) [11].

## 5.3. Phase acidogène

C'est la phase des AGV qui peuvent constituer jusqu'à 95 % du carbone organique total (COT). Ceci est dû au développement d'une autre flore bactérienne capable de transformer les produits issus de l'hydrolyse en acide acétique, en acétates (avec formation d' $H_2$  et  $CO_2$ ), en alcool ou en AGV. L'ensemble de ces composés conduit à la production de lixiviats acides [11].

## 5.4. Phase de fermentation méthanique

Au cours de cette étape, les AGV, l'acide acétique et le méthanol formés dans la phase acidogène sont métabolisés. Les résidus de cette métabolisation sont des gaz:  $CH_4$  (45 à 60%),  $CO_2$  (35 à 50 %) et de grosses molécules stabilisées (acides humiques). Cette étape est favorisée par des bactéries strictement anaérobies. De plus, lors de cette étape, on enregistre souvent une élévation du pH donnant des valeurs proches de la neutralité. Enfin la portion organique des lixiviats diminue et il s'y adjoint un phénomène de complexation et de précipitation des métaux [11].

## 5.5. Phase de maturation finale

Cette phase est caractérisée par une diminution des teneurs en nutriments et une diminution de biogaz [11].

## 6. L'enfouissement

Les déchets dits ultimes, c'est-à-dire ceux dont les caractéristiques ne permettent pas d'envisager une forme de valorisation dans les conditions techniques et économiques du moment, doivent être traités.

Les Centres d'Enfouissement Techniques (CET) ou Installations de Stockage pour les Déchets Non Dangereux (ISDND) sont indispensables pour accueillir ces déchets. L'enfouissement constitue ainsi l'exutoire final et obligatoire de toute filière de traitement des déchets ménagers.

La loi de 1992 sur la modernisation de la gestion des déchets ménagers a bouleversé le concept de la décharge. Cette réglementation est très stricte et draconienne. L'enfouissement consiste toujours à stocker les déchets mais dans des conditions très contrôlées afin de maîtriser leur impact sur l'environnement.

De manière générale, la loi fixe :

- les critères d'implantation de ce type d'équipement (la distance aux habitations, l'épaisseur et l'imperméabilité du sol),
- les critères d'aménagement du site,

- les règles d'exploitation d'une ISDND (exploitation en casiers étanches, récupération des jus et des gaz de fermentation,...),
- les règles de réaménagement et du contrôle du site après exploitation [12].

### 7. L'enfouissement : pour quels déchets ?

Conformément à la réglementation, les ISDND acceptent uniquement les déchets ultimes, à savoir :

- les déchets non valorisables des ménages : refus de compostage et de tri non valorisables, encombrants et gravats issus des déchèteries,...
- les déchets industriels banals non valorisables issus des artisans, commerces et industries (assimilables aux déchets des ménages),
- les refus de bois non valorisables,
- les boues de station d'épuration non valorisables dont le taux d'humidité ne dépasse pas 30%.

#### Les déchets non admis sont :

- les déchets dangereux ou polluants : déchets toxiques, radioactifs, inflammables, corrosifs ou explosifs,...etc.
- les déchets contaminés ou infectieux issus d'activités médicales,
- les déchets spéciaux des entreprises (peintures, solvants,...),
- les déchets d'assainissement urbains: matières de vidange, graisses, boues de curage, boues de station d'épuration dont le taux d'humidité dépasse 70% [12].

### 8. Conclusion

L'enfouissement technique reste un mode important d'élimination des déchets. Un centre d'enfouissement technique doit permettre non seulement une gestion efficace des déchets mais aussi le traitement après drainage et récupération des deux effluents que sont les biogaz et les lixiviats.

Les eaux météoriques, en percolant à travers les déchets, s'enrichissent en divers polluants avant de devenir des eaux usées appelées lixiviats ou jus de décharge. La qualité physico-chimique de ces effluents est non seulement très diverse mais aussi variable dans le temps (pour un même site) et dans l'espace (d'un site à un autre).

## Chapitre III : Pollution par les déchets ménagers

### 1. Introduction

De nos jours l'utilisation intensive et abusive des ressources et le rejet des déchets dans l'environnement contribuent à détériorer notre milieu. Ce changement a un impact sur la société, la santé humaine, l'économie, les espèces vivantes, la production alimentaire, le tourisme et l'écologie.

Chaque jour la pollution de notre environnement augmente, la santé humaine est de plus en plus mise en danger, mais nous n'en préoccuons pas. Comme l'on ne voit pas directement les conséquences de nos actes, on s'en préoccupe peu.

C'est pourquoi nous ne pourrions pas diminuer le rejet des déchets tant que l'on n'exploitera pas les ressources d'une façon intelligente et en prévenant le gaspillage inutile. [13]

### 2. Flux polluants générés par les Centres de Stockage des Déchets

#### 2.1. Lixiviats

Le terme lixiviat est défini comme étant "Tout liquide filtrant par percolation des déchets mis en décharge et s'écoulant d'une décharge ou contenu dans celle - ci " (Directive européenne du 26 avril 1999 et l'Arrêté ministériel du 09 septembre 1997) qui se charge mécaniquement, bactériologiquement et surtout chimiquement de substances minérales et organiques (Navarro et al, 1988, Matejka, 2005, Amokrane, 1994).

Les principaux paramètres mesurés sont la demande chimique en oxygène (DCO), la demande biologique en oxygène (DBO<sub>5</sub>), le carbone organique total (COT), la teneur en matière azotée (Azote organique, NH<sub>4</sub><sup>+</sup>, NO<sub>3</sub><sup>-</sup>, NO<sub>2</sub><sup>-</sup>, le pH, la conductivité illustrant la charge en ions minéraux, la concentration en métaux lourds (Fe, Zn, Cu, Cd, Pb, Hg, Ni, Ag), les teneurs en micropolluants organiques (hydrocarbures, phénols, pesticides et solvants organiques), les acides gras volatils (AGV) puis les microorganismes pathogènes et non pathogènes (ADEME, 1996). La composition des lixiviat n'est pas constante au cours du temps, elle évolue en fonction de l'état de dégradation des déchets (Millot, 1986 ).

D'après Wagner et Vasel (1998), rapporté par Charnay en 2005, la composition des lixiviat est une photographie de l'état d'évolution du déchet.

Les lixiviat doivent être drainés, récupérés et traités ou acheminés vers une station d'épuration avant rejet dans le milieu naturel. [14]

#### 2.2. Le biogaz

Le biogaz est une source d'énergie qui provient de la dégradation de la matière organique en l'absence d'oxygène.

Ce phénomène naturel peut être observé dans les marais ou les décharges d'ordures ménagères. On peut le provoquer et l'intensifier en faisant la méthanisation en digesteurs (sorte de gros silos) où cette dégradation est contrôlée [02].



Le biogaz est un mélange composé essentiellement de méthane et de dioxyde de carbone (le rapport  $\text{CH}_4/\text{CO}_2$  est d'environ 60/40 en phase de méthanogénèse) [02].

D'autres produits minoritaires sont également présents tels que le sulfure d'hydrogène, les mercaptans et des composés organiques volatils. La production de biogaz liée à la phase de stabilisation des déchets, en système anaérobie, dépend de plusieurs paramètres dont la nature du déchet, la teneur en humidité, la température, le pH, la disponibilité des nutriments et la présence d'inhibiteurs [02].

Le biogaz représente une source d'énergie et de chaleur mais il a cependant un impact non négligeable sur l'environnement. En effet, le méthane participe activement à l'effet de serre et l'émission issue des décharges d'ordures ménagères est l'une des sources anthropogéniques les plus importantes.

### **3. Lixiviats des décharges**

#### **3.1. Définition**

Les lixiviats sont des effluents toxiques issus des centres de stockage des déchets. Ils sont composés de multiples éléments organiques et minéraux.

Le lixiviat est défini comme étant l'eau qui percole à travers les déchets en se chargeant bactériologiquement et chimiquement de substances minérales et organiques c'est «le jus des poubelles».[02].

Les lixiviats de décharge résultent de la percolation à travers le massif de déchets de l'eau contenue dans les déchets et de l'eau apportée par les précipitations (Billard, 2001c). Au cours de son transfert, l'eau se charge en polluants organiques et minéraux, présents sous formes solubles, particulaires ou colloïdales, via des mécanismes de transport des éléments, des mécanismes chimiques et des processus biologiques (Amokrane, 1994). La charge minérale des lixiviats provient du lessivage des déchets, mais également de la minéralisation des matières organiques (Gachet, 2005), c'est un effluent complexe dont le flux émis et la composition sont en relation avec de nombreux paramètres tels que les conditions climatiques, la pluviométrie, la nature et l'âge ou le mode d'exploitation (Lagier, 2000).[14]

La production massive de celui-ci engendre des risques de pollution des sols, des rivières et des nappes phréatiques, Il est donc nécessaire de le collecter et de le traiter avant son rejet dans le milieu naturel[02].

#### **3.2. Origine**

L'eau, qui percole à travers la masse des déchets enfouis, se charge des matières minérales et organiques, solubles et en suspension présentes dans la masse. Le liquide résultant de ce processus s'appelle lixiviat. On l'appelle aussi éluât, et dans un langage plus familier « jus de décharge »

D'où vient ce liquide ? Des eaux de précipitations, de ruissellement et d'infiltration qui percolent jusqu'au fond de la décharge, des sources d'eaux souterraines interceptées par l'excavation de la décharge, de l'eau contenue dans les déchets et celle de leur décomposition.

Le flux et le volume du lixiviat dépend de plusieurs facteurs : l'hydrologie de surface, l'hydrogéologie du site, l'isolation par rapport à la nappe phréatique, le drainage des lixiviats, les conditions climatiques, etc. [15]

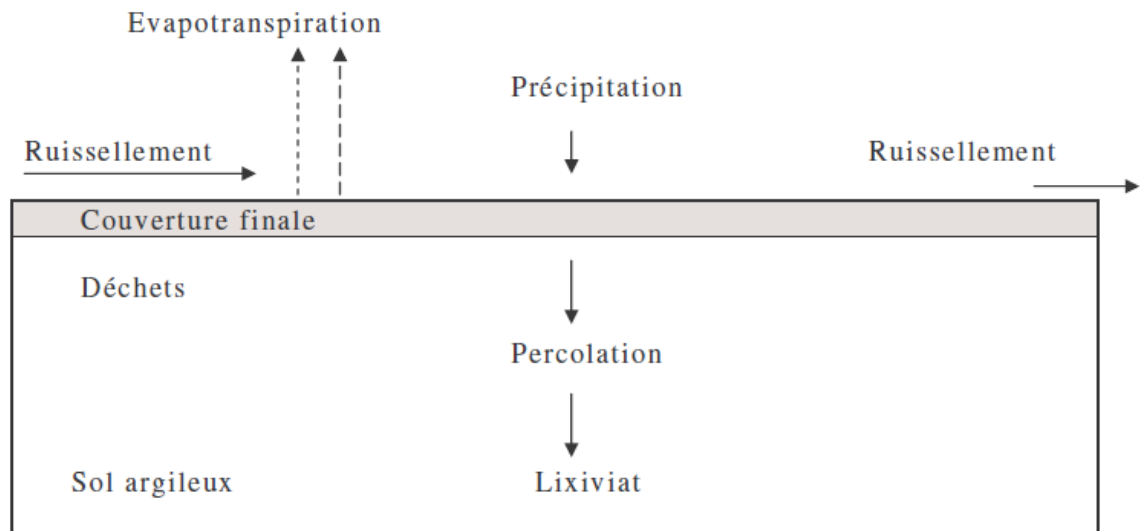


Figure 1.III.1: Processus de production des lixiviats [15]

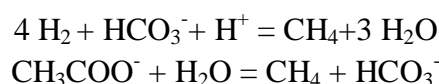
### 3.3. Genèse des lixiviats : Biodégradation et stabilisation des déchets

La composition des lixiviats est liée aux mécanismes physico-chimiques et biologiques se déroulant au niveau de la décharge. [14]

Quatre phases sont distinguées (Borgés, 1988 ; Barrés et al., 1990 ; Moletta, 1993 dans Lanini 1998 ):

- **Hydrolyse** : les molécules complexes sont réduites en composés plus petits, solubles. Ainsi, les carbohydrates sont transformés en sucres simples, les lipides en acides gras à courte chaîne et les protéines en acides aminés et peptides. Cette étape peut se dérouler en aérobiose partielle. [14]
- **Acidogénèse** : les produits de l'hydrolyse sont dégradés en acides organiques légers (Acides Gras Volatiles), de l'ammoniaque (NH<sub>3</sub>), de l'hydrogène et du dioxyde de carbone gazeux.
- **Acétogénèse** : Ces réactions transforment les AGV en acide acétique, hydrogène gazeux et dioxyde de carbone. Cette phase est réalisée par des microorganismes anaérobies. [14]
- **Méthanogénèse** : L'acétate est converti en CO<sub>2</sub> et CH<sub>4</sub>. Les microorganismes méthanogènes sont strictement anaérobies. Ils nécessitent un environnement assez spécifique, qui rend cette dernière étape des processus de dégradation très dépendante des précédentes.

Réactions chimiques (Gachet, 2005) :



Christensen et al.(2001) rajoute une dernière phase dite de "maturation-stabilisation", qui correspond à la fin de la méthanogénèse, où, entre autres, l'oxygène réapparaît dans le milieu.[14]

De la même manière, d'autres auteurs ont découpé l'évolution des décharges en fonction de la production des gaz. Ainsi, cinq phases ont été identifiées (Cabrel, 2002) :

- Phase I** : Phase aérobie.
- Phase II** : Phase anaérobie non méthanogène.
- Phase III**: Phase anaérobie non méthanogène instable.

**-Phase IV** : Phase anaérobie méthanogène stable.

**-Phase V** : Phase terminale de maturation.

Et en terme de durée, les Phases IV et V, sont considérées comme étant les plus longues.

[14]

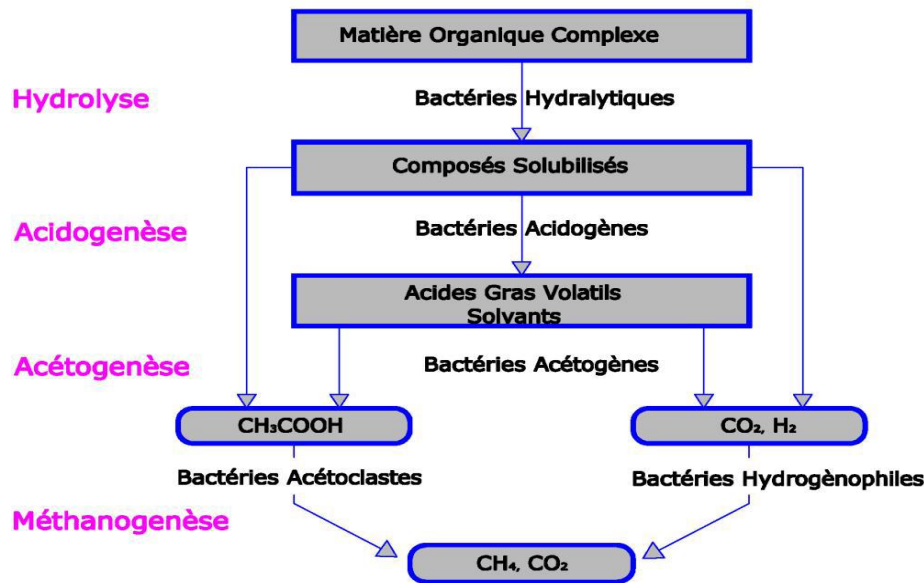


Figure 1.III.2: Mécanismes Biologiques aérobie, anaérobie et physico-chimiques dans un massif de déchets [14]

### 3.4. Le stockage des lixiviats

Le stockage des lixiviats est en général nécessaire durant la phase d'exploitation pour faire face aux pics pluviométriques. Leur production et leur composition varient de façon significative en fonction de plusieurs paramètres, dont (Cabrel, 2002):

- Le type de recouvrement,
- Le climat (précipitations annuelles et leur distribution temporelle, ensoleillement, évapotranspiration, température),
- Le ruissellement (fonction de la pente du recouvrement et du type de surface),
- La composition des déchets,
- La densité des déchets et leur teneur en eau lors de la mise en place,
- La qualité du recouvrement journalier et sa disposition,
- La profondeur du site. [14]

Malgré sa complexité, nous pouvons distinguer quatre groupes de polluants caractérisant le lixiviat (Matejka, 1995) : la matière organique dissoute, les composés minéraux majeurs : sels, les composés organiques anthropiques (hydrocarbures aromatiques, phénols, composés aliphatiques chlorés... - concentration inférieure à 1mg.L<sup>-1</sup>) et Les métaux lourds (Zn, cd, Cr, Cu, ni, Pb.....) - à l'état de traces. [14]

### 3.5. Principaux facteurs influençant la production des lixiviats

Le lixiviat provient de l'eau du déchet, des précipitations météoriques et des eaux provenant de la nappe phréatique (Farquhar, 1989). Leur intensité gouverne le volume du lixiviat produit. La composition qualitative et quantitative du lixiviat dépend des pluies, de la couverture de la décharge, de la topographie du site, du taux de compactage, de la teneur en eau des déchets ou capacité au champ, du mode de comblement et de la température (Deunevy, 1987). Cependant, selon Kmet (1982), 20 % des précipitations conduisent à la production des lixiviats. Alors que Stegmann (1980) a trouvé des pourcentages différents en fonction de l'état de compaction des déchets, 15 à 25 % des pluies forment du lixiviat pour les décharges compactées et 25 à 50 % dans le cas d'une décharge non compactée. Enfin, nous noterons que généralement l'étude qualitative et quantitative d'une décharge est très délicate et diffère d'une décharge à une autre suite à la présence de plusieurs mécanismes biologiques et physico-chimiques qui gèrent la production des lixiviats au sein d'une décharge. [09]

### 3.6. Mécanismes de formation des lixiviats

Les lixiviats sont produits lorsque la teneur en humidité dépasse la valeur maximale de rétention qui est définie comme la valeur maximale de liquide que peut retenir un milieu poreux sans produire de percola [16].

Ce processus dépend de plusieurs facteurs :

- Facteurs climatiques et hydrogéologiques : les pluies, la neige, l'intrusion des eaux souterraines,
- Qualité des déchets : l'âge, la perméabilité, la teneur initiale en humidité, la taille des particules... ,
- L'exploitation et la gestion du site : compactage, végétation, couverture, recirculation, irrigation... ,
- Mécanismes internes : décomposition des composés organiques, formation de biogaz et de la chaleur.

Après la première dégradation aérobie au début de l'enfouissement, la première phase de décomposition anaérobie est une fermentation acide, les percolas « jeunes » sont riches en acides gras volatils (AGV) qui peuvent représenter jusqu'à 95% du carbone organique total, ce caractère acide du lixiviat permet de solubiliser les métaux présents dans les déchets. Au cours du temps, l'évolution biologique complémentaire consiste en une digestion anaérobie pendant laquelle les AGV sont métabolisés. Les produits résultants de cette métabolisation sont des gaz ( $\text{CO}_2$  et  $\text{CH}_4$  essentiellement) et des molécules stabilisées (acides fulviques et humiques). Dès lors, au fur et à mesure de son vieillissement, une décharge produira un lixiviat de plus en plus pauvre en AGV ou en petites molécules biodégradables. Parallèlement, le lixiviat verra sa charge en molécules de hauts poids moléculaires augmenter, c'est le phénomène d'humification [16].

### 3.7. Quantification des lixiviats

L'évaluation des volumes de lixiviats produits peut être obtenue en faisant un bilan hydrique en tenant compte des conditions naturelles et du mode d'exploitation : [16].

$$P + E_D + R_1 = I + E + E_{TR} + R_2$$

Où :

- P : Volume des précipitations,
- $E_D$  : Volume d'eau apporté par les déchets,
- $R_1$  : Volume d'eau apporté par ruissellement,
- I : Volume de lixiviats infiltrés dans le sous-sol à travers le fond de la décharge,
- E : Volume de lixiviats collectés,
- $E_{TR}$  : Volume d'eau éliminé par évapotranspiration réelle,
- $R_2$  : Volume d'eau exporté de la décharge par ruissellement.

Cette approche très conceptuelle ne rend pas totalement compte de la complexité des phénomènes réels mais fournit des indications sur la sensibilité des systèmes à travers l'analyse paramétrique. Elle permet de prévoir l'évolution du système dans le temps à partir de modèles calés sur les observations de terrain [16].

### 3.8. L'espace

Même si l'on peut utiliser l'espace une fois la décharge désaffectée, la mise en décharge exige la disponibilité suffisante de terrains pour le fonctionnement de la décharge pour une période de temps raisonnable. Le manque d'espace conduit à rechercher, toujours plus loin des villes, des terrains pour l'installation des décharges qui sont de moins en moins acceptées par les populations avoisinantes. [15]

### 3.9. Caractérisation de lixiviats

De nombreux facteurs influent sur la quantité et la qualité des lixiviats :

- des conditions environnementales : les paramètres climatiques (précipitations, évapotranspiration....). Seules, la géologie, l'hydrogéologie et la topographie du site étant maîtrisés puisque le site est choisi selon ces critères,
- la nature du déchet,
- des conditions d'exploitation : le mode d'enfouissement, la phase d'avancement du site, le matériau de la couverture finale, la couverture végétale,
- des phénomènes de réactions physiques, chimiques et biologiques, qui s'opèrent dans la masse des déchets et génèrent les lixiviats en fonction de l'âge des déchets.[02]

### 3.10. Alternatives de gestion des lixiviats

On utilise plusieurs alternatives : le recyclage, l'évaporation et le traitement. Dans la technique du recyclage, les lixiviats sont récupérés et circulent à travers la masse des déchets.

L'usage des bassins d'évaporation est une technique très simple pour la gestion des lixiviats. Le lixiviat qui ne s'évapore pas, s'épand sur les zones complétées de la décharge. Une solution très utilisée à l'heure actuelle est celle de traiter les lixiviats en station d'épuration urbaine, mais elle implique l'utilisation d'un moyen de transfert, soit par raccordement au réseau d'assainissement, soit par le transport en camions citernes. Généralement, un prétraitement est imposé avant le rejet. [15]

### 3.11. Toxicité

Les lixiviats issus des déchets d'une décharge active ou fermée peuvent être une source principale de contamination de l'eau souterraine et superficielle. Son impact sur la microflore et la microfaune est très important et il est gouverné par plusieurs facteurs comme, la charge élevée de matière organique, les métaux lourds, la teneur élevée d'azote et le flux massif des contaminants transportés (Oudjénia, 2004).[01]

### 3.12. Types de lixiviats et leurs compositions

La composition du lixiviat, intimement liée à la nature et à la taille des déchets, varie beaucoup et dépend des phénomènes de précipitation, du degré du compactage, du degré d'infiltration des eaux de pluie, des conditions climatiques, de l'âge de la décharge, de l'épaisseur de la couche des déchets, du lieu et même de l'histoire avant le prélèvement dans la décharge.

Le rapport DBO/DCO donne une approche du degré de biodégradabilité des lixiviats. Si celui-ci est très faible (0.05-0.2), cela signifie que dans la pratique ils seront plus difficiles à traiter. Pour les décharges jeunes, ce rapport est de l'ordre de 0.5. Des valeurs entre 0.4-0.5 indiquent que la matière organique est facilement biodégradable. Le tableau III.1 présente une comparaison des caractéristiques des lixiviats selon l'âge de la décharge.

Ces lixiviats sont généralement très colorés et chargés de plusieurs types de polluants, dont les quatre principaux : la matière organique dissoute ou en suspension colloïdale, les composés minéraux majeurs ( $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{NH}_4^+$ ,  $\text{Cl}^-$ , etc.), les composés organiques spécifiques anthropogéniques, et les cations de métaux lourds à l'état de traces ( $\text{Cr}^{3+}$ ,  $\text{Co}^{2+}$ ,  $\text{Cu}^{2+}$ ,  $\text{Cd}^{2+}$ ,  $\text{Ni}^{2+}$ ,  $\text{Zn}^{2+}$ ,  $\text{Hg}^{2+}$ , etc.) [15].

On a trait à plusieurs types de lixiviats qui sont :

#### 3.12.1. Lixiviat Jeune

Il est caractérisé par un pH acide de l'ordre de 6. Le rapport  $\text{DBO}_5/\text{DCO}$  est important, du fait de la présence des microorganismes. La DCO dépasse souvent les 20 000 mg/L et peut même atteindre des valeurs extravagantes (jusqu'à 80 000 mg/L), les acides carboxyliques représentent environ 80% de la charge organique. Ainsi, un traitement biologique est fortement recommandé pour ce genre d'effluent [02].

#### 3.12.2. Lixiviat Intermédiaire

C'est une phase de transition entre le lixiviat jeune et le lixiviat stabilisé. Le pH s'approche généralement de la neutralité et la charge organique est nettement plus faible que celle du jeune (entre 3 000 et 15 000 mg/L). Le rapport  $\text{DBO}_5/\text{DCO}$  avoisine les 0,2. Le pourcentage en acides carboxyliques est faible (20 à 30%). Ce genre de lixiviat est faiblement biodégradable et c'est plutôt les procédés physico-chimiques qui sont préconisés pour son traitement [02].

### 3.12.3. Lixiviat Stabilisé

Appelé aussi le lixiviat vieux. La DCO ne dépasse pas les 2 000 mg/L et le pH est légèrement basique (7,5 à 8,5), les acides carboxyliques et les métaux n'existent presque pas dans ces eaux, mais la teneur des composés à haut poids moléculaire est importante. Ce type de lixiviat est généralement traité par le système de lagunage naturel. [02]

Tableau 1.III.1: Comparaison des lixiviats selon l'âge de la décharge[02]

	<b>Lixiviats jeunes</b>	<b>Lixiviats Intermédiaires</b>	<b>Lixiviats stabilisés</b>
<b>Age</b>	< 5 ans	5 à 10 ans	> à 10 ans
<b>pH</b>	< 7	= 7	> 7
<b>DCO (g.L<sup>-1</sup>)</b>	> 20	3 à 15	< 2
<b>Biodégradabilité (DBO<sub>5</sub>/DCO)</b>	Moyenne > 0,3	Assez faible 0,1 à 0,3	Très faible < 0,1
<b>Concentrations enacides organiques</b>	Forte > 80% du COD	Moyenne 20 à 30% du COD	Nulle
<b>Charge organique</b>	Prédominance des acides gras volatils (AGV) 80%	Réduction des acides gras volatils (5 à 30 %) + acides humiques et fulviques	Prédominance des Macromolécules
<b>Métaux lourds</b>	< 2.000 mg.L <sup>-1</sup>	-	< 50 mg.L <sup>-1</sup>

## 4. Impact des lixiviats sur l'environnement et la Santé humaine

Suite au dépôt dans une décharge, les déchets sont soumis à des processus de dégradation liés, à des réactions biologiques et physico-chimiques complexes. L'eau s'y infiltre et produit des lixiviats et du biogaz chargés en substances organiques ou minérales qui engendrent une pollution essentiellement de type organique et métallique en relation avec la biodégradation naturelle des déchets confinés et avec leurs composants anthropiques qui libèrent de nombreuses substances toxiques dans le milieu naturel.

Sur les sites de décharges, on rencontre essentiellement trois types de pollution: pollution par les matières organiques et/ou minérales, pollution par les métaux lourds et pollution par les microorganismes [16].

### ❖ Pollution par les matières organiques et minérales

La composition des lixiviats est une photographie de l'état des déchets à un certain moment de leur dégradation, Christensen et al, en étudiant plusieurs sites, ont défini les fourchettes de fluctuations de la composition physico-chimique des lixiviats d'ordures ménagères. La fraction minérale des lixiviats est essentiellement constituée de chlorures, sulfates, bicarbonates, potassium, sodium et ammonium. La partie organique est liée à l'âge des déchets. La matière organique peut se retrouver dans les eaux de surface et souterraines quand les conditions minimales d'enfouissement de déchets ne sont pas respectées.

Cependant, même si dans certaines décharges on assiste à la mise en place des géo membranes, la durée de vie de ces matériaux est mal connue vu qu'ils sont soumis à l'agressivité chimique des lixiviats. Une éventuelle fuite dans ces membranes peut occasionner la contamination de la nappe. [16]

### ❖ Pollution par les métaux lourds

La migration des métaux lourds dans les sols (à partir de décharge des déchets suite à la lixiviation) et leur infiltration vers les eaux souterraines met en jeu un grand nombre de phénomènes : solubilisation à pH acide, complexation par la matière organique de type humique, précipitation à pH basique, rétention des matières en suspension sur des particules de sol, adsorption des ions ou des molécules à la surface des grains de matrice poreuse, phénomène d'échange d'ions... [16].

### ❖ Pollution par les microorganismes

L'effectif bactérien dans le lixiviat brut oscille entre  $0,04 \times 10^6$  et  $0,34 \times 10^6$  bactéries  $\text{mL}^{-1}$  et la biomasse bactérienne varie entre 8,78 et 77,51  $\mu\text{g C L}^{-1}$ .

Plusieurs maladies hydriques sont causées par la consommation des eaux contaminées par les lixiviats qui contiennent des microorganismes pathogènes. Durant la dernière décennie, les problèmes relatifs à l'eau sont devenus de plus en plus vastes, avec l'émergence de nouvelles maladies infectieuses et la réémergence d'autres qui sont déjà connues, (salmonelle, choléra, shigellose) [16].

D'après une étude toxicologique officielle conduite dans 56 décharges de déchets municipaux au Cameroun (Bamenda et Yaoundé), 133 produits chimiques toxiques (dont 32 causent le cancer, 10 causent des malformations et 21 causes des endommagements génétiques) ont été mis en évidence comparés à 72 produits dans les décharges de déchets industriels [16].

## 5. Gestion des lixiviats

La gestion des lixiviats consiste à drainer les lixiviats se trouvant en fond de casier et les évacuer dans un bassin de traitement.

Une partie de lixiviats produits au niveau de la décharge sera engagée lors du procédé de la digestion anaérobie (méthanisation) de la fraction organique des déchets qui se transformera en biogaz ( $\text{CH}_4$  et  $\text{CO}_2$ ). Cependant, la partie restante des lixiviats migrera vers le fond des casiers et sera drainée et acheminée vers deux bassins de stockage désignés à ces fins.

Un drain périphérique en PEHD sera installé au pied de la digue à l'intérieur du casier. Les surfaces alimentant le drain auront une pente de 2.5 % afin de faciliter l'écoulement gravitaire des lixiviats vers la conduite principale. Le système de collecte de lixiviats sera équipé d'un réseau de tuyaux perforés, raccordés entre eux par soudure ou par manchons. Les drains perforés seront raccordés à une station de pompage placée à l'extérieur du casier. A partir de cette station, une pompe prendra en charge le refoulement des lixiviats vers les bassins de traitement. Cette pompe sera submersible et assurera un débit de 2 L/s.

Les collecteurs et équipements du système de collecte des lixiviats devront être étanches, stables et résistants à la rupture. Des drains en PEHD DN 250 fixés entre eux sont prévus. La classe de résistance mécanique minimale est PN16.

Les collecteurs des lixiviats seront posés sur un lit de sable préparé en conséquence dans un creux de la couche d'étanchéité. L'angle d'appui sera de 120 degrés. Ils seront recouverts par du



gravier filtrant 25/40 (teneur en carbonates de calcium < 30 % du poids) jusqu'à 40 cm au-dessus de leur génératrice supérieure. [17]

### 5.1. Variantes de gestion des lixiviats

- **Variante L1:** Cette étape consiste simplement en un prétraitement et une recirculation des effluents dans les cellules. Le prétraitement consiste en un déshuilage puis recirculation des effluents dans les cellules d'enfouissement. Ainsi, en période de bilan hydrique négatif, profiter de l'évapotranspiration pour éliminer l'effluent naturellement (évapotranspiration) [02].

- **Variante L2:** Il s'agit d'un procédé biologique par lagunage pour l'élimination de la pollution biologique (matières organiques putrescibles), suivi d'un plateau absorbant planté de roseaux hydrophiles permettant d'éliminer par absorption, à travers les racines des macrophytes plantés, la pollution minérale (azote, phosphore) et les métaux lourds. Le dispositif d'épuration in situ suivant peut être adopté :

- ✓ 02 bassins en série permettant un temps de séjour minimal de 3 jours chacun ( $3 \times 70 = 210 \text{ m}^3$ ). Ces bassins doivent avoir des dimensions telles que les courts-circuits hydrauliques seront limités (longueur = 3 fois largeur). Les bassins auront donc les dimensions suivantes : 3 m de largeur, 9 m de longueur et 1,5 m de profondeur.
- ✓ Le plateau absorbant peut avoir les mêmes dimensions que les bassins en amont [02].

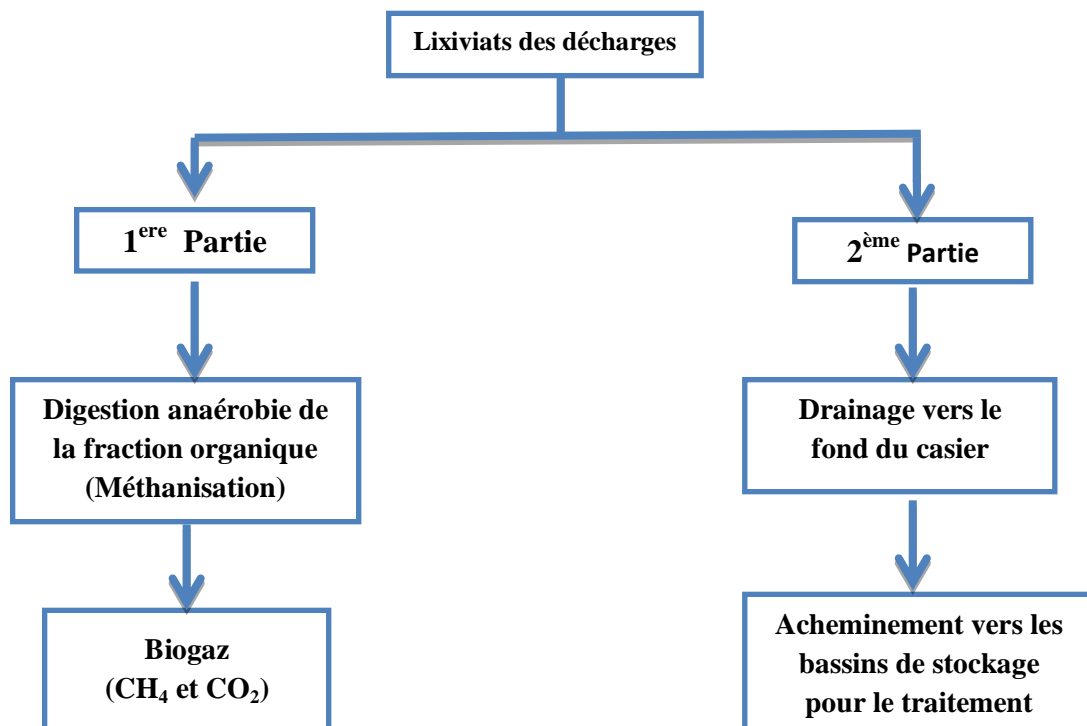


Figure 1.III.3: Gestion du lixiviat

## 6. Conclusion

La composition des lixiviats des centres de stockage de déchets ménagers dépend de l'âge de la décharge, de la nature, de la composition des déchets et de la gestion du site. En conséquence, présenter une composition type de lixiviat de décharge de déchets ménagers semble illusoire. Du fait de la biodégradation des matières organiques fermentescibles, il est possible de déterminer des tendances lourdes, caractéristiques des sous-produits de dégradation.

Contrairement au biogaz, les lixiviats sont des effluents aqueux canalisés qui ne posent pas les mêmes problèmes de prélèvement et d'analyse, ces opérations sont désormais bien établies et font l'objet de nombreuses normes.

## **Chapitre IV : Procédés de traitement des lixiviats**

### **1. Introduction**

Les lixiviats sont les jus produits sous l'action conjuguée de l'eau de pluie et de la fermentation des déchets enfouis. Ils contiennent une pollution de type azotée (ammoniac,  $\text{NH}_4$ ), de type carbonée (déchets organique, DCO), et des métaux lourds.

Il est nécessaire de les récolter afin de pouvoir les contrôler pour respecter les valeurs de rejets réglementaires notamment en matière de pH, carbone organique total, demande chimique en oxygène, ammonium, phosphore et métaux, et de les traiter pour pouvoir les rejeter sans risque dans le milieu naturel.[18]

### **2. Différentes filières de traitement des lixiviats**

Il existe différents procédés de traitement des lixiviats. Certains sont assez proches de ceux rencontrés en station d'épuration des eaux usées résiduaires (lagunage, nano-filtration) alors que d'autres sont plus spécifiques aux lixiviats (évapo-concentration). Le tableau IV.1 présente les principaux types de traitement et les procédés disponibles. On définit une filière de traitement des lixiviats comme une combinaison de plusieurs procédés afin d'obtenir un effluent en sortie qui réponde aux critères de qualité souhaités. [19]

**Tableau 1.IV.1: Procédés de traitement des lixiviats. [14]**

	<b>Procédés</b>	<b>Avantages</b>	<b>Inconvénients</b>	<b>Sous-produit</b>
<b>Procédés biologiques</b>	Lagunage aéré	Elimination de la DBO5 et de l'azote	Dénitrification difficile, encombrement important	Boues biologiques en excès
	Boues activées	Elimination de la DBO5 et de l'azote global	Consommation énergétique pour l'apport d'oxygène	Boues biologiques en excès
	Bioréacteur à membranes	Elimination de la DBO5, azote, DCO résiduelle, MES, bactéries, virus Faible encombrement	Consommation énergétique	Boues biologiques en excès
	Culture fixée	Elimination de la DBO5 et de l'azote Faible consommation énergétique	Faible rendement épuratoire	-
<b>Procédés physico-chimiques</b>	Coagulation- Coagulation	Débit de traitement Réduction de 40 à 50 % de la DCO dure Agglomération des MES	Production importante de boues (20 % du volume traité)	Boues
	Précipitation	Précipitation des métaux, diminution des MES, élimination d'une partie de la matière organique	Production des boues d'hydroxydes métalliques	Boues
	Filtration sur charbon actif halogènes et de	Elimination de la DCO résiduelle, réduction des organo-halogènes et de la couleur	Renouvellement des absorbeurs	-
	Ozonation(H2O2 et / ou UV)	Elimination de la DCO dure, décolorisation et augmentation du caractère biodégradable	Sensible aux variations de charges. Consommation énergétique	-
<b>Procédés thermiques</b>	Evaporateur	Concentration maximale de la pollution Utilisation du biogaz	Dissipation partielle à l'atmosphère Dépend de la qualité et de la quantité du Biogaz	Concentrât.
	Evapo-condensateur	Concentration maximale de la pollution et condensation des vapeurs Utilisation du biogaz	Dépend de la qualité et de la quantité du biogaz	Concentrât.
	Sécheur iso-flash	Elimination de la charge polluante du lixiviat Utilisation du Biogaz	Dépend de la qualité et de la quantité du biogaz	Extrait sec pulvérulent
<b>Procédés membranaires</b>	Nano-filtration	Rétention de la DCO dure, des sels, des métaux	Consommation énergétique	Rétentats de nano-filtration
	Osmose inverse	Rétention de la DCO dure, des sels, des métaux et des nitrates	Consommation énergétique	Rétentats d'osmose (saumures)
<b>Autre</b>	Traitement en station d'épuration externe	Pas d'investissement sur le site	Coût parfois très élevé Dépendance à un "tiers traiteur" Solution non pérenne	-

## 2.1. Traitement membranaire

Le principe du traitement membranaire est la filtration de l'effluent au-dessus d'un certain seuil granulométrique. [19]

**Les filtres :** Il existe de nombreux types de filtres qui sont utilisés en prétraitement pour enlever les particules les plus grossières à l'échelle du mm. [19]

**L'ultrafiltration (UF) :** est la filtration des particules supérieures au  $\mu\text{m}$ . Les particules évacuées sont principalement les bactéries et les MES. Ce procédé est souvent utilisé après un prétraitement biologique, pour évacuer les bactéries avant d'envoyer l'effluent vers une filière membranaire plus sélective type osmose inverse (OI). [19]

**La nano-filtration (NF) :** permet de filtrer les molécules d'un poids supérieur à 300 Da (métaux, DCO dure). La pression en entrée va de 6 à 30 bars. La nano-filtration est un bon intermédiaire entre l'UF et l'OI pour abattre une majeure partie des polluants. Cependant, les membranes se colmatent assez rapidement et il faut veiller à les contrôler régulièrement. [14]

**L'osmose inverse (OI) :** est un des procédés les plus fréquemment utilisés pour traiter les lixiviats. Il est aussi utilisé pour produire de l'eau potable ou dessaliniser l'eau de mer. L'OI permet de concentrer tous les solides dissous ou en suspension en filtrant les molécules autres que la molécule d' $\text{H}_2\text{O}$ . Elle est extrêmement efficace et les rendements épuratoires sont généralement très bons (>98% pour la DCO) [09]. Un des points faibles de ce procédé est l'encrassement récurrent des membranes et la production d'un volume important de saumures (concentrat), qu'il faut ensuite traiter par surconcentration ou incinération. [19]

## 2.2. Traitements thermiques

Le principe des traitements thermiques est de concentrer la pollution dans une phase solide ou liquide. Les principaux procédés disponibles sont l'évaporation naturelle accélérée, l'évapo-concentration ou l'incinération. [19]

**L'évaporation naturelle accélérée:** permet d'évaporer à pression ambiante l'effluent en augmentant la surface d'échange et sa température. Il est peu courant d'avoir recours à ce type de procédé pour le traitement des lixiviats. [19]

**L'évapo-concentration :** permet de séparer les polluants du lixiviat brut en les concentrant dans la phase liquide alors que l'effluent épuré est évacué sous forme gazeuse. En général, le traitement s'effectue à très basse pression (moins de 0,1 bar) pour favoriser l'évaporation, les vapeurs sont collectées puis condensées et les concentrats restent au fond de l'évapo-concentrateur. Il existe de nombreux systèmes d'optimisation énergétique comme la récupération de la chaleur lors de la condensation de l'effluent ou l'échange de chaleur avec les moteurs fonctionnant au biogaz. [19]

**L'incinération :** concentre les polluants dans la phase solide, résidu de la combustion. La température dans le four va de 850 à 1100°C. Les vapeurs, avant d'être rejetées dans le milieu naturel, sont traitées afin d'éliminer les polluants résiduels. [19]

### 2.3. L'oxydation

L'oxydation par **ozonation** est un procédé très efficace pour détruire toute forme de pollution organique. L'ozoneur va bombarder l'effluent d'O<sub>3</sub>, molécule très oxydante préalablement produite grâce au dioxygène de l'air (exposition aux UV ou application d'un courant électrique puissant, scindant la molécule en deux radicaux d'oxygène distincts). Ce procédé est souvent utilisé dans les usines de production d'eau potable en fin de traitement. Il est encore très peu utilisé pour traiter les lixiviats. [19]

### 2.4. Traitements biologiques

Le principe du traitement biologique est d'utiliser la croissance microbienne pour dégrader les molécules polluantes. La charge abattue est la fraction biodégradable de l'effluent. [19]

#### 2.4.1. Le lagunage aéré

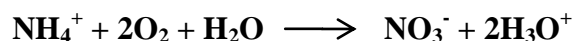
Permet à l'effluent d'être en conditions aérobies (oxygène dissous en quantité maximale) et favorise la prolifération de bactéries hétérotrophes par rapport au carbone (utilisant le carbone organique comme source d'énergie). L'azote organique et les molécules biodégradables jouent le rôle de nutriments. La fraction biodégradable de l'effluent et la teneur en azote organique sont donc abattues. On retrouve souvent ce procédé en prétraitement. Il a l'avantage d'être peu coûteux et de demander peu d'entretien. [19]

#### 2.4.2. Le traitement par culture fixée

Fonctionne sur le même principe que le traitement par lagunage aéré. La différence est que les bactéries sont fixées sur des supports qui encouragent le développement de biofilms [09]. Cela permet d'avoir une bonne croissance bactérienne et un meilleur contact entre bactéries et effluent que lors du lagunage aéré. Par exemple, dans les lits bactériens, les bactéries vont se fixer sur les porosités du support (pouzzolane, plastiques, roches volcaniques...) et l'effluent est aspergé sur ce support, permettant la minéralisation de la matière organique (MO). [19]

#### 2.4.3. Le traitement par nitrification/dénitrification

Permet d'abattre la charge azotée. Les réactions de nitrification s'effectuent en conditions aérobies (présence d'oxygène) par des bactéries AOB (ammonium oxydante bacteria) et NOB (nitrite oxydante bacteria) qui utilisent l'ammonium comme source d'énergie [19].



Les nitrates sont ensuite convertis en N<sub>2</sub> grâce à des bactéries hétérotrophes qui ont besoin d'un substrat carboné supplémentaire. Cette réaction de **dénitrification** s'effectue en milieu anaérobie (absence d'oxygène).

En général, les réactions de nitrification - dénitrification s'effectuent successivement dans un sens ou dans l'autre. Ces réactions peuvent abattre jusqu'à 99% de la charge azotée. [15]

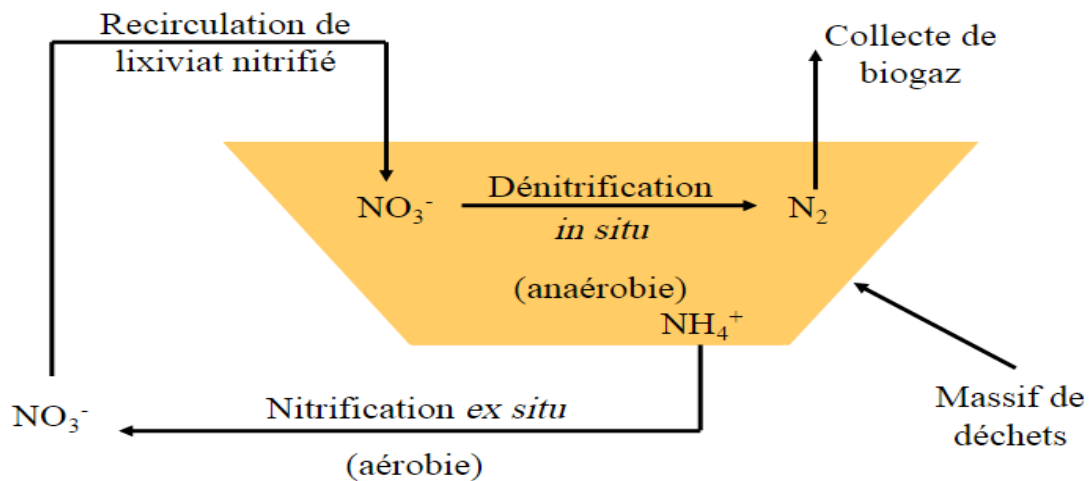


Figure 1.IV.1: Nitrification du lixiviat avant recirculation [20]

#### 2.4.4. Le bioréacteur à membrane

Est un procédé qui couple traitement biologique et filtration membranaires. Des réactions de nitrification ou de dégradation de la MO en condition aérobie s'effectuent en même temps que la filtration de l'effluent. Cela permet d'abattre la charge organique et la teneur en MES. [19]

#### 2.5. Traitements physico-chimiques

Ils sont souvent utilisés en prétraitement ou fin de traitement.

##### 2.5.1. Coagulation-floculation

a pour objectif de décanter les matières colloïdales qui ont des vitesses de sédimentation très faibles, d'une part à cause de leur petite taille (diamètre 1 nm-1  $\mu\text{m}$ ), d'autre part, elles sont chargées négativement se repoussant donc entre elles. Pour les agglomérer, on ajoute des sels métalliques qui permettent de supprimer les répulsions (coagulation) puis des polymères qui vont provoquer l'agglomération des matières colloïdales (floculation) et donc leur décantation. [19]

##### 2.5.2. Traitement par charbon actif (CA)

permet de traiter les métaux, la DCO dure résiduelle et les ions. Lors du passage de l'effluent à travers le charbon, les molécules vont s'adsorber dans les nombreuses porosités du charbon. Le charbon doit être renouvelé ou lavé régulièrement, lorsque sa surface d'absorption est pleine. Le charbon se présente sous forme de granulé ou de poudre. [19]

##### 2.5.3. La résine échangeuse d'ions

permet d'échanger les ions indésirables par une quantité équivalente d'autres ions de même charge électrique. La résine va fixer l'ion indésirable et relâchera dans la solution union « inoffensif » comme  $\text{H}^+$ . Les échangeurs d'ions se présentent sous forme de résine en poudre ou en billes conditionnées dans des grandes bouteilles. De la même manière que le charbon actif, il faut renouveler les résines régulièrement. [19]

## 2.6. Comparaison des procédés classiques de traitement

Le tableau ci-dessous présente une comparaison de quelques procédés classiques de traitement des eaux. [16]

Tableau 1.IV.2: Comparaison des procédés classiques de traitement des eaux [16]

Procédés	Caractéristiques	Avantages	Inconvénients
<b>Biologiques</b>	Utilisation de culture bactérienne	- Peu onéreux - Éliminent $\text{NH}_3$ , $\text{NH}_4^+$ , le fer et la matière organique biodégradable	- Production importante de boue, - Inefficaces en présence de polluants toxiques et non biodégradables
<b>Physiques (filtration sur charbon actif, membranaire)</b>	Non dégradatifs	Séparation des polluants particulaire ou dissous	- Coût d'investissement et énergétique élevé - Génération des concentras
<b>Physico-chimiques</b>	Fixation des polluants par coagulation et séparation des floes formées	Séparation des polluants en suspension et des particules colloïdales	- Utilisation de produits chimiques - Formation de boues
<b>Chimiques</b>	Utilisation d'un oxydant ( $\text{Cl}_2$ , $\text{ClO}_2$ , $\text{O}_3$ )	- Oxydation chimique des polluants - Peu ou pas de déchets - augmentation de la biodégradabilité	- Oxydation partielle (formation d'intermédiaires) - Gestion des oxydants

## 3. Conclusion

Pendant de nombreuses années, les traitements biologiques et physico-chimiques ont été considérés comme les procédés les plus appropriés pour la dépollution des effluents tels que les lixiviats. Pour traiter des lixiviats immatures, les traitements biologiques s'avèrent efficaces, par contre, pour traiter des lixiviats plus matures contenant plus de composés réfractaires, on a eu recours aux procédés physico-chimiques. La combinaison des deux procédés peut améliorer l'efficacité du traitement.

Durant ces deux dernières décennies, de nouvelles réglementations concernant les produits toxiques sont devenues nécessaires étant donné l'augmentation des risques sur la santé publique et sur l'environnement. Les traitements conventionnels (biologiques ou physico-chimiques) ne sont plus alors suffisants, ce qui implique la nécessité de développer de nouveaux procédés de traitement plus efficaces et plus propres. Plusieurs technologies de traitement ont été alors développées dans le but de faire face à ces problèmes, Parmi ces technologies, nous citons les procédés d'oxydation avancée (POA). Ces derniers sont particulièrement appropriés pour le traitement des effluents contenant des composés toxiques récalcitrants aux procédés classiques et non biodégradables. Ils offrent de nombreux avantages en comparaison avec les procédés biologiques et physico-chimiques.



## Chapitre I : Présentation du milieu d'étude

### 1. Introduction

Les activités humaines et notamment les processus de l'industrialisation en Algérie, depuis les années soixante, ont conduit à l'étouffement des villes en générant des problèmes complexes dans la gestion des eaux usées, des déchets fluides et solides et l'insalubrité de nos villes. A Maghnia, dans le but de gérer les déchets et d'éradiquer, on a construit le Centre d'Enfouissement Technique (CET) du Grand Groupement des communautés urbaines de Maghnia et de Hammam Boughrara.

Le centre d'enfouissement technique du groupement des communautés urbaines de Maghnia et de Hammam Boughrara est un C.E.T. de classe 2 (risques moyens).



Photo 2.I.1 : Entrée du CET de Maghnia (Lokbani & Bensouna, Mars 2017)

### 2. Cadre sociologique

La décharge contrôlée de Maghnia reçoit à elle seule une moyenne de 130.05 tonnes de déchets ménagers par jour, avec une population totale de 126078 habitants(2008).

Tableau 2.I.1: Nombre d'habitants pour chaque commune

Communes	Nombres d'habitants
Maghnia	114634
Hammam Boughrara	11444

### 3. Cadre géographique

Le site concerné est localisé au lieu-dit Tourba sur le territoire de la commune de Hammam Boughrara, c'est une ancienne carrière de bentonite, désaffectée par équipement. Il s'agit d'un terrain qui occupe le flanc nord d'un thalweg d'orientation Est-Ouest à proximité du chemin

vicinal n°13 reliant Hammam Bouhrara au chemin de wilaya n°105 , passant par Sidi Machhour et Hammam Chiguer pour rejoindre Maghnia. Il s'étale sur une superficie de 37 hectares avec un périmètre d'exploitation interne de 14ha.

Le site de la décharge est représenté sur la carte topographique n°269 de Nedroma au 1/50000(fig.2.I.1) avec les coordonnées Lambert suivantes :

$$X = (99,35 - 100,02 \text{ km}) \text{ et } Y = (187,9 - 188,5 \text{ km}).$$

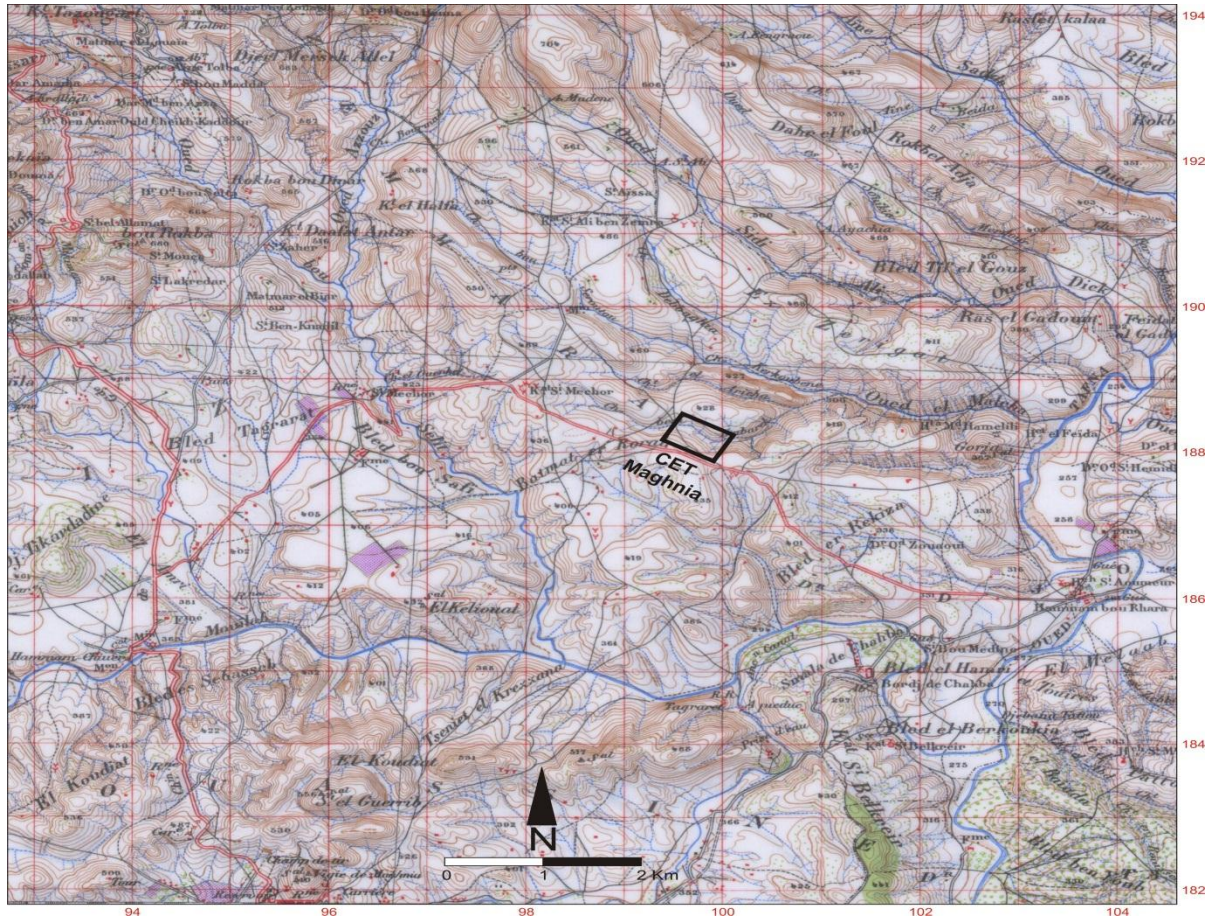


Figure 2.I.1 : Situation géographique du site d'étude

Il est limité géographiquement :

- A l'Ouest, par la partie haute Hammam Chiguer
- A l'Est, par Hammam Bouhrara
- Au Nord, par Sidi Ali Ben Zemra
- Au Sud-Ouest par la ville de Maghnia

#### 4. Géologie du site

Le site est une ancienne carrière de bentonite (argile) désaffectée. La zone appartient au revers sud des monts des TRARAS qui constituent un vaste anticlinal Nord-Sud.

Le site est localisé dans le bassin du Miocène à l'Est et au Sud – Est de la ville Maghnia, appartient aussi au bassin de la Tafna, connu comme bassin néogène au sens large à substratum miocène peu plissé couvert par un glaciais d'alluvions récentes.

Cette formation miocène comporte des marnes bleues à intercalations gréseuses d'âge miocène inférieur et moyen, dépassant 2000m d'épaisseur, il s'agit de marnes grises verdâtres et de grès gris à roux lenticulaires, à grains fins.

Nous avons représenté sur la carte géologique n°269 de Nedroma au 1/50000(fig.2.I.2), le site d'étude

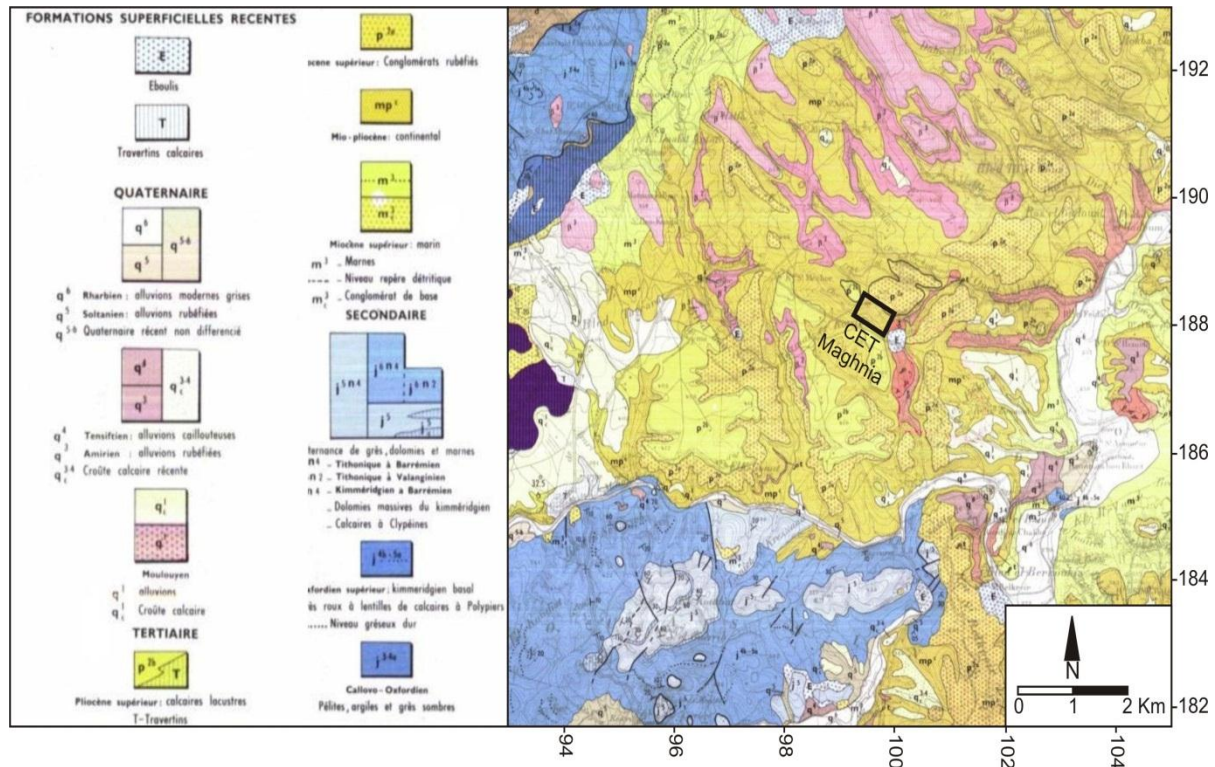


Figure 2.I.2 : Situation géologique du site d'étude

## 5. Hydrologie et Hydrogéologie du site

La plaine de Maghnia, du point de vue stratigraphique, fait partie du domaine tlemcenien, qui s'étend de la frontière algéro-marocaine à l'Ouest jusqu'aux environs de Tiaret à l'Est. C'est une cuvette allongée selon une direction ENE-WSW, comblée jusqu'à sa surface actuelle par des dépôts provenant de l'érosion des montagnes bordières (Rhar-Roubane et Djebel Fillaoucène). Les séquences lithologiques et tectoniques de la région permettent d'individualiser plusieurs formations :

- les terrains primaires et secondaires qui composent les reliefs (Djebel Fillaoucène et Rhar- Roubane),
- les terrains néogènes et quaternaires.

Le Miocène transgressif est formé par une bande de grès calcaire qui s'appuie sur le Jurassique au Nord et au Sud de la plaine de Maghnia. Plus, on s'éloigne de ce contact vers le centre du bassin, plus le pourcentage des particules fines augmente et les grès sont progressivement remplacés par des horizons argileux ou marneux (d'âge Serravalien) gris plus épais d'environ 500 m d'épaisseur. C'est sur ces marnes qu'est implanté le CET de Maghnia.

Sur le plan hydrogéologique, la constitution minéralogique de cette formation géologique marneuse, est indicatrice de l'absence de nappes d'eau. En effet, elle est favorable aux écoulements superficiels lors des périodes pluvieuses. En outre la présence de bentonite dans ce site plaide en faveur d'une infiltration nulle et contraire à la constitution de réserves hydriques. En effet, les marnes et les argiles sont des milieux peu perméables voir imperméables. Ici l'épaisseur des marnes est très importante et constitue une barrière géologique conséquente.

En ce qui concerne l'impact sur la source thermique de Hammam Boughrara , le rejet de la décharge est prévu dans l'oued Mellaha qui est situé à plus de deux Km au Nord de la source thermique. En outre, le contexte tectonique et physique de Hammam Boughrara indique des failles orientées Est-Ouest et des failles méridiques qu'emprunte l'oued Tafna.

Du point de vue circulation des eaux superficielles, les données topographiques et tectoniques jouent en faveur d'une circulation hydrique par l'oued Mellaha et les thalwegs de direction Est-Ouest, plus au Nord de la source thermique. En outre, les écoulements sont orientés vers le Nord et déversés dans la partie aval de l'oued Tafna. En conséquence, le rejet de la décharge sur l'Oued Mellaha n'a aucune incidence sur la source thermique de Hammam Boughrara.

## 6. Présentation du centre d'enfouissement technique de Maghnia après l'éradication

Le centre qui s'étend sur une superficie de 35 hectares a été conçu pour recevoir les déchets des communes suivantes : Maghnia et Hammam Boughrara avec un volume de déchets entrant de l'ordre de 130.05 T/J soit 47468.25 T/an.

Le site a été affecté à la direction de l'environnement après une procédure de distraction du domaine agricole.

La réception du centre d'enfouissement technique a été faite en 2008 après sa réalisation par l'entreprise ETPBH Denouni Abdel Majid et a commencé à fonctionner en 2014 (Photo. 2.I.2 et 2.I.3).

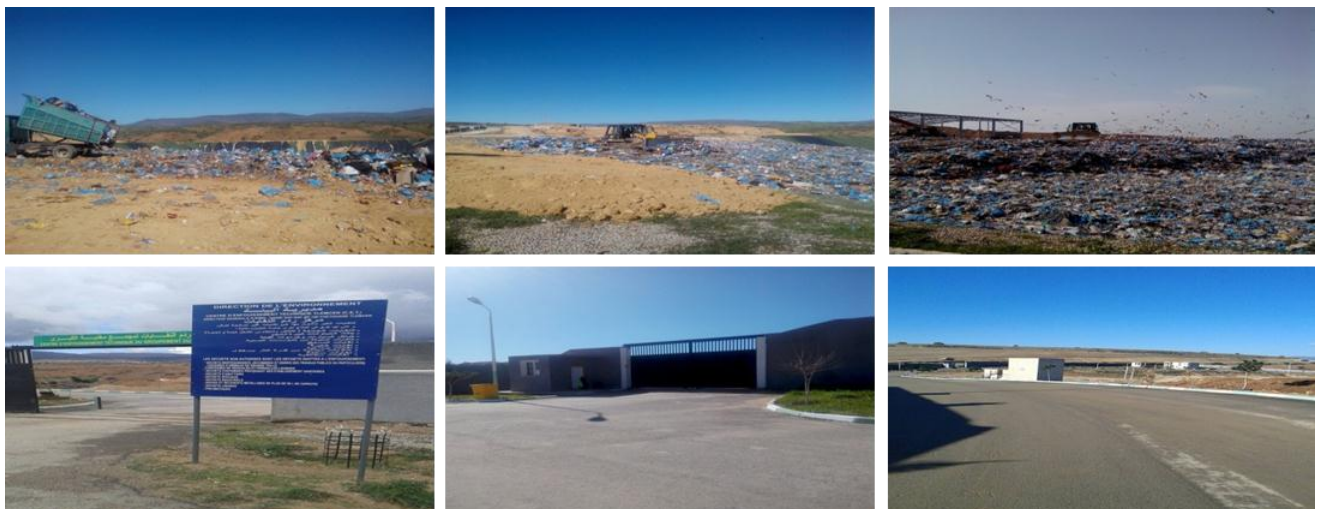


Photo 2.I.2 : Décharge de Maghnia après l'éradication  
(Lokbani & Bensouna, Mars 2017)



Photo 2.I.3 : Présentation du CET de Mghnia

## 7. Analyse des facteurs influents du climat

Le CET est situé dans une zone insérée entre les monts des Traras au Nord et les monts de Tlemcen au Sud, où domine un climat semi-aride, caractéristique de la méditerranée méridionale avec des étés chauds et des hivers plus humides et frais.

Les données climatiques retenues sont celles de la station de Mghnia sur la période (1979/1980-2015/2016), (recueillies auprès de l'Office National de la Météorologie (ONM) et de l'Agence Nationale des Ressources Hydrauliques (ANRH).

### 7.1. Température de l'air

Les températures moyennes mensuelles de la station de Mghnia sont reportées au tableau (2.I.2).

Tableau 2.I.2 : Valeurs des températures moyennes mensuelles à la station de Mghnia (1979/1980-2015/2016)

Mois	S	O	N	D	J	F	M	A	M	J	Jt	A
T (°C)	23,7	19,1	14,7	11,1	9,9	11,2	13,2	15,5	18,8	23,4	26,9	26,9

La représentation graphique de la variation des températures moyennes mensuelles (Figure 2.I.3), montre que le mois de Janvier est le plus froid (9.9°C) et ceux de Juillet et Août sont les plus chauds avec plus de 26. °C. La température moyenne annuelle est de 17.9°C.

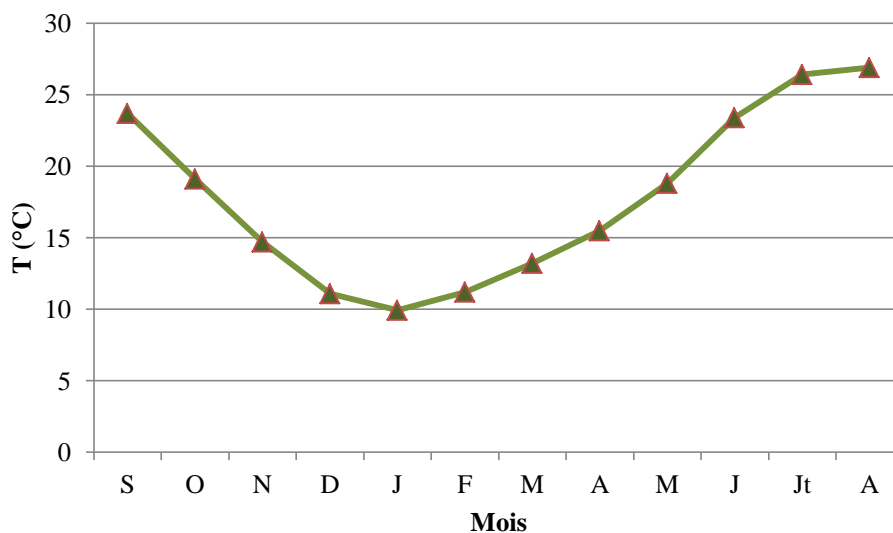


Figure 2.I.3: Variation des températures moyennes mensuelles à la station de Maghnia (1979/1980-2015/2016)

## 7.2. L'humidité relative

Les données relatives à l'hygrométrie font ressortir les plus faibles valeurs aux mois de Juillet et Août et les plus fortes en Décembre et Janvier.

Tableau 2.I.3 : Valeurs de l'humidité moyenne mensuelle à la station de Maghnia (1979/1980-2015/2016)

Mois	S	O	N	D	J	F	M	A	M	J	Jt	A
Hum (%)	68.25	73.14	75.96	78.45	78.14	75.43	73.48	70.05	67.82	63.58	58.96	59.76

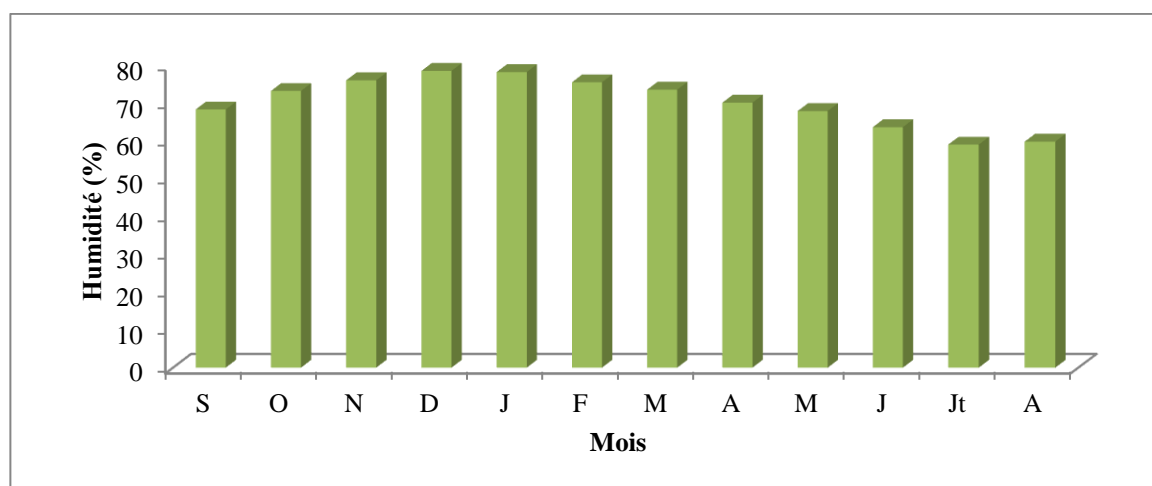


Figure 2.I.4 : moyenne mensuelle d'humidité en %

### 7.3. les vents

Les vents constituent un paramètre essentiel dans la gestion d'une décharge contrôlée sujette à des incendies fréquents. En effet, le vent peut attiser le feu. La connaissance de la vitesse des vents, sert à organiser la prévention et l'alerte.

Tableau 2.I.4: Fréquence moyenne du vent dans la zone d'étude

Direction	N	NE	E	SE	S	SO	O	NO
Fréquence	8.8	4.8	3.2	4.6	7.0	5.5	10.4	12.4

Ces données montrent que les vents les plus fréquents sont des vents de direction Nord-Ouest (dominants), suivis de ceux de direction ouest et nord et sud.

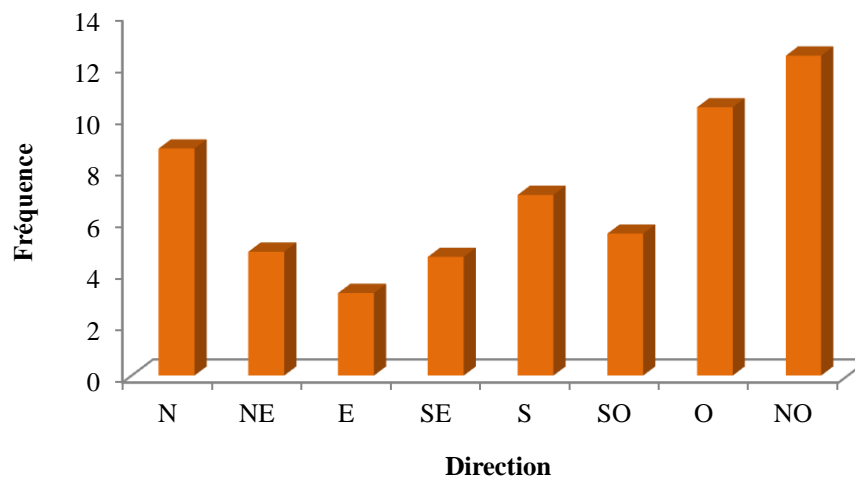


Figure 2.I.5 : Fréquence moyenne pluriannuelle du vent

Tableau 2.I.5: Valeurs moyenne mensuelle de la vitesse du vent

Mois	S	O	N	D	J	F	M	A	M	J	Jt	A
Vitesse (m/s)	2.87	2.70	2.80	3.25	3.05	3.66	3.66	3.67	2.16	3.06	2.85	2.88

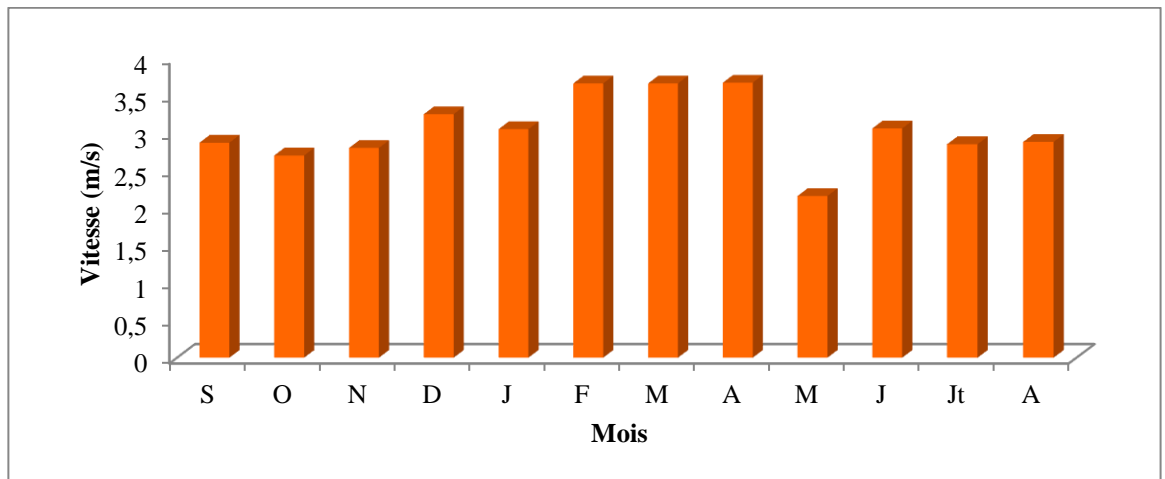


Figure 2.I.6: Variation mensuelle de la vitesse du vent

Les journées de sirocco sont des journées d'alerte, propice au déclenchement des incendies, particulièrement en été et en automne.

Le nombre de jours de sirocco connaît un pic en Juillet et en Août comme le révèle les données suivantes :

Tableau 2.I.6: Fréquence du sirocco en jours

Mois	S	O	N	D	J	F	M	A	M	J	Jt	A
jours	2	-	-	-	-	-	-	1	-	2	7	7

#### 7.4. La pluviométrie

La zone appartient à l'étage bioclimatique semi-aride frais. Elle est réputée pour être une enclave sèche.

Les précipitations moyennes mensuelles le soulignent parfaitement.

Tableau 2.I.7: Variations des précipitations moyennes mensuelles à la station de Maghnia (1979/1980-2015/2016)

Mois	S	O	N	D	J	F
P (mm)	14,1	28,4	43,2	32,7	35,5	35,2
Mois	M	A	M	J	Jt	A
P (mm)	34,6	30,4	33,2	6,5	3,5	4,8

La figure 2.I.10, montre que le mois le plus pluvieux est le mois de Novembre, par contre Juillet est le mois le plus sec. La moyenne interannuelle est de 302.1mm.



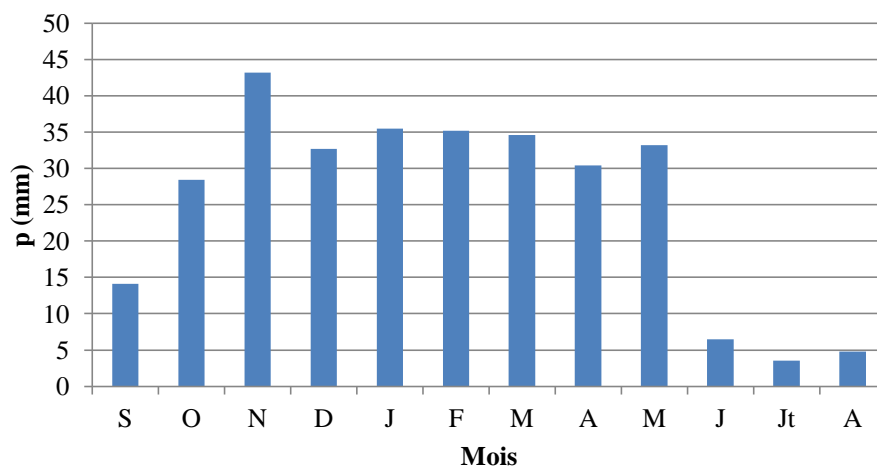


Figure 2.I.7 : Variation des précipitations moyennes mensuelles à la station de Maghnia (1979/1980-2015/2016).

## 8. Caractéristiques techniques du centre

### 8.1. Nature des déchets admis et non admis au CET (tableau 2.I.8)

Tableau 2.I.8: Nature des déchets autorisés au niveau du CET de Maghnia

Nature des déchets autorisés	Nature des déchets non autorisés
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Les ordures ménagères.</li> <li>- Les objets encombrants d'origine domestique avec composants fermentescibles.</li> <li>- Les déchets de voirie.</li> <li>- Les déchets industriels et commerciaux assimilables aux déchets ménagers.</li> <li>- Les déchets verts.</li> <li>- Les boues et matières de curage et de dragage des cours d'eau et bassins fortement évolutifs, lorsqu'elles ne présentent pas un caractère spécial.</li> <li>- Les boues fermentescibles et fortement évolutives de dégrillage.</li> <li>- Les boues provenant du lavage et du nettoyage dont la siccité est à 30%.</li> <li>- Les déchets de la transformation du sucre.</li> <li>- Les déchets provenant de l'industrie des produits laitiers.</li> <li>- Les déchets de boulangerie, pâtisserie, confiserie.</li> <li>- Les déchets provenant de la préparation et de la transformation des fruits, des légumes, des céréales, des huiles alimentaires, du cacao et du café, de la production de conserves et du tabac.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Les déchets dangereux.</li> <li>- Les déchets d'activité de soins et assimilés à risque infectieux.</li> <li>- Les déchets radioactifs, c'est-à-dire toute substance qui contient un ou plusieurs radionucléides dont l'activité ou la concentration ne peut être négligée du point de vue de la radioprotection.</li> <li>- Les déchets contenant plus de 50 mg/Kg de PCB.</li> <li>- Les déchets dangereux des ménages collectés séparément.</li> <li>- Les déchets liquides (tous déchets sous forme liquide notamment les eaux usées, mais à l'exclusion des boues) ou dont la siccité est inférieure à 30% dans le cas des installations de stockage mono-déchets pneumatiques usagers.</li> <li>- Les substances chimiques non identifiées et/ou nouvelles qui proviennent d'activités de recherche et de développement ou d'enseignement et dont les effets sur l'homme et/ou sur l'environnement ne sont pas connus (par exemple déchets de laboratoires, etc)</li> </ul>

## 8.2. Origine et composition des déchets

Dans le groupement, les déchets ménagers et assimilés sont générés par les ménagers, mais résultent aussi d'une activité économique de la population dont le profil d'occupation par secteur présente le profil suivant :

- Agriculture 22%,
- Construction 9%,
- B.T.B.H 11%,
- Service et administration 18%.

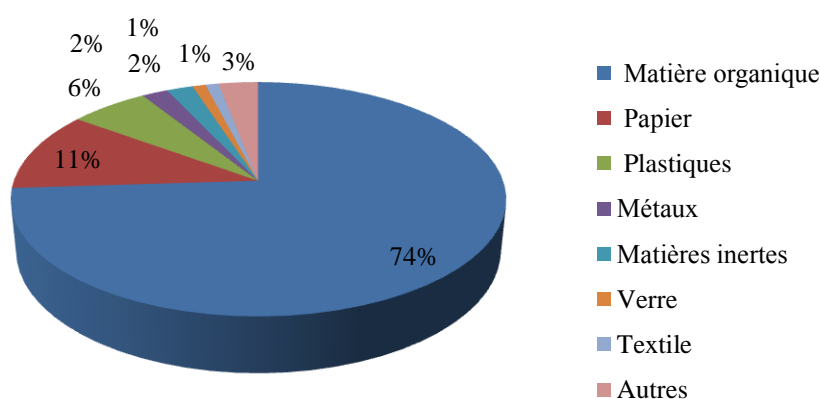


Figure 2.I.8 : Composition des déchets en pourcentage

Selon les résultats des études effectuées sur les déchets urbains nationaux, la composition morphologique moyenne des déchets urbains, illustre une prédominance de matières organiques et donc une nature opportune pour le compostage.

Dans son ensemble, la composition des déchets est la suivante :

- |                     |     |                    |    |
|---------------------|-----|--------------------|----|
| • Matière organique | 74% | • Matières inertes | 2% |
| • Papiers           | 11% | • Verre            | 1% |
| • Plastiques        | 6%  | • Textile          | 1% |
| • Métaux            | 2%  | • Autres           | 3% |

Les déchets présentent les caractéristiques suivantes :

Tableau 2.I.9:Caractéristiques des déchets

Paramètres	Valeurs
Densité	0.22 à 0.32 t/m <sup>3</sup>
Humidité	60 à 62 %
Rapport carbone azote	20 à 35
Pouvoir calorifique	900 à 1100 Kcal/Kg
Matières organiques	74 %

La quantité et la composition typologique des déchets ménagers et assimilés du groupement pour 2007, correspondant à un état comprimé à l'issue de la collecte et à une densité volumétrique de  $0.3t/m^3$ , sont les suivantes :

Tableau 2.I.10:Quantité et la composition typologique des déchets ménagers et assimilés du groupement au cours de l'année 2007. [22]

Composition	%	Par jour (m <sup>3</sup> )		Par an (tonnes)		
		Maghnia	H. Boughrara	Maghnia	H. Boughrara	Groupement
Matières organiques	74	79934.800	5603.280	23981.920	2073.480	26055.40
Papiers	11	11882.200	832.920	3564.880	308.220	3873.100
Plastiques	6	6481.200	454.320	1944.480	168.120	2112.600
métaux	2	2160.400	151.440	648.160	56.040	704.200
Matières inertes	2	2160.400	151.440	648.160	56.040	704.200
Verre	1	1080.200	75.720	324.080	28.020	352.100
Textiles	1	1080.200	75.720	324.080	28.020	352.100
Autres	3	3240.600	227.160	972.240	84.060	1056.300
Total	100	108020	7572	32708	2802	35210

L'offre du site évaluée à un volume théorique de  $1.240.000 m^3$  et une capacité réelle de stockage de  $510.000 m^3$  s'avère en définitive suffisante pour accueillir les déchets du groupement pour toute la période 2007-2015 soit un volume global de  $1.153.062 m^3$  réduit à  $461.200 m^3$  après tassement.[22]

Une telle situation ne doit pas surprendre lorsque l'on sait que le groupement de Maghnia H.Bougrara génère environ 25% des déchets industriels de la wilaya, faisant de cette région, la source la plus importante de production de déchets dans la collectivité territoriale selon l'estimation en cours bien avant l'agglomération de Tlemcen (18%). [22]

### 8.3. Casiers (Photo 2.I.4)

Le CET du grand groupement de Maghnia comporte actuellement un casier en exploitation d'une capacité de  $400.000 m^3$ , la surface externe de la réalisation du casier et de  $35000m^2$  avec une durée de vie estimée à dix (10) ans. [22]

Concernant les travaux au niveau du casier nous distinguons :

#### 8.3.1. Matériaux d'emprunt mis au remblai

L'approvisionnement en remblai en matériaux granulaire (en tufs) sur une épaisseur de 20 cm.

#### 8.3.2. Fourniture et mise en œuvre de la couche d'étanchéité en argile

La fourniture, l'épandage, le compactage et le réglage de la surface par une couche en argile imperméable avec  $K < 10^{-9} m/s$  d'épaisseur de 20 cm sur une pente de 2% quelque soient les conditions de mise en œuvre.

Le compactage se fait à 95% de l'OPM par couche n'excédent pas les 20 cm et exécuté par les compacteurs [22]

### 8.3.3. Variation d'aménagement du casier d'enfouissement par le système d'étanchéification artificiel actif

Si les conditions hydrogéologiques sont reconnues être défavorable par l'étude géotechnique alors la conception et l'aménagement du casier d'enfouissement des déchets ménagers prévoient une étanchéification artificielle totale du fond et des flancs de l'excavation en (géo-membrane PEHD, géotextile) de manière à garantir une récupération parfaite des eaux de percolation et aussi en rajoutant une couche de gravier 15/25 sur la géo-membrane. [22]



Photo 2.I.4 : Casier du centre d'enfouissement technique de Maghnia  
(Photo Lokbani & Bensouna, Février 2017)

### 8.4. Système de drainage des eaux claires à l'intérieur du site

Il est superficiel par le biais des bordures des fossés en terre des voiries ceinturant la décharge et les fossés en terre qui vont permettre l'acheminement des eaux ruisselées vers le thalweg.[22]

### 8.5. Système de drainage des eaux de percolation (lixiviats) (Photo 2.I.5 et 6)

Les eaux de percolation de la décharge sont recueillies par un réseau de drains équidistants, composé de deux drains longitudinaux en buses perforés 200mm de diamètre. Les drains sont posés sur la couche d'étanchéité d'argile avec une pente de 2% longitudinal. Le drainage se fait en double versant ou en trois avec un dénivelé de 2.5%. Les deux drains sont collectés et raccordés en aval de la décharge à un collecteur principal lié à un regard avec un tuyau perforé. Le drainage des eaux de percolation est véhiculé à l'aide d'une buse jusqu'à la station de lagunage, après traitement l'eau est refoulée vers le thalweg. [22]



Photo 2.I.5 : Sortie du lixiviat vers les lagunes  
(Lokbani & Bensouna, Mars 2017)



Photo 2.I.6 : Drains du lixiviat.  
(Lokbani & Bensouna, Mars 2017)

### 8.6. Station de lagunage ou (bassin de récupération du lixiviat)

La complexité des lixiviat des centres de stockage nécessite de mettre en place des procédés de traitement adaptables et de haute performance épuratoire.

Pour éviter le débordement du surplus du lixiviat dans le milieu naturel, une station de lagunage naturel a été créée pour son traitement.

Le CET comporte une station de lagunage (photo 2.I.7) composée de quatre (04) bassins d'un volume total de  $80 \times 4\text{m}^3$ .

La lagune occupe une superficie de  $100 \text{ m}^2$  et une profondeur de  $80\text{cm}$  avec une pente de  $2\%$ , fonctionnant en aérobie pour le traitement du lixiviat (figure 2.I.9).

Le bassin sert à l'admission du jus des lixiviats collecté par système de drainage dans le casier. L'évacuation se fait périodiquement par pompage jusqu'à son déversement à Oued el Mellaha. [22]



Photo 2.I.7: Lagunes du CET de Maghnia  
(Lokbani & Bensouna, Mars 2017)

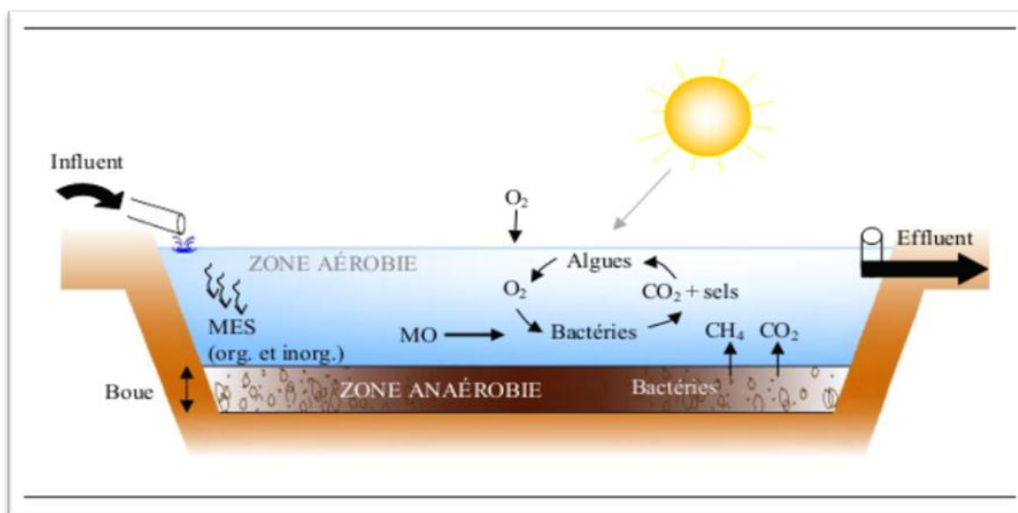


Figure 2.I.9: Principe de fonctionnement du bassin de lagunage

### 8.7. Lixiviats après le lagunage

Afin d'éviter de déverser les lixiviats dans le milieu naturel, le CET de Maghnia procède à l'arrêt de cet effluent au niveau du centre dans un lac pour permettre son recyclage (fig.2.I.17). Pour ce faire, cet effluent est mélangé en cours de route (à l'intérieur du CET) avec la terre et est laissé sécher à l'air libre par le phénomène de l'évaporation, cette terre sera par la suite utilisée pour couvrir les casiers d'enfouissement. De ce fait, le lixiviat reste donc de cette façon bloqué dans un circuit fermé au niveau du centre. [22]



Photo 2.I.8 : Arrêt des lixiviats au niveau du centre (LAC)  
(Lokbani & Bensouna, Mars 2017)

## 9. Conclusion

La gestion des déchets ménagers est perçue comme un problème d'environnement. Elle constitue aussi une question de développement durable et d'aménagement du territoire. Malheureusement, à travers les communes, nous constatons l'hostilité croissante des populations à l'encontre des activités qui génèrent des nuisances et qui rendent cet exercice très difficile, car la plupart des déchets ménagers étant d'origine urbaine.

## Chapitre II : Caractérisation des lixiviats du CET Maghnia

### 1. Introduction

Le souci majeur engendré par les CET est celui des liquides formés lors de la percolation des eaux pluviales avec les déchets en plein décomposition : les lixiviats. Ces derniers se chargent au fil du temps en matières organiques et en métaux lourds extrêmement toxiques. Cela montre la nécessité de leur traitement avant de les rejeter dans l'écosystème.

Car si les déchets disparaissent de nos vues, leur danger pourrait bien se trouver dans nos assiettes.

### 2. Appareillage et méthodes

#### a) Appareillage



OxiTop Is6  
(DBO mètre)



DCO mètre



Spectrophotomètre



Conductivité-mètre



Oxymètre



pH mètre



Turbidimètre

Photo 2.II.1 : Appareils d'analyse physico-chimique utilisés  
(Lokbani & Bensouna, Mars 2017)

#### b) Méthodes

Chaque paramètre possède plusieurs méthodes d'analyse. Le tableau 2.II.1 regroupe les méthodes utilisées dans notre cas pour la caractérisation des lixiviats. Les protocoles d'emploi des méthodes d'analyse sont donnés dans l'annexe 01.



Tableau 2.II.1 : Méthodes d'analyses des paramètres.

Paramètre	Méthodes
pH	Mesure in situ avec le pH-mètre
Conductivité	Mesure in situ avec le Conductivi-mètre
Température	Mesure in situ avec le thermomètre
Oxygène dissous	Mesure in situ avec l'oxymètre
Turbidité	Turbidimètre
Phosphate	Spectrophotométrie
Chlorures	Volumétrie
Salinité	Conductivi-mètre
TA- TAC	Volumétrie
DBO <sub>5</sub>	OXiTop
DCO	DCO mètre
MES	Pesés différentielles
Fer	Spectrophotométrie
Ammonium	Spectrophotométrie
Nitrites	Spectrophotométrie
Métaux lourds	Spectrophotométrie

### 3. Points de prélèvement

Les échantillons ont été prélevés durant le mois de Mars 2017. Ce prélèvement a fait l'objet de deux campagnes : la première en période sèche (avant la pluie) et la seconde en période humide (après la pluie) (photo 2.II.2 et photo 2.II.3).

- **Le point A** : au niveau de casier des lixiviats du CET
- **Le point B** : au niveau des lagunes (1 et 4) du CET
- **Le point C** : au niveau du lac au niveau du CET



**Point A**



**Point B**



**Point C**

Photo 2.II.2 : Echantillonnage avant la pluie (09 mars 2017).



**Point A**



**Point B**

Photo 2.II.3 : Echantillonnage après la pluie (16 mars 2017).

#### 4. Caractérisation des lixiviats du CET

Les tableaux 2.II.2, 2.II.3, 2.II.4 et 2.II.5 correspondent aux résultats d'analyse des lixiviats qui ont été réalisées pour contrôler la qualité de ces eaux ainsi que pour déterminer le rendement épuratoire du traitement.

Tableau 2.II.2 : Résultats d'analyses des lixiviats « CASIER » du CET  
(Campagne de prélèvement Lokbani & Bensouna, 09 et 16/03/2017)

Paramètres physico-chimiques				
Paramètre	Unité	Avant la pluie	Après la pluie	Norme algérienne
Odeur	-	Désagréable	Désagréable	-
Apparence	-	Très trouble	Très trouble	-
Couleur	-	Noirâtre	Noirâtre	-
T	°C	28.1	22.9	30
pH	-	7.95	7.88	6,5 - 8,5
Turbidité	NTU	932	915	-
Conductivité	ms/cm	26.3	26.1	-
Oxygène dissous	mg/L	0.49	0.30	-
Phosphate	mg/L	35	49	-
Phosphore	mg/L	11	16	10
NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	mg/L	1290	1200	-
NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	mg/L	480	160	-
NO <sub>2</sub> <sup>-</sup>	mg/L	2.8	3.6	-
Chlore libre	mg/L	0.4	0.8	-
Chlore total	mg/L	1.2	2	-
Chlorures	mg/L	6381	6026.5	700
Ca <sup>2+</sup>	mg/L en CaCO <sub>3</sub>	1500	1500	500
Mg <sup>2+</sup>	mg/L	270	540	-
HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	mg/L	15250	14030	-
Dureté totale « TH »	mg/L en CaCO <sub>3</sub>	2625	3750	-
TA	mg/L en CaCO <sub>3</sub>	00	00	-
TAC	mg/L en CaCO <sub>3</sub>	12500	11500	-
Cr <sup>6+</sup>	mg/L	0.12	0.25	0,5
Cu <sup>2+</sup>	mg/L	1.65	4.4	0,5
SiO <sub>2</sub>	mg/L	20	20	-
Ag <sup>2+</sup>	mg/L	2.5	1	-
Zn <sup>+</sup>	mg/L	13	4	3
DBO <sub>5</sub>	mg d'O <sub>2</sub> /L	500	800	35
DCO	mg d'O <sub>2</sub> /L	12800	-	120
Matières organiques MO	mg/L	4600	-	-
DCO/DBO <sub>5</sub>	-	25.6	-	-
DBO <sub>5</sub> /DCO	-	0.039	-	-
Paramètres bactériologiques				
Coliformes totaux	UFC (Nbr/100 ml)	>240	>240	-
Coliformes fécaux	UFC (Nbr/100 ml)	>240	>240	2000
Streptocoques fécaux	UFC (Nbr/100 ml)	20	20	1000

Tableau 2.II.3 : Résultats d'analyses des lixiviats « LAGUNE 1 » du CET  
(Campagne de prélèvement Lokbani & Bensouna, 09 et 16/03/2017)

Paramètres physico-chimiques				
Paramètre	Unité	Avant la pluie	Après la pluie	Norme algérienne
Odeur	-	Désagréable	Désagréable	-
Apparence	-	Très trouble	Très trouble	-
Couleur	-	Noirâtre	Noirâtre	-
T	°C	25	18.6	30
pH	-	8.13	8.18	6,5 - 8,5
Turbidité	NTU	745	354.5	-
Conductivité	ms/cm	25.2	15.64	-
Oxygène dessous	mg/L	0.49	0.06	-
Phosphate	mg/L	47	25	-
Phosphore	mg/L	16	7	10
NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	mg/L	1290	1190	-
NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	mg/L	350	300	-
NO <sub>2</sub> <sup>-</sup>	mg/L	2.5	2.9	-
Chlore libre	mg/L	3	11	-
Chlore total	mg/L	4	7	-
Chlorures	mg/L	6735.5	6026.5	700
Ca <sup>2+</sup>	mg/L en CaCO <sub>3</sub>	1750	2500	500
Mg <sup>2+</sup>	mg/L	180	60	-
HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	mg/L	14335	10370	-
Dureté totale TH	mg/L en CaCO <sub>3</sub>	2500	2750	-
TA	mg/L en CaCO <sub>3</sub>	00	00	-
TAC	mg/L en CaCO <sub>3</sub>	11750	8500	-
Cr <sup>6+</sup>	mg/L	2.8	1.8	0,5
Cu <sup>2+</sup>	mg/L	2.07	2.6	0,5
SiO <sub>2</sub>	mg/L	20	20	-
Ag <sup>2+</sup>	mg/L	4	2.5	-
Zn	mg/L	6	22	3
DBO <sub>5</sub>	mg d'O <sub>2</sub> /L	470	500	35
DCO	mg d'O <sub>2</sub> /L	11660	-	120
Matières rganiques MO	mg/L	4200	-	-
DCO/DBO <sub>5</sub>	-	24.8	-	-
DBO5 /DCO	-	0.04	-	-
Paramètres bactériologiques				
Coliformes totaux	UFC (Nbr/100 ml)	>240	>240	-
Coliformes fécaux	UFC(Nbr/100 ml)	>240	>240	2000
Streptocoques fécaux	UFC (Nbr/100 ml)	20	20	1000

Tableau 2.II.4 : Résultats d'analyses des lixiviats « LAGUNE 4 » du CET  
(Campagne de prélèvement Lokbani & Bensouna, 09 et 16/03/2017)

Paramètres physico-chimiques				
Paramètre	Unité	Avant la pluie	Après la pluie	Norme algérienne
Odeur	-	Désagréable	Désagréable	-
Apparence	-	Très trouble	Très trouble	-
Couleur	-	Noirâtre	Noirâtre	-
T	°C	26.1	18.9	30
pH	-	8.71	8.90	6,5 - 8,5
Turbidité	NTU	144.5	254.5	-
Conductivité	ms/cm	5.20	9.72	-
Oxygène dessous	mg/L	0.40	0.50	-
Phosphate	mg/L	25	23.5	-
Phosphore	mg/L	14	21	10
NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	mg/L	828	494	-
NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	mg/L	25	26	-
NO <sub>2</sub> <sup>-</sup>	mg/L	0.3	0.33	-
Chlore libre	mg/L	0.6	0.7	-
Chlore total	mg/L	0.1	0.2	-
Chlorures	mg/L	9571.5	9926	700
Ca <sup>2+</sup>	mg/L en CaCO <sub>3</sub>	1250	1750	500
Mg <sup>2+</sup>	mg/L	180	00	-
HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	mg/L	2745	4422.5	-
Dureté totale « TH »	mg/L en CaCO <sub>3</sub>	2000	1750	-
TA	mg/L en CaCO <sub>3</sub>	00	00	-
TAC	mg/L en CaCO <sub>3</sub>	2250	3625	-
Cr <sup>6+</sup>	mg/L	0.8	0.73	0,5
Cu <sup>2+</sup>	mg/L	6.8	1.7	0,5
SiO <sub>2</sub>	mg/L	12.2	10.9	-
Ag <sup>2+</sup>	mg/L	0.1	0.15	-
Zn	mg/L	0.6	2	3
DBO <sub>5</sub>	mg d'O <sub>2</sub> /L	250	280	35
DCO	mg d'O <sub>2</sub> /L	6100	-	120
Matières organiques MO	mg/L	2200	-	-
DCO/DBO <sub>5</sub>	-	24.4	-	-
DBO <sub>5</sub> /DCO	-	0.041	-	-
Paramètres bactériologiques				
Coliformes totaux	UFC (Nbr/100 ml)	>240	>240	-
Coliformes fécaux	UFC (Nbr/100 ml)	>240	>240	2000
Streptocoques fécaux	UFC (Nbr/100 ml)	20	20	1000

Tableau 2.II.5 : Résultats d'analyses des lixiviats « LAC » du CET  
(Campagne de prélèvement Lokbani & Bensouna, 09 et 16/03/2017)

Paramètres physico-chimiques				
Paramètre	Unité	Avant la pluie	Après la pluie	Norme algérienne
Odeur	-	Désagréable	Désagréable	-
Apparence	-	Très trouble	Très trouble	-
Couleur	-	Noirâtre	Noirâtre	-
T	°C	20.7	19.3	30
pH	-	8.34	8.63	6,5 - 8,5
Turbidité	NTU	25.9	56.3	-
Conductivité	ms/cm	1.85	2.24	-
Oxygène dissous	mg/L	0.43	00	-
Phosphate	mg/L	2.6	1.7	-
Phosphore	mg/L	1.2	0.6	10
NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	mg/L	12.9	4.94	-
NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	mg/L	1.3	0.13	-
NO <sub>2</sub> <sup>-</sup>	mg/L	0.02	0.027	-
Chlore libre	mg/L	0.1	0.11	-
Chlore total	mg/L	0.04	0.02	-
Chlorures	mg/L	1985.2	1914.3	700
Ca <sup>2+</sup>	mg/L en CaCO <sub>3</sub>	600	400	500
Mg <sup>2+</sup>	mg/L	36	96	-
HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	mg/L	1317.5	1159	-
Dureté totale « TH »	mg/L en CaCO <sub>3</sub>	750	800	-
TA	mg/L en CaCO <sub>3</sub>	00	00	-
TAC	mg/L en CaCO <sub>3</sub>	1080	950	-
Cr <sup>6+</sup>	mg/L	0.039	0.061	0,5
Cu <sup>2+</sup>	mg/L	.04	0.21	0,5
SiO <sub>2</sub>	mg/L	0.76	2	-
Ag <sup>2+</sup>	mg/L	0.01	0.013	-
Zn	mg/L	00	00	3
DBO <sub>5</sub>	mg d'O <sub>2</sub> /L	100	110	35
DCO	mg d'O <sub>2</sub> /L	2200	-	120
Matières organiques MO	mg/L	800	-	-
DCO/DBO <sub>5</sub>	-	22	-	-
DBO <sub>5</sub> /DCO	-	0.045	-	-
Paramètres bactériologiques				
Coliformes totaux	UFC (Nbr/100 ml)	>240	>240	-
Coliformes fécaux	UFC (Nbr/100 ml)	>240	>240	2000
Streptocoques fécaux	UFC (Nbr/100 ml)	20	20	1000

5. Variation temporelle des paramètres physico-chimiques du lixiviat du CET

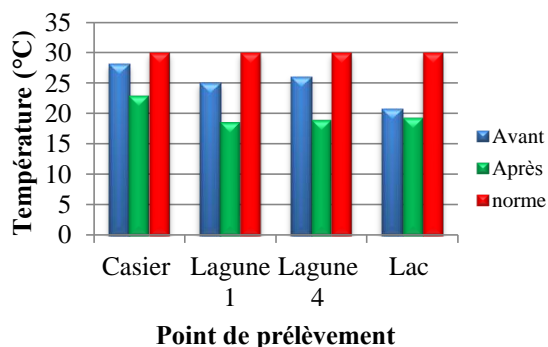


Figure 2.II.1: Variation de Température

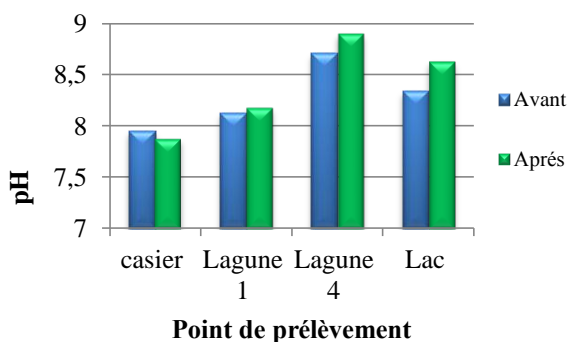


Figure 2.II.2: Variation du pH

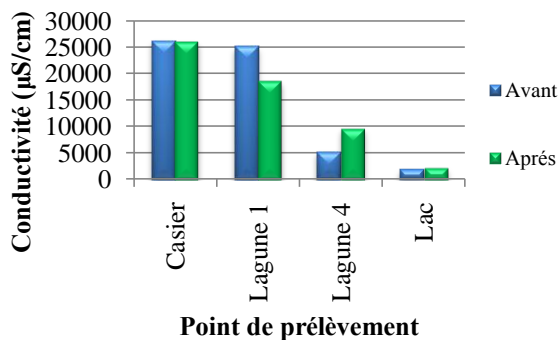


Figure 2.II.3: Variation de la conductivité

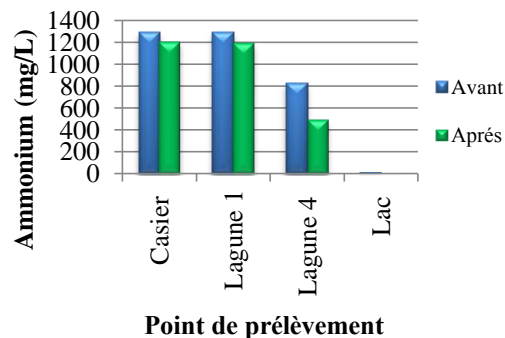


Figure 2.II.4: Variation de l'Ammonium

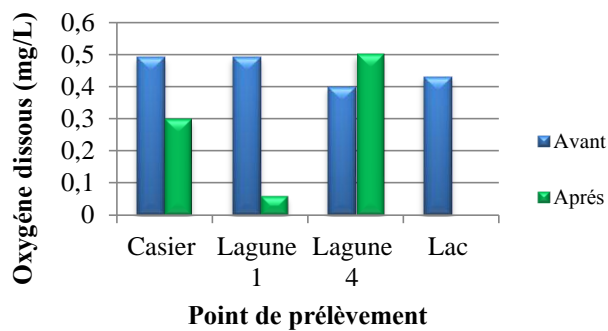


Figure 2.II.5: Variation de l'Oxygène dissous

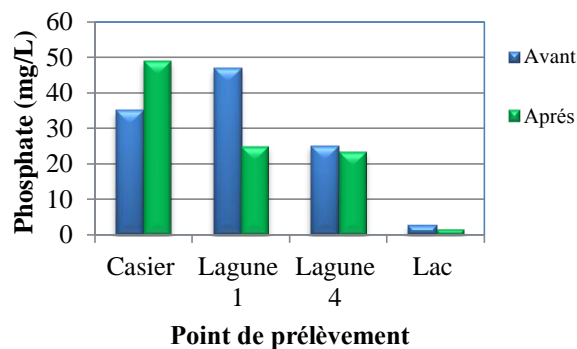


Figure 2.II.6: Variation du Phosphate

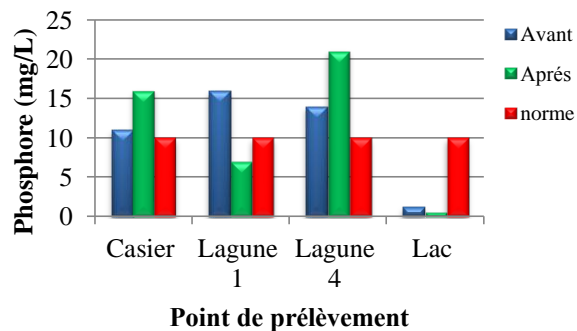


Figure 2.II.7: Variation du Phosphore

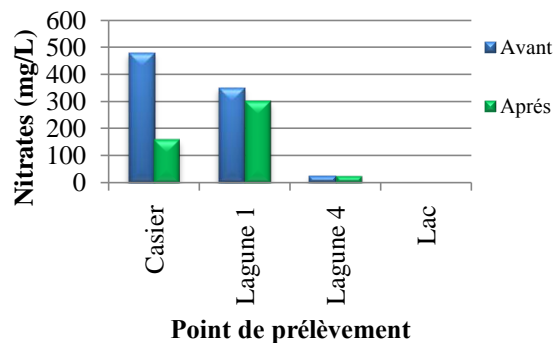


Figure 2.II.8: Variation des Nitrates

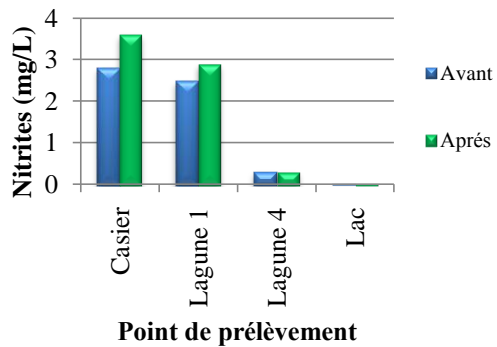


Figure 2.II.9: Variation de Nitrite

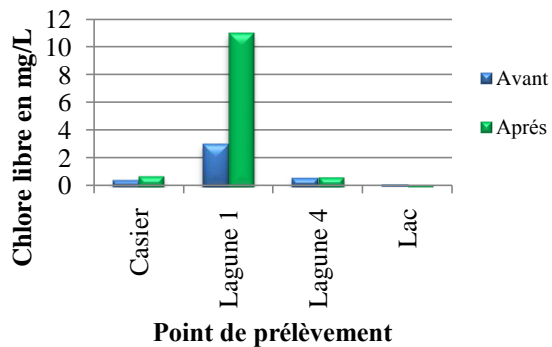


Figure 2.II.10: Variation de Chlore libre

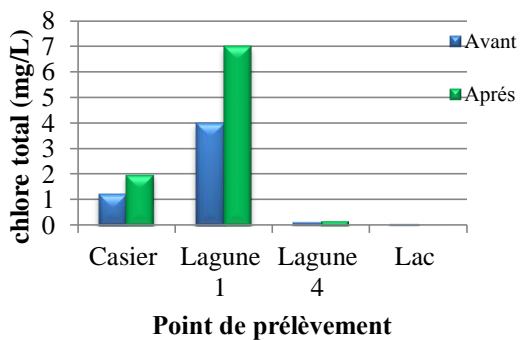


Figure 2.II.11: Variation de Chlore total

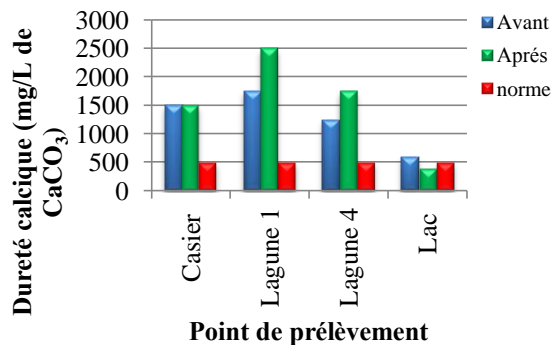


Figure 2.II.12: Variation de la dureté calcique

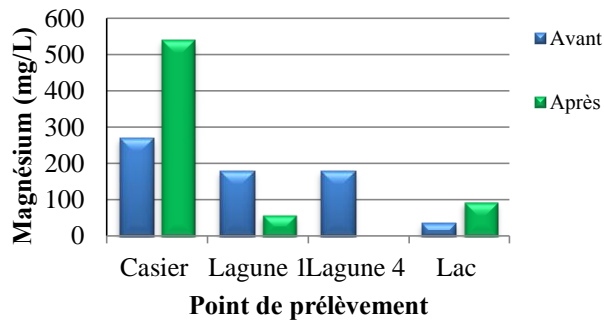


Figure 2.II.13: Variation de Magnésium

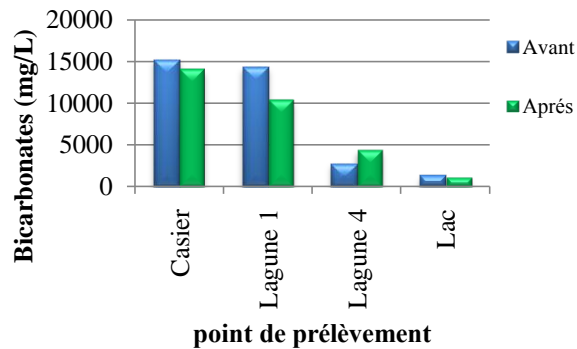


Figure 2.II.14: Variation de Bicarbonate

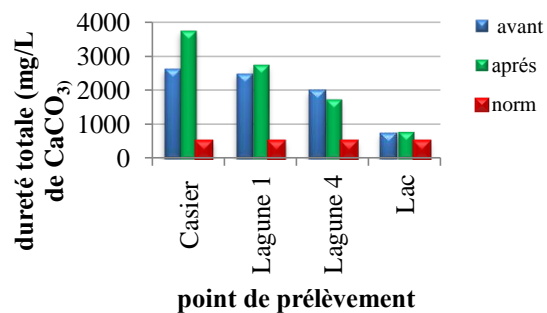


Figure 2.II.15: Variation de la dureté totale

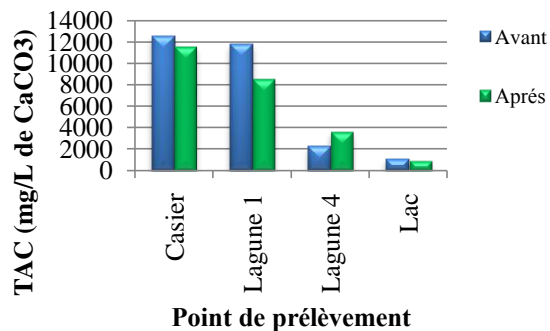


Figure 2.II.16: Variation de TAC



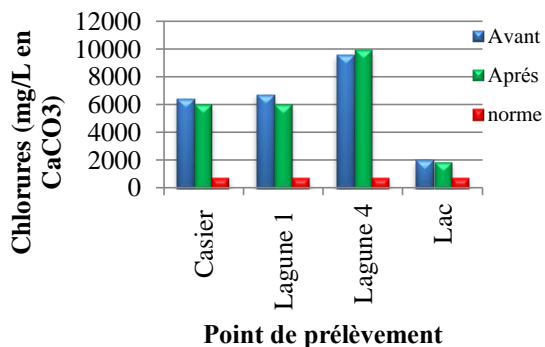


Figure 2.II.17: Variation de Chlorure

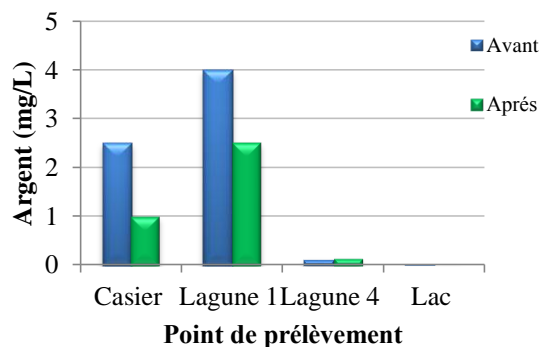


Figure 2.II.21: Variation d'Argent

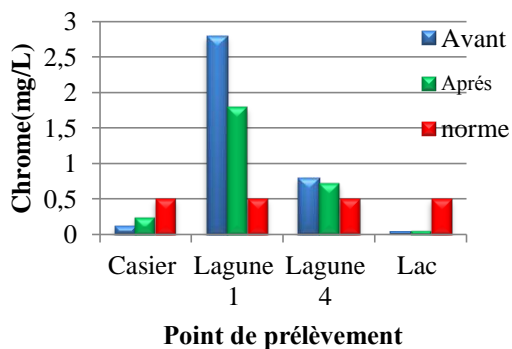


Figure 2.II.18: Variation du Chrome

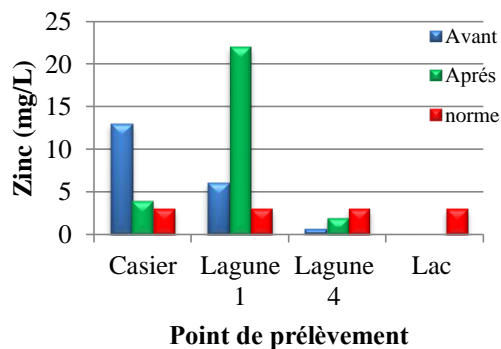


Figure 2.II.22: Variation du Zinc

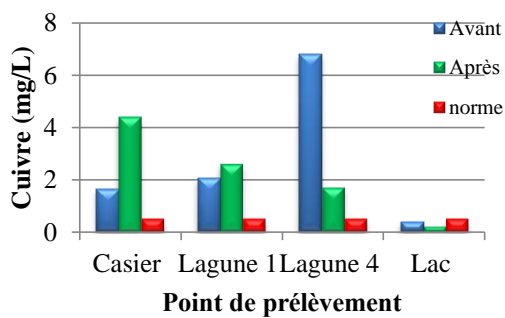


Figure 2.II.19: Variation du Cuivre

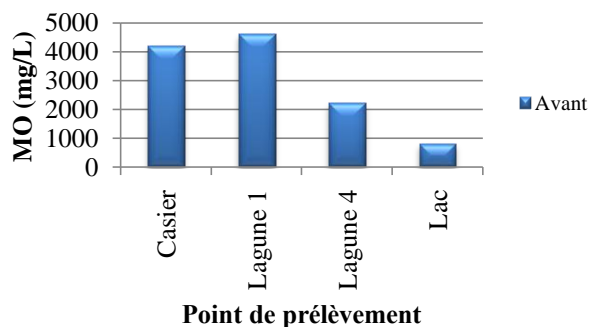


Figure 2.II.23: Variation de la matière organique

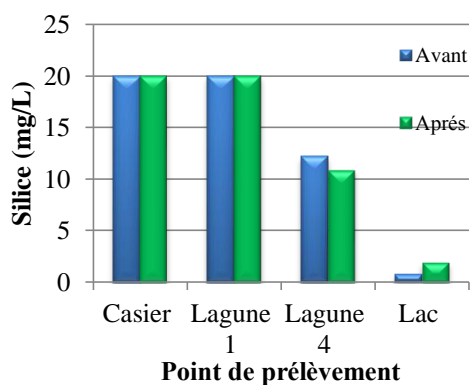


Figure 2.II.20: Variation de Silice

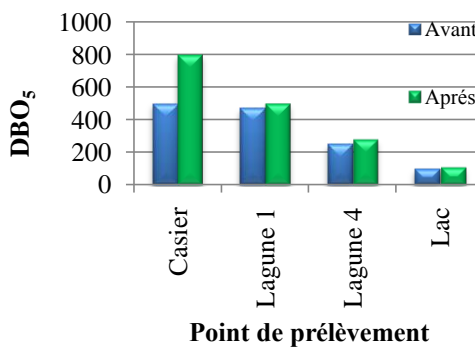


Figure 2.II.24: Variation de la DBO<sub>5</sub>

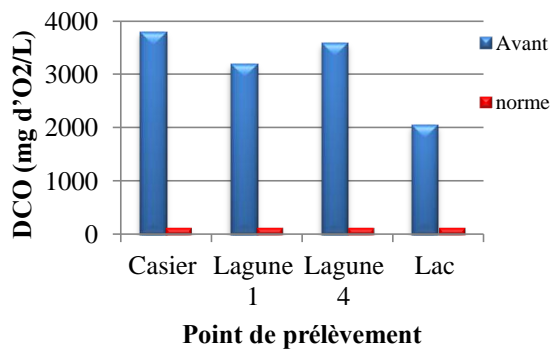


Figure 2.II.25: Variation de la DCO

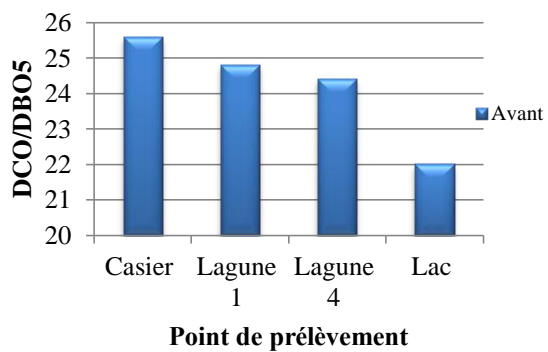


Figure 2.II.26: Variation de la DCO/DBO<sub>5</sub>

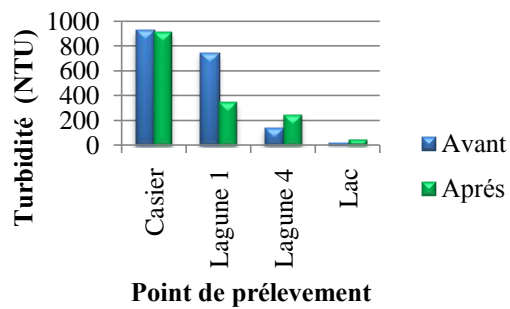


Figure 2.II.27: Variation de la turbidité

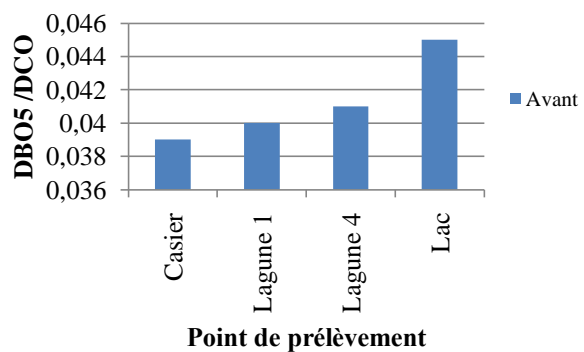


Figure 2.II.28: Variation de la DBO<sub>5</sub>/DCO

### Chapitre III : Résultats et discussion

#### 1. Etude des métaux lourds

Concernant les éléments métalliques, nous enregistrons des fluctuations très importantes qui diffèrent d'un ion métallique à un autre. Tous les éléments-traces métalliques sont présents naturellement à l'état de traces dans le sol, l'activité humaine peut avoir renforcé cette présence.

- Pour le Zinc, les concentrations trouvées varient entre 0 à 13 mg/L avant la pluie et entre 0 et 22 mg/L après. En effet, une baisse importante des concentrations a été observée au niveau de la lagune 4 (0.6 période sèche et 2mg/L en période humide) et le lac (0 mg/L pour les deux périodes), ce qui met montre le bon déroulement du lagunage.
- Pour le chrome, les concentrations trouvées varient entre 0.039 à 2.8 mg/L, avant la pluie, par contre, elles sont de 0.061 à 1.8 après. Les concentrations maximales du chrome sont enregistrées au niveau des lagunes 1 et 4, dû probablement au dépôt et la sédimentation de cet élément lors de son trajet.
- Pour le cuivre, les concentrations vont entre 0.4 à 6.8 mg/L avant la pluie, et sont de 0.21 à 4.4 après la pluie. La concentration maximale du cuivre est enregistrée au niveau de la lagune 4 (6.8mg/L) avant la pluie, et 4.4 mg/L au niveau du casier mais en période humide.
- Pour la silice, les concentrations trouvées sont presque identiques pour tous les prélèvements (de l'ordre de 0.4mg/L) avant la pluie, elles oscillent entre 0 et 0.5 après. La concentration maximale de la silice est observée au niveau de la lagune 4 (0.5mg/L) après la pluie, par contre, la plus faible concentration est enregistrée au niveau de la lagune 1 (0.06mg/L).
- Pour l'argent, les concentrations trouvées varient entre 0.01 à 4 mg/L en période sèche alors que nous notons une diminution après la pluie avec des valeurs changeant entre 0.013 à 2.5 durant la période humide. La concentration maximale d'argent est enregistrée au niveau de lagune 1 (4mg/L) en période sèche, et une faible concentration au niveau de lac (0.01mg/L), d'où le rôle que je joue le système de lagunage à améliorer la qualité de ces eaux usées.

#### 2. Etude de la variabilité de la DBO<sub>5</sub>

La DBO<sub>5</sub> est un Critère de pollution organique basé sur la quantité d'oxygène consommée à 20°C et à l'obscurité pendant un temps de référence pour assurer l'oxydation des matières organiques présentes dans l'eau par voie biologique.

D'après les résultats d'analyses observés au niveau des 4 échantillons, nous remarquons que la valeur de la DBO<sub>5</sub> du lixiviat est largement élevée par rapport à la norme qui est de 35 mg d'O<sub>2</sub>/L, ce qui indique que le traitement par lagunage n'est pas suffisant pour l'élimination de la totalité de la charge polluante.

Les concentrations de la DBO<sub>5</sub> varient de 170 à 5000 mg d'O<sub>2</sub>/L avant la pluie, avec une concentration maximale enregistrée au niveau du casier (5000mg d'O<sub>2</sub>/L), et de 330 à 8000 en période humide. Là, dans ce dernier cas une concentration maximale est observée au niveau du casier (8000mg d'O<sub>2</sub>/L). Toutefois, une chute de concentration a été enregistrée pour la DBO<sub>5</sub>, comme est le cas pour la lagune 4.

### 3. Etude de la variabilité de la DCO

Contrairement à la DBO<sub>5</sub>, qui ne prend en compte que les matières organiques biodégradables, la DCO est une mesure globale des matières organiques et de certains sels minéraux oxydables (pollution organique totale) présents dans l'eau. Les concentrations de la DCO des eaux (lixiviat) varient entre 2200 mg/L et 12800 mg/L, Ces valeurs sont très élevées et dépassent le seuil acceptable. Cela signifie que ces eaux ont un potentiel de pollution élevé et devraient donc être traitées avant leur rejet dans la nature et dans le réseau d'assainissement.

### 4. Etude du 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, nous avons généralement les limites suivantes :

- $DCO/DBO_5 < 2$              $\implies$     Effluent facilement biodégradable,
- $2 \leq DCO/DBO_5 < 3$      $\implies$     Effluent biodégradable avec des souches sélectionnées,
- $DCO/DBO_5 \geq 3$          $\implies$     Effluent pas biodégradable.

D'après les tableaux, le rapport DCO/DBO<sub>5</sub> est trop élevé dans les eaux des lixiviats, ce qui indique que cet effluent n'est pas biodégradable et qu'il présente une forte charge polluante qui est difficile à éliminer.

### 5. Etude du rapport DBO<sub>5</sub>/DCO

Le rapport DBO<sub>5</sub>/DCO donne une indication de maturité du lixiviat:

- $DBO_5/DCO \geq 0,5$              $\implies$     lixiviat jeune et instable
- $0,1 \leq DBO_5/DCO < 0,5$      $\implies$     lixiviat modérément stable.
- $DBO_5/DCO < 0,1$              $\implies$     lixiviat vieux et stable.

Concernant nos analyses, les lixiviats sont qualifiés de vieux et stables.

### 6. Etude de la matière organique

On définit la matière organique comme la matière carbonée qui est généralement produite par les êtres vivants, végétaux, animaux, ou micro-organismes. La matière organique est constituée de composés organiques et est à l'origine de la dégradation de la qualité de l'eau. Elle influence directement les propriétés organoleptiques de l'eau (odeur et goût), elle peut être la cause d'une certaine toxicité acquise au cours du traitement et elle influence aussi directement la stabilité biologique de l'eau dans le réseau de distribution. Outre le carbone et l'eau qui sont les composants essentiels, elle peut contenir aussi les éléments hydrogène (H), oxygène (O), azote (N), phosphore (P), soufre (S), fer (Fe).

La composition des lixiviats est en fonction de la nature des déchets enfouis, leur taux d'humidité, les conditions climatiques ainsi que l'âge de la décharge. Dans notre étude et selon les statistiques du CET étudié, la matière organique représente une grande partie de la composition des déchets enfouis au niveau du CET de Maghnia.

Nous remarquons que les concentrations de la matière organique dans les lixiviats sont très élevées au niveau du casier (4600 mg/L), et au niveau des lagunes nous remarquons une diminution des

matières organiques de 4200 mg/L à l'entrée (lagune1) jusqu'à 2200 mg/L à la sortie (lagune4), pour atteindre le minimum de concentration au niveau du Lac 800 mg/L.

Ceci laisse supposer que les lagunes au niveau du CET jouent plutôt un rôle important dans le traitement de ce paramètre, car la dégradation de la matière organique est bien observée.

### **7. Etude de la variation de l'Ammonium**

L'azote ammoniacal constitue un des maillons du cycle complexe de l'azote dans son état primitif. C'est un gaz soluble dans l'eau. Les teneurs varient entre 4.94 et 1200 mg/L en période de pluie et entre 12.9 et 1290 mg/L en période sèche. Les plus fortes teneurs ont été enregistrées en saison sèche. Les valeurs d'ammonium obtenues en période humide sont nettement inférieures à celles de la période sèche traduisant ainsi l'effet de la dilution. Cet élément chimique est le principal agent réducteur dans les lixiviats de décharge et il constitue à long terme un polluant important.

### **8. Etude des Nitrates ( $\text{NO}_3^-$ ) et des nitrites ( $\text{NO}_2^-$ )**

Les nitrates constituent le stade final de l'oxydation de l'azote, et représentent la forme d'azote au degré d'oxydation le plus élevé présent dans l'eau. Les teneurs enregistrées oscillent entre 1.3 et 480 mg/L avant la pluie et entre 0.13 et 300 mg/L après. Les valeurs des nitrates obtenues en période humide sont nettement inférieures à celles de la période sèche dues à leur dilution.

Les nitrites proviennent, soit d'une réduction des nitrates, soit d'une oxydation incomplète des ions ammonium (Rodier, 1996). Les teneurs en  $\text{NO}_2^-$  des lixiviats sont faibles et sont comprises entre 0,02 et 0.3 mg/L au niveau de la lagune4 et le lac. Ces faibles teneurs sont dues aux valeurs faibles de l'oxygène dissous et du potentiel redox dans le lixiviat. Avec une teneur un peu élevée en  $\text{NO}_2^-$  au niveau du casier et la lagune1 comprise entre 2.5 et 3.6 mg/L.

### **9. Etude de la variation de Température**

La température favorise le développement des micro-organismes dans les lixiviats, la température des quatre échantillons varie selon la température ambiante (le temps qu'il fait), elle varie de 18.6 à 22.9°C au moment de la pluie et s'élève relativement une fois arrêtée (20.7-28.1°C).

### **10. Etude du pH**

Ce paramètre caractérise un grand nombre d'équilibres physico-chimique et dépend de plusieurs facteurs.

Le pH des quatre échantillons est dans les normes, sauf au niveau de la lagune 4 et le lac où il dépasse les normes.

### **11. Etude de la Conductivité électrique**

La mesure de la conductivité apporte une information globale sur la quantité d'espèces chargées présentes dans les différents lixiviats. Elle constitue un paramètre intéressant à suivre pour évaluer la charge minérale présente dans un effluent.

Dans notre cas, la valeur de la conductivité électrique est très élevée au niveau du casier et lagune 1, elle varie entre 18640 et 26300  $\mu\text{s}/\text{cm}$  pour les deux états (avant et après la pluie), La conductivité diminue au niveau de la lagune 4 qui affiche une valeur 5200 $\mu\text{s}/\text{cm}$  au temps sec et 9720 $\mu\text{s}/\text{cm}$  au moment de la pluie. Cette conductivité diminue de plus en plus au niveau du lac pour marquer de faibles enregistrements allant de 1850 $\mu\text{s}/\text{cm}$  avant la pluie et 2240 $\mu\text{s}/\text{cm}$  en période humide.

Nous pouvons conclure donc que les lixiviats sont une minéralisation élevée qui tend à diminuer au fur et à mesure qu'ils traversent les lagunes pour arriver plus dilués au lac.

## **12. Etude de la Turbidité**

La turbidité est causée par des particules en matières inorganiques (particule, glaise et argile) alors que sa couleur est imputable à des particules de matière organique et oxyde de métal par exemple le fer.

La turbidité des lixiviats dans les quatre échantillons est élevée au niveau du casier et les lagunes et moins élevé au niveau du lac.

## **13. Etude de la variation des phosphates**

Les phosphates sont un indicateur de pollution dans les eaux, leur présence en excès contribue notamment aux problèmes de turbidité liés au verdissement des eaux, selon les résultats d'analyses, nous remarquons, que la concentration des phosphates des quatre échantillons varie de 1.7 à 49 mg/L en période humide et de 2.6 à 47 mg/L en période sèche.

## **14. Etude de la couleur et de l'odeur**

La couleur et l'odeur des quatre lixiviats étudiés constituent le premier indicateur de pollution. Les lixiviats analysés présentent une couleur brunâtre et une odeur fétide indiquant l'influence des déchets sur la qualité des eaux.

## **15. Composition bactériologique des eaux**

Les résultats obtenus montrent que les lixiviats recèlent des quantités non négligeables de germes pathogènes (coliformes totaux, coliformes fécaux et streptocoques), indiquant ainsi une pollution bactériologique des eaux dans les quatre cas que nous pouvons expliquer par le fait que le système de lagunage qu'utilise le centre n'est pas approprié pour ce type de pollution.

## **16. Etude des résultats de traitement par le lagunage naturel**

### **16.1. Cinétique de dégradation de la matière organique**

Plusieurs formules empiriques ont été proposées pour évaluer la cinétique de dégradation de la matière organique dans les bassins de lagunage naturel (Hermann et Gloyna, 1958 ; Marais et Shaw, 1961; Marais, 1966; Huang et Gloyna, 1968; Gloyna et Espino, 1969). Toutefois et si l'on admet que toute la DBO des lixiviats est stabilisée par des organismes facultatifs, que les eaux sont complètement mélangées et que la dégradation se fait par une réaction du premier ordre

(Gloyna, 1966). La cinétique de dégradation (2.III.1 et 2), peut se calculer par la formule suivante:

$$K_t = (C_0 / C_f - 1) / R_t \quad \text{eq1}$$

Avec :

$K_t$ : Cinétique de dégradation par jour.

$C_0$ : Teneur en DBO (mg/L) de l'eau brute.

$C_f$ : Teneur en DBO (mg/L) de l'eau traitée.

$R_t$ : Temps de rétention en jours.

Nous pouvons aussi calculer es rendements épuratoires par la formule qui suit :

$$X = [(C_0 - C_f) / C_0] * 100 \quad \text{eq2}$$

Avec :

X : Rendement épuratoire (%),

$C_0$  : Concentration de l'élément chimique à la sortie de la décharge. (Lagune 1)

$C_f$ : Concentration de l'élément chimique à la sortie (4 lagune).

Tableau 2.III.1 : Cinétique de dégradation de la matière organique au niveau des lagunes (période sèche)

Paramètres	DBO brute ( $C_0$ ) (mg/L)	DBO traitée ( $C_f$ ) (mg/L)	Temps de rétention ( $R_t$ ) (jours)	Cinétique de dégradation de la matière organique
Résultats	470	250	150	0.012

Tableau 2.III.2 : Cinétique de dégradation de la matière organique au niveau des lagunes (période humide)

Paramètres	DBO brute ( $C_0$ ) (mg/L)	DBO traitée ( $C_f$ ) (mg/L)	Temps de rétention ( $R_t$ ) (jours)	Cinétique de dégradation de la matière organique
Résultats	500	280	150	0.011

Nous pouvons remarquer d'après les résultats (tableau 2.III.1 et 2) que les cinétiques de dégradation calculées sont très voisines des valeurs trouvées par certains auteurs dans des bassins de stabilisation des eaux usées et sont dépendantes des températures, mettant ainsi en cause l'effet de la température dans la stimulation de l'activité bactérienne hétérotrophe. La cinétique de dégradation la plus élevée (0.03) a été enregistrée à une température de 20 °C (figure 2.III.1), alors qu'une température de 25 °C conduit à une vitesse de dégradation plus faible (0,02). [09]

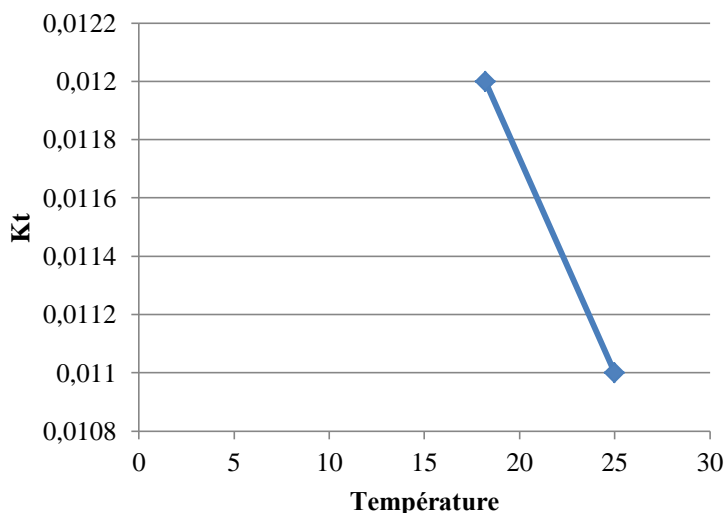


Figure 2.III.1 : Variations de la vitesse de dégradation  $K$  ( $j^{-1}$ ) de la DBO

Dans le tableau 2.III.3, nous avons rassemblé les calculs de rendement du traitement par le système de lagunage installé dans le centre depuis la première lagune jusqu'à la quatrième. En effet, la station de lagunage joue un rôle important dans l'élimination des nitrates, des nitrites et des bicarbonates. Elle montre aussi une performance dans l'éradication de certains métaux lourds avec un rendement dépassant les 70%.

L'analyse du tableau met aussi en évidence, l'élimination non négligeable de certains éléments polluants tels que les phosphates et la matière organique à travers le taux de DBO et DCO.

Tableau 2.III.3 : Rendements épuratoires par le système de lagunage

Eléments	Lagune 1 (mg/L)	Lagune 4 (mg/L)	Rendement(%)
Phosphate	47	25	47
Phosphore	16	14	12,5
NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	1290	828	36
NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	350	25	93
NO <sub>2</sub> <sup>-</sup>	2.5	0.3	88
Cl <sup>-</sup>	6735,5	9571,5	/
Ca <sup>2+</sup>	1750	1250	29
Mg <sup>2+</sup>	180	180	0
HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	14335	2745	81
Cr <sup>6+</sup>	2,8	0,8	72
Cu <sup>2+</sup>	2,07	6,8	/
SiO <sub>2</sub>	20	12,2	39
Ag <sup>2+</sup>	4	0,1	97,5
Zn <sup>2+</sup>	6	0,6	90
DBO <sub>5</sub>	470	250	47
DCO	11660	6100	48
MO	4200	2200	48

## 17. Synthèse

Les résultats de la caractérisation physico-chimique des lixiviats bruts de la décharge de Maghnia, nous a permis de constater une double pollution:



✓ **une pollution organique** : traduite par une forte charge de la DCO par exemple pour le lixiviat la DCO est en moyenne de l'ordre de 3165d'O<sub>2</sub> et la DBO<sub>5</sub> est de l'ordre de 2842.5 mg/Ld'O<sub>2</sub>,

✓ **une pollution minérale** : exprimée par une valeur de 0,25 mg/L de Chrome, de 1.65mg/L de Cuivre et 0.49 mg/L de Silice, 13 mg/L de Zinc dans le lixiviat.

Il est donc indispensable de traiter ce jus de décharge pour éviter tout risque de contamination ultérieure du milieu par drainage de ces lixiviats.

Les métaux lourds dosés ont montré une pollution métallique des lixiviats de la décharge. Les résultats obtenus ont été comparés à ceux obtenus au niveau d'autres décharges (tableau 2.III.4) (figure 2.III.2).

Tableau 2.III.4 : Comparaison des teneurs moyennes en métaux lourds dans les lixiviats de décharges ménagères

Concentration (µg/L)	<sup>1</sup> Décharge d'Etueffont (France)	<sup>2</sup> Décharge de Rabat (Maroc)	<sup>3</sup> Décharge d'El Jadida (Maroc)	<sup>4</sup> Décharge d'Alger	<sup>5</sup> Décharge de Tiaret	<sup>6</sup> Décharge de Tlemcen	Décharge de Maghnia
Zinc	740	-	742.2	700	500	1100	13000
Cuivre	270	118	157.8	450	-	330	1650
Nickel	210	133.6	133.8	250	670	363	-
Chrome	270	517	156.33	500	300	373	120
Silice	-	-	-	-	-	-	20000
Argent	-	-	-	-	-	-	2500

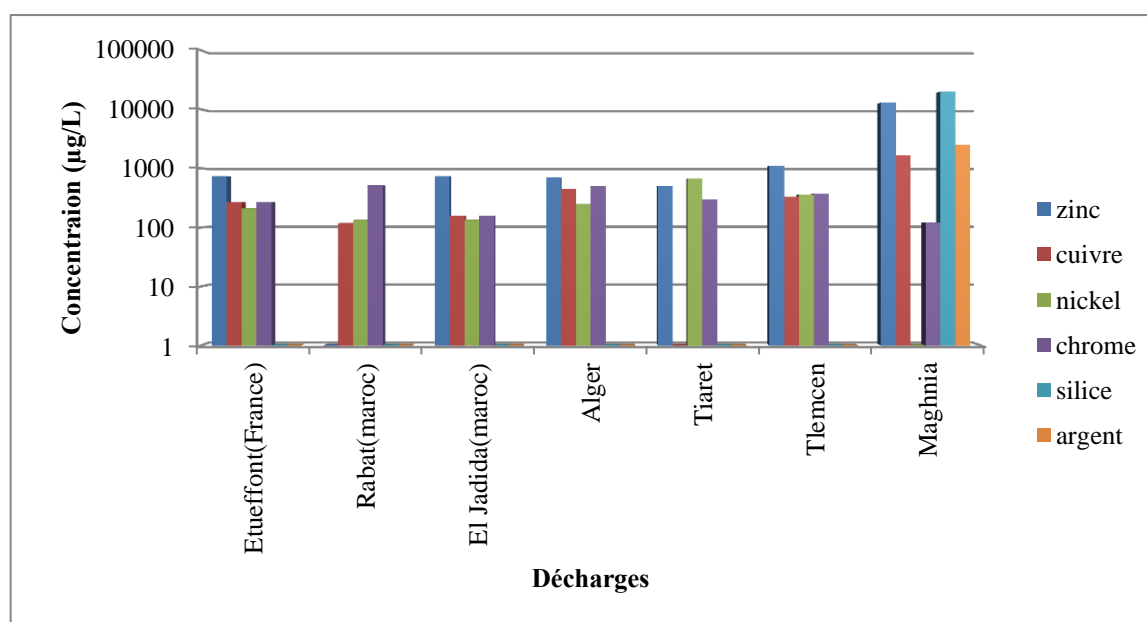


Figure 2.III.2: Comparaison des teneurs moyennes en métaux lourds dans les lixiviats des différentes décharges ménagères.

L'examen de la figure 2.III.2, met en évidence une teneur en métaux lourds dans les lixiviats de la décharge de Maghnia très élevée par rapport aux autres décharges.

<sup>1</sup>Khattabi 2002, <sup>2</sup>Amhoud 1997, <sup>3</sup>Chofqi 2004, <sup>4</sup>Kerbachi et Belkacemi 1994, <sup>5</sup>Mehdi.M 2007, <sup>6</sup>Mohammedi D 2016.

Ces fortes concentrations en métaux lourds sont dues à l'absence du tri sélectif des déchets enfouis au niveau du CET ainsi que le manque du traitement adéquat à chaque polluant dans les lixiviats.

Le traitement adopté au niveau du CET est le lagunage qui est utilisé comme procédé de dégradation de la matière organique et non pas pour l'élimination de la pollution minérale.

Donc il est nécessaire de penser à la réalisation d'une station d'épuration pour limiter le risque de ces eaux comparables à des rejets industriels.

# Conclusion générale

---

## Conclusion générale

Comme dans tous les autres pays en développement les problèmes liés à la gestion des déchets ménagers se posent en Algérie avec de plus en plus d'acuité en raison de l'augmentation de la production des déchets sous le triple effet de la croissance économique, démographique et du niveau de vie.

La filière traditionnelle d'élimination des déchets solides en Algérie est essentiellement la mise en décharge, méthode la plus ancienne et la plus largement pratiquée du fait de son coût plus faible que celui des autres filières d'élimination. [21]

Parmi les nombreuses sources potentielles de pollution, les zones de stockage des déchets constituent une des plus répandues sur notre territoire et sont directement liées à l'activité de chacun et nous devons d'en contrôler au mieux les effets néfastes sur notre environnement, puisque nous y puisons une partie de nos ressources, et la qualité de l'eau est le maillon principal du bon état de fonctionnement d'un environnement viable.

Dans les prochaines années la surveillance des décharges et plus précisément celle des lixiviats de décharge sera renforcée. Selon les experts, l'amélioration des outils de traitement des lixiviats passera par une meilleure connaissance de la composition physico-chimique des lixiviats et la supervision des décharges afin de mieux comprendre les mécanismes complexes qui gouvernent la qualité des lixiviats. Toutefois, une attention particulière sera portée sur l'influence des conditions climatiques. [09]

La présente étude avait pour objectif de déterminer les risques de la pollution du milieu naturel par les lixiviats des décharges contrôlées, nous avons pris le cas du centre d'enfouissement technique (CET) de Maghnia.

Le système est complexe, son fonctionnement a fait appel à de nombreuses interactions. Pour mettre en évidence l'impact de cette décharge sur le milieu naturel, nous avons impliqué la géologie afin de vérifier que l'imperméabilité du sol est suffisante et limitera, voire empêchera les infiltrations des lixiviats qui peuvent contaminer la nappe phréatique. En effet les formations miocènes de type marneux assurent une étanchéité certaine du terrain et prévient les zones à risques qui dans notre cas ne posent aucun problème.

En surface, les déchets sont de différentes natures (inertes, non dangereux, dangereux), sous forme diverses (broyés, non broyés) et déposés de différentes manières (compactés ou non, sur des épaisseurs variables). Ajouté à ce contexte, le régime climatique dans lequel se trouve la zone de stockage est également d'une importance capitale car elle définit la quantité d'eau pénétrant dans le milieu. Et c'est cette eau qui est en partie responsable de l'activité de biodégradation et des nombreuses réactions physico-chimiques ayant opéré au sein du massif de déchets, générant ensuite les lixiviats, substances toxiques qui permettront pourtant à la montagne de déchets de devenir un

## Conclusion générale

---

jour un écosystème à haute valeur écologique. Ces lixiviats sont une menace sérieuse pour l'environnement si leur devenir n'est pas contrôlé.

Dans ce contexte, Plusieurs campagnes de prélèvement de ces lixiviats ont été réalisées. Les analyses au laboratoire de ces effluents ont mis en évidence leurs fortes teneurs en matières minérale et organique et leur richesse en métaux lourds. Aussi, les périodes d'échantillonnage (avant et après pluie) étaient une question fondamentale pour étudier l'évolution de ces paramètres en fonction du temps ainsi que l'évolution des microorganismes. Il s'avère que les bactéries fécales que sont les *Escherichia coli* et les entérocoques ne trouvent pas les conditions favorables à leur survie dans les milieux riches en matière organique que sont les lixiviats. En revanche, ce milieu semble propice aux Coliformes fécaux, Coliformes totaux et les *Streptocoques fécaux*.

Le rejet de ces lixiviats peut engendrer des modifications considérables du milieu naturel récepteur s'ils ne sont pas collectés et traités de façon efficace. Les principaux effets sur les eaux de surface sont les phénomènes d'eutrophisation. Il est recommandé de les traiter pour pallier à cette dégradation.

Le centre est doté d'un système de lagunage naturel composé de quatre bassins successifs, les bactéries présentent dans le système consomment la pollution dissoute dans l'eau pour respirer. L'oxygène est produit grâce aux mécanismes photosynthétiques des algues qui poussent et se développent à l'aide des nutriments qu'apportent les lixiviats.

Lors de l'arrivée dans le premier bassin où les bactéries prolifèrent, la partie organique des eaux usées va être dégradée pour produire des éléments nutritifs. Ces bactéries consomment de l'oxygène et produisent du  $\text{CO}_2$ . Les particules lourdes décantent dans ce premier bassin et s'accumulent sous forme de boues au fond du bassin.

Une fois arrivées au second bassin, les lixiviats sont en présence de sels nutritifs, de soleil et de  $\text{CO}_2$ . Les bactéries pathogènes sont éliminées et c'est ainsi que l'eau se trouve moins chargée bactériologiquement.

Les lagunes constituent une première phase d'abattement des matières polluantes, relayées ensuite par un lac récepteur qui va poursuivre cette épuration par une atténuation naturelle pour aboutir à des lixiviats moins chargées.

Ces lixiviats exposés au soleil sur des sédiments vont subir l'effet de l'évaporation et s'assécher pour renforcer le tassement au niveau des casiers.

Arrivés à la fin de la deuxième partie de ce travail, nous avons essayé d'étudier le fonctionnement des lagunes d'épuration par le biais d'une comparaison des effets du lagunage par le calcul du rendement.

Notre étude fait apparaître l'importance du traitement par lagunage sur certains métaux lourds (argent, zinc et chrome) et certains éléments chimiques tels que les nitrates et les nitrites et les bicarbonates. Toute fois, les valeurs de la  $\text{DBO}_5$ , la DCO et la matière organique sont restées élevées. Nous sommes donc convaincus que le système utilisé ne suffit pas à abattre la totalité de la charge polluante présente dans les lixiviats.

## Conclusion générale

---

Nous recommandons donc de:

- Contrôler régulièrement les lixiviats en faisant des analyses physico-chimiques,
- Vérifier régulièrement les niveaux d'eau dans les lagunes lors des fortes pluies afin d'éviter le débordement,
- Améliorer le fonctionnement des lagunes,
- Utiliser des polymères servant à améliorer la qualité de l'eau.
- Améliorer le rendement des centres d'enfouissement technique par une opération de tri en amont.

Enfin, nous souhaiterions que cette modeste étude puisse apporter des informations nouvelles sur l'évolution physico-chimique et biologique des lixiviats des décharges algériennes, ainsi que le mode de traitement. Nous souhaitons aussi qu'il y'ait une attention particulière des autorités municipales et communales afin de multiplier les efforts et s'orienter vers une meilleure gestion des lixiviats de décharge d'ordures ménagères.

L'homme a toujours cherché à tirer profit de diverses ressources naturelles telles que l'eau, le vent, le soleil ou la force de la marée, il serait temps de penser au devenir des déchets non pas seulement comme des produits qu'il faudrait enfouir, dégrader mais aussi comme des éléments générateurs d'une vie si leur gestion est optimale. [02]

## Annexe 01

### Détermination de l'alcalinité TA et TAC

*Remarque: Ces analyses ont été réalisées au laboratoire de l'algérienne des eaux (ADE Tlemcen).*

#### 1. Définition

L'alcalinité de l'eau correspond à la présence des Hydrogénocarbonates et Hydroxyde.

Le titre alcalimétrique TA mesure la teneur de l'eau en alcalin libre et en carbonate alcalin  $\text{CO}_3^{2-}$ .

Le titre alcalimétrique complet TAC correspond à la teneur de l'eau en alcalin libre, carbonate et hydrogénocarbonate.

#### 2. Méthode titrimétrique

##### a. Principe

Ces déterminations sont basées sur la neutralisation d'un certain volume d'eau par un acide (HCl) en présence d'un indicateur coloré.

##### b. Mode opératoire

###### • Détermination du TA

- À l'aide d'une pipette, prélever 10 ml d'eau à analyser dans une capsule de porcelaine blanche.
- Ajouter quelques gouttes de solution de phénol phtaléine, une coloration rose doit alors se développer.

Dans le cas contraire le TA est nulle et le pH est  $< 8.3$ .

- Verser ensuite doucement l'acide dans la capsule à l'aide d'une burette, en agitant constamment jusqu'à décoloration complète de la solution.

Soit  $V_0$  le volume prélevé pour analyser et  $V_1$  le nombre de ml d'acide HCl versé.

###### • Détermination du TAC

- Utiliser l'échantillon traité précédemment où le prélèvement primitive, si il n'y a pas de coloration ajouter quelque gouttes du vert bromocrésol, une coloration bleu doit se développer.
- Titrer avec l'acide chlorhydrique de 0.021N jusqu'à le virage gris.

Soit  $V_2$  le nombre de ml d'acide HCl versé depuis le début du dosage.



Photo 1: Changement de couleur indiquant le virage du pH  
(Photo prise par Lokbani & Bensouna le 25/02/2016)

##### c. Résultats

###### • Le titre alcalimétrique TA

S'il n'y a pas une coloration rose alors le  $\text{TA} = 0 \rightarrow [\text{CO}_3^{2-}] = 0 \text{ mg/L}$

• **Le titre alcalimétrique complet TAC**

$$TAC = V_2 \times N_{HCl} \times \frac{1000}{10} \times M_{CaCO_3} \text{ (mg/L en } CaCO_3)$$

$$[HCO_3] = \frac{TAC}{M_{CaCO_3}} \times M_{HCO_3} \text{ (mg/L)}$$

MHCO<sub>3</sub> : Masse molaire du HCO<sub>3</sub>

MCaCO<sub>3</sub> : Masse molaire du CaCO<sub>3</sub>

NHC 1 : la normalité de la solution d'acide chlorhydrique.

**Détermination de la dureté totale TH**

**1. Méthode titrimétrique**

Cette méthode permet de doser rapidement les ions calcium et magnésium avec certaine précaution appliquée à la plupart des types d'eau.

**a. Principe**

Les alcalinoterreux présents dans l'eau sont amenés à former un complexe du type chélate par le sel à pH=10.

La disparition d'éléments libres à doser est décelée par le virage d'un indicateur spécifique au milieu convenablement tamponné pour empêcher la précipitation du magnésium.

La méthode permet de doser la somme des ions calcium et magnésium.

**b. Mode opératoire**

- Introduire 10 ml d'eau à analyser dans une fiole conique de 250 ml.
- Ajouter 0.5 ml de solution tampon (pH=10) et 3 gouttes de la solution NET (noirériochrome T).

La solution se colore en violet, le pH doit être de 10.

- En maintenant une agitation, titrer avec la solution de l'EDTA rapidement au début puis par goutte à goutte lorsque la solution commence à virer au bleu.
- Vérifier que la coloration ne change plus par l'addition d'une goutte supplémentaire de l'EDTA.

Soit : V<sub>0</sub> le volume analysé et V<sub>1</sub> le volume de la solution de l'EDTA versé pour le titrage.



Photo 2 : Virage de la couleur du violet au bleu (le 25/02/2016)  
(Photo prise par Lokbani & Bensouna le 25/02/2016)

### c. Résultats

La concentration totale en calcium et magnésium est donnée par l'expression :

$$[\text{TH}] = V_1 \times N_{\text{EDTA}} \times \frac{1000}{V_0} \times M_{\text{CaCO}_3} \text{ (mg/l en CaCO}_3\text{)}$$

Dont :

$N_{\text{EDTA}}$  : Normalité de la solution de l'EDTA

$M_{\text{CaCO}_3}$  : Masse molaire de  $\text{CaCO}_3$

## Détermination de la dureté calcique

### a. Mode opératoire

- Prélever 10 ml d'eau à analyser dans une fiole conique.
- Ajouter 0.4 ml de la solution de base d'hydroxyde de sodium NaOH de 0.1N et une pincée de murexide (indicateur coloré), la solution se colore en rouge.
- Titrer avec la solution de l'EDTA jusqu'au virage du violet.

Soit :  $V_0$  le volume de l'eau prélevé et  $V_1$  le volume de la solution de l'EDTA versé pour le titrage.



Photo 3: Changement de couleur du rouge au violet  
(Photo prise par Lokbani & Bensouna le 28/02/2016)

### a. Résultats

La concentration du calcium est exprimée en mg/L en  $\text{CaCO}_3$  et donnée par l'expression :

$$[\text{Ca}^{2+}] = V_1 \times N_{\text{EDTA}} \times \frac{1000}{V_0} \times M_{\text{CaCO}_3}$$

### Déduction de la concentration du magnésium

La concentration du magnésium est déterminée par l'expression suivante :

$$[\text{Mg}^{2+}] = \left( \frac{[\text{TH}]}{50} - \frac{[\text{Ca}^{2+}]}{50} \right) \times M_{\text{Mg}} \text{ (mg/L)}$$

Dont :

$M_{\text{Mg}}$  : Masse molaire du magnésium



## Dosage des chlorures

### Méthode de Mohr

#### a. Principe

Les chlorures sont dosés en milieu neutre par une solution titrée de nitrate d'argent  $\text{AgNO}_3$  en présence de chromate de potassium  $\text{K}_2\text{CrO}_4$ .

La fin de la réaction est indiquée par l'apparition de teinte rouge caractéristique de chromate d'argent.

#### b. Mode opératoire

- Introduire 10 ml d'eau à analyser dans une fiole conique de 250 ml.
- Ajouter 3 gouttes de chromate de potassium, la solution se colore en jaune.
- Titrer avec la solution de nitrate d'argent jusqu'à l'apparition d'une couleur rougeâtre.

Soit  $V_0$  : nombre de ml de nitrate d'argent et  $V_1$  : volume d'eau analysée



Photo 4: Changement de couleur du jaune au rouge  
(Photo prise par Lokbani & Bensouna le 25/02/2016)

#### a. Résultats

La concentration des chlorures est donnée par l'expression :

$$[\text{Cl}^-] = V_0 \times N_{\text{AgNO}_3} \times \frac{1000}{V_1} \times M_{\text{Cl}} \quad (\text{mg/l})$$

## Analyses bactériologiques

*Remarque : Ces analyses ont été réalisées au laboratoire de l'algérienne des eaux (ADE Tlemcen).*



### Méthode du NPP (nombre plus probable)

On a deux méthodes le 5, 1, 1 et le 3, 3, 3

La méthode 5, 1, 1 :

- 5 tubes doubles concentrés de 10 ml du BCPL
- 1 tube simple concentré de 1 ml du BCPL
- 1 tube simple concentré de 0,1 ml du BCPL

La méthode 3, 3, 3 :

- 3 tubes doubles concentrés de 10 ml du BCPL
- 3 tubes simples concentrés de 1 ml du BCPL
- 3 tubes simples concentrés de 0,1 ml du BCPL



Photo 5 : Tubes du BCPL (le 03/03/2017)

### Lecture

#### 1. Coliformes totaux

Pour la recherche des coliformes totaux, nous avons utilisé le milieu liquide BCPL qui a une couleur mauve. Dans un tube de BCPL, il y a 10 ml du BCPL et une cloche pour le dégagement du gaz présent dans le tube.

- Introduire dans les 5 tubes 10 ml d'eau à analyser.
- Introduire 1 ml d'eau à analyser dans le tube simple concentré de 1 ml et 0,5 ml dans le tube simple concentré de 0,1 ml.
- Mettre les tubes dans l'incubateur pendant 48 h à 37°C.

Nous remarquons un changement de couleur du mauve au jaune et un dégagement de gaz, donc il y a une présence des coliformes totaux.

## 2. Coliformes fécaux

### Repiquage

Nous prenons quelques gouttes de l'échantillon précédemment analysé à l'aide d'une pipette stérilisée et nous le mettons dans le milieu Shoubert de couleur transparente puis nous l'introduisons dans l'incubateur pendant 24 heures à 44°C.



Photos 6 : Tubess tubes du Shoubert (le 03/03/2017)

### Lecture

Nous remarquons que le milieu est trouble et un dégagement de gaz donc il y a présence des coliformes fécaux.



Photo 7 : Changement de couleur indiquant la présence des coliformes fécaux (le 03/03/2016)

### Confirmation de la présence des coliformes fécaux

Nous ajoutons quelques gouttes de Kovacks, nous observons l'orient rouge en anneau du tube donc nous confirmons la présence de l'Escherichia coli dans certain échantillons.

## 3. Streptocoques fécaux

On utilise la méthode du milieu liquide ROTHE qui a une couleur marron claire. On utilise le même principe pour ce milieu.

### Lecture

Nous observons un milieu trouble et une pastille au fond du tube donc il y a présence des streptocoques fécaux.



Photo8 : Tubes du milieu ROTHE (le 01/03/2016)

### Confirmation de la présence des streptocoques fécaux

On utilise le milieu EVA LITSKY et on met les tubes dans l'incubateur pendant 24 heures à 37°C.

### Lecture

Nous remarquons que le milieu est trouble et une pastille au fond du tube donc nous confirmons la présence des streptocoques fécaux.



Photo 9 : Tubes du milieu EVA LITSKY (le 01/03/2016)

## Détermination de la demande biochimique en oxygène DBO<sub>5</sub>

*Remarque : Ces analyses ont été réalisées au laboratoire de Recherche n°25 de L'Université de Tlemcen*

### Système de mesure OxiTop

Les mesures de la DBO<sub>5</sub> ont été effectuées au niveau du laboratoire de recherche n°25-Université de Tlemcen.

La demande biochimique en oxygène (DBO) est une expression pour indiquer la quantité d'oxygène qui est utilisée pour la destruction de matières organiques décomposables par des processus biochimiques. Ce paramètre est exprimé en milligramme d'oxygène nécessaire pendant cinq jours (DBO<sub>5</sub>) pour dégrader la matière organique contenue dans un litre d'eau.

Nous opterons pour l'utilisation d'un système de mesure OxiTop pour la raison que ce système est plus pratique, rapide et donne des résultats probants.

#### 1. Instruments et produits nécessaires

- Système de mesure OxiTop,
- Système d'agitation à induction,
- Armoire thermostatique (T° à 20 °C),
- Flacons bruns et fiole jaugée,
- Godets en caoutchouc,
- Extracteur magnétiques et barreaux aimantés,
- Pastilles de soude (NaOH).

#### 2. Sélection du volume d'échantillon

- Estimer la valeur de la DBO<sub>5</sub> à 80 % de la valeur de la DCO,
- Déterminer la plage de mesure correspondante dans le tableau.

Volume d'échantillon (ml)	Portée de mesure (mg/L)	Facteur
432	0-40	1
365	0-80	2
250	0-200	5
164	0-400	10
97	0-800	20
43,5	0-2000	50
22,7	0-4000	100

#### 3. Mode opératoire

- Introduire le volume V correspondant à la gamme d'estimation de la DBO<sub>5</sub> par rapport à la DCO du même échantillon dans un flacon brun en verre contenant un barreau magnétique,

- Placer un godet en caoutchouc contenant deux pastilles de soude (NaOH) servant à absorber le CO<sub>2</sub> produit lors de la consommation de l'oxygène (les pastilles ne doivent jamais être en contact avec l'échantillon),
- Visser l'OxiTop directement sur le flacon,
- Lancer la mesure en appuyant sur S et M simultanément (deux secondes) jusqu'à ce que l'afficheur indique 00,
- Maintenir, dans une armoire thermostatique, le flacon de mesure avec l'OxiTop à 20 °C pendant 5 jours. Après que la température de mesure soit atteinte (au maximum après 1heure), l'OxiTop lance automatiquement la mesure de la consommation de l'oxygène,
- l'échantillon est agité en continu pendant 5 jours. L'OxiTop mémorise automatiquement une valeur toutes les 24 heures sur 5 jours. Pour connaître la valeur courante, il faut appuyer sur la touche M.

#### 4. Expression des résultats

La DBO<sub>5</sub> s'exprime en mg d'O<sub>2</sub>/L et s'obtient par la multiplication de la valeur affichée par l'OxiTop après 5 jours d'incubation à 20°C par le facteur correspondant au volume échantillonné qui est donné par la gamme d'estimation dans le tableau ci-dessus.

La différence entre la DCO et la DBO<sub>5</sub> vient des substances présentes dans l'eau qui ne peuvent pas être décomposées microbiologiquement. Parce que tous les polluants ne sont pas totalement décomposables, la valeur de la DBO<sub>5</sub> se situe en dessous de celle de la DCO.

### Détermination de la demande chimique en oxygène DCO

*Remarque : Ces analyses ont été réalisées au laboratoire de Recherche n°25 de l'Université de Tlemcen*



#### a) Définition

La DCO permet d'apprécier la concentration en matières organique ou minérale, dissoute ou en suspension dans l'eau, au travers de la quantité d'oxygène nécessaire à leur oxydation chimique totale. Ainsi, par la mesure de la DCO, on pourra évaluer la charge polluante d'une eau usée en matières organiques avant et après un traitement physique, chimique ou biologique.

#### b) Principe

La détermination de la DCO se fait essentiellement par oxydation avec le dichromate de potassium « K<sub>2</sub>Cr<sub>2</sub>O<sub>7</sub> » en milieu acide dans une solution portée à ébullition à reflux pendant 2 heures en

présence d'ions  $\text{Ag}^{7+}$  comme catalyseurs d'oxydation et d'ions Hg permettant de complexer les ions chlorures.

L'oxygène consommé en mg/L est calculé après détermination de l'excès de dichromate de potassium par titration avec du sulfate de fer ferreux et d'ammonium (sel de Mohr).

### c) Matériel nécessaire

Un réacteur pour le chauffage à  $105^{\circ}\text{C}$  ECO6, les équipements nécessaires sont les suivants :

- Pipette graduée double trait,
- Matras à goulot large,
- Ballons gradués,
- Burette,
- Cylindres gradués.

### d) Réactifs

- Solution de dichromate de potassium ( $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ ) à 0,04 mol/L et contenant du sulfate de mercure
- Solution d'acide sulfurique,
- Solution sulfate d'argent,
- Solution sulfate de fer ferreux et d'ammonium (sel de Mohr)  $[(\text{NH}_4)_2\text{Fe}(\text{SO}_4)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}]$  à 0,12 mol/L,
- Solution indicateur Féroïen.

### e) Préparation des réactifs

1- Solution de dichromate de potassium ( $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ ) à 0,040 mol/L contenant du sulfate de mercure (II) :

- Dissoudre 80 g de sulfate de mercure dans 800 ml d'eau déminéralisée,
- Ajouter avec précaution 100 ml d'acide sulfurique ( $\text{H}_2\text{SO}_2$ ) concentré ( $\bar{n} = 1,84$ ),
- Laisser refroidir et ajouter 11,767 g de dichromate de potassium préalablement séché à  $105^{\circ}\text{C}$  pendant 2 h.
- Transvaser dans une fiole jaugée d'un litre et compléter au volume avec de l'eau distillée.

2- Solution d'acide sulfurique et sulfate d'argent :

- Ajouter 10 g de sulfate d'argent ( $\text{Ag}_2\text{SO}_4$ ) à 40 ml d'eau distillée ;
- Mélanger avec 960 ml d'acide sulfurique ( $\text{H}_2\text{SO}_2$ ) concentré ( $\bar{n} = 1,84$ ) ;
- Agiter et laisser refroidir.
- Laisser reposer 1 à 2 jours.

3- Solution de sulfate de fer (II) et d'ammonium (sel de Mohr)  $[(\text{NH}_4)_2\text{Fe}(\text{SO}_4)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}]$  0,12 mol/L :

- Dissoudre 47 g de sulfate de fer (II) et d'ammonium dans de l'eau déminéralisée (24.4g de d'ammonium 13.9 g de sulfate de fer),
- Ajouter 20 ml d'acide sulfurique ( $\text{H}_2\text{SO}_2$ ) concentré ( $\bar{n} = 1,84$ ),
- Laisser refroidir et diluer à 1000 ml.

4- Solution d'indicateur coloré (Ferroïne) :

- Dissoudre 0,7 g de sulfate de fer (II) dans de l'eau distillée,
- Ajouter 1,50 g de phénanthroline-1,10 monohydraté,
- Diluer à 100 ml.

### f) Mode d'opérateur

1. Digestion de l'échantillon

- Transvaser 10 ml de l'échantillon pour l'analyse (diluer si nécessaire) dans le tube de l'appareil, ajouter 5 ml de solution de dichromate de potassium,

- Ajouter avec précaution 15 ml d'acide sulfurique et sulfate d'argent et raccorder immédiatement le tube au réfrigérant,
- Répéter les deux étapes précédentes pour tous les échantillons à analyser mais aussi pour deux échantillons à blanc (10 ml d'eau distillée),
- Amener le mélange réactionnel à l'ébullition pendant 120 minutes à 150°C,
- Rincer les réfrigérants à l'eau distillée et refroidir les tubes.

### 2. Titrage de l'échantillon

- Transvaser le contenu de chaque éprouvette en matras à goulot large, rincer avec l'eau distillée 3 ou 4 fois,
- Ajouter 5 ou 6 gouttes de l'indicateur coloré Féroïen,
- Après le refroidissement titrer avec une solution de sulfate de fer ferreux et ammonium jusqu'au moment où la couleur de la solution change de vert bleu à orangé.

#### g) Expression des résultats

La DCO exprimé en mg d'O<sub>2</sub>/L est donnée par la formule suivante :

$$DCO = 8000 * C_{Fe} * (V_T - V_E) / E$$

C<sub>Fe</sub> : Concentration de la solution de sel Mohr déterminée par étalonnage, soit dans le cas présent 0,12 mol/L,

E : Volume de la prise d'essai en ml,

V<sub>T</sub> : Volume en ml de la solution de sulfate de fer (II) et d'ammonium titré pour l'essai à blanc,

V<sub>E</sub> : Volume en ml de la solution de sulfate de fer (II) et d'ammonium titré pour l'échantillon,

8000 : Masse molaire en mg/L de 1/2 O<sub>2</sub>.

## Analyses physico-chimiques

*Remarque: Ces analyses ont été réalisées au laboratoire de Recherche n°25 de l'Université de Tlemcen*



### 1. Ammoniaque

#### a. Réactifs nécessaires

- HI 93700A-0
- HI 93700B-0

#### b. Procédures de mesure

- Sélectionner la méthode de mesure Ammonia LR
- Remplir une cuvette avec 10ml de l'échantillon et reboucher
- Placer cette cuvette dans la cellule de mesure et fermer le clapet
- Appuyer sur la touche ZERO. Lorsque l'instrument indique « -0.0-» il est prêt pour la mesure
- Oter la cuvette
- Ajouter 4 gouttes de réactifs FIRST HI93700A-0 reboucher et mélanger soigneusement
- Ajouter 4 gouttes de réactifs SECOND HI93700B-0 reboucher et mélanger soigneusement
- Placer cette cuvette dans la cellule de mesure et fermer le clapet
- Appuyer sur la touche TIME. L'instrument affiche un chronométré de 3 mn et 30 secondes suivi de l'affichage de la concentration d'azote ammoniacal ( $\text{NH}_3\text{-N}$ )
- Pour afficher les autres formes chimiques, appuyer sur ▲ ou ▼ puis **ChemFrm**. L'ammoniaque peut être affichée en  $\text{NH}_3\text{-N}$  ou en ammonium ( $\text{NH}_4^+$ )

### 2. Chlore Libre

#### a. Réactifs nécessaires

- HI 93701-0

#### b. Procédure de mesure

- Sélectionner la méthode de mesure Free Chlorine
- Remplir une cuvette avec 10 ml de l'échantillon et reboucher
- Placer cette cuvette dans la cellule de mesure et fermer le clapet



- Appuyer sur la touche ZERO. Lorsque l'instrument indique « -0.0-» il est prêt pour la mesure
- Oter la cuvette
- Ajouter un sachet de réactif DPD HI93701. Remettre le capuchon en place et agiter délicatement pendant 20 secondes
- Placer cette cuvette dans l'instrument
- Appuyer sur la touche TIME. L'instrument affiche un chronométré de 1 mn suivi de l'affichage de la teneur en chlore libre en mg/l

### 3. Chlore Total

#### a. Réactifs nécessaires

- HI 93711-0

#### b. Procédures de mesure

- Sélectionner la méthode de mesure Total Chlorine
- Remplir une cuvette avec 10 ml de l'échantillon et reboucher
- Placer cette cuvette dans la cellule de mesure et fermer le clapet
- Appuyer sur la touche ZERO. Lorsque l'instrument indique « -0.0-» il est prêt pour la mesure
- Oter la cuvette
- Ajouter un sachet de réactif DPD HI93711. Remettre le capuchon en place et agiter délicatement pendant 20 secondes
- Placer cette cuvette dans l'instrument
- Appuyer sur la touche TIME. L'instrument affiche un chronomètre de 2 mn et 30 secondes, suivi de l'affichage de la teneur en chlore total en mg/L

### 4. Chrome VI Gamme Basse

#### a. Réactifs nécessaire

- HI 93749-0

#### b. Procédures de mesure

- Sélectionnez la méthode de mesure Chromium VI LR
- Remplissez une cuvette avec 10 ml de l'échantillon et rebouchez
- Placer cette cuvette dans la cellule de mesure et fermez le clapet
- Appuyer sur la touche ZERO. Lorsque l'instrument indique « -0.0-» il est prêt pour la mesure
- Otez la cuvette
- Ajoutez un sachet de réactif HI93749-0. Rebouchez la cuvette et agitez vigoureusement pendant 10 secondes
- Placez cette cuvette dans la cellule de mesure et fermez le clapet
- Appuyez sur la touche TIME. L'instrument affiche un chronométré de 6 mn, suivi de l'affichage de la concentration chrome VI en µg/l ( $\text{Cr}^{6+}$ )

### 5. Cuivre Gamme Basse

#### a. Réactifs nécessaires

- HI 93747-0

### **b. Procédures de mesure**

- Sélectionner la méthode de mesure Copper LR
- Remplir une cuvette avec 10 ml de l'échantillon et reboucher
- Placer cette cuvette dans la cellule de mesure et fermer le clapet
- Appuyer sur la touche ZERO. Lorsque l'instrument indique « -0.0-» il est prêt pour la mesure
- Oter la cuvette
- Ajouter un sachet de réactif HI93747-0. Reboucher et agiter délicatement pendant 15 secondes
- Placer cette cuvette dans la cellule de mesure et fermer le clapet
- Appuyer sur la touche TIME. L'instrument affiche un chronomètre de 45 secondes, suivi de l'affichage de la concentration de cuivre en  $\mu\text{g/L}$  ( $\text{Cu}^{2+}$ )

## **6. Nitrates**

### **a. Réactifs nécessaires**

- HI 93728-0

### **b. Procédures de mesure**

- Sélectionner la méthode Nitrates
- A l'aide d'une pipette, remplir une cuvette avec 6 ml de l'échantillon et reboucher
- Placer cette cuvette dans la cellule de mesure et fermer le clapet
- Appuyer sur la touche ZERO. Lorsque l'instrument indique « -0.0-» il est prêt pour la mesure
- Oter la cuvette
- Ajouter un sachet de réactif HI93728-0.
- Reboucher le capuchon puis immédiatement secouer vigoureusement de haut en bas pendant 10 secondes, continuer à mélanger en inversant doucement la cuvette pendant 50 secondes. La poudre ne se dissoudra pas complètement. Le temps et la manière de secouer peut affecter la mesure
- Remettre la cuvette dans l'instrument en veillant à ne pas la secouer
- Appuyer sur la touche TIME. L'instrument affiche un chronomètre de 4 mn et 30 secondes, suivi de l'affichage d'azote nitreux ( $\text{NO}_3^-$ ) en mg/L
- Pour afficher les autres formes chimiques, appuyez sur ▲ ou ▼ puis **ChemFrm**. Pour convertir le résultat en mg/l de nitrate ( $\text{NO}_3^-$ )

## **7. Nitrites**

### **a. Réactifs nécessaires**

- HI 93708-0

### **b. Procédures de mesure**

- Sélectionner la méthode de mesure Nitrites HR
- Remplir une cuvette avec 10 ml de l'échantillon et reboucher
- Placer cette cuvette dans la cellule de mesure et fermer le clapet
- Appuyer sur la touche ZERO. Lorsque l'instrument indique « -0.0-» il est prêt pour la mesure
- Oter la cuvette

- Ajouter un sachet de réactif HI93708-0. Reboucher et agiter délicatement jusqu'à complète dissolution de la poudre
- Insérer la cuvette dans l'instrument
- Appuyer sur la touche TIME. L'instrument affiche un chronométré de 10 mn, suivi de l'affichage de la lecture en mg/L de nitrites

### 8. Phosphate

#### a. Réactifs nécessaires

- HI 93717A-0
- HI 93717B-0

#### b. Procédures de mesure

- Sélectionner la méthode de mesure Phosphate HR
- Remplir une cuvette avec 10 ml de l'échantillon et reboucher
- Placer cette cuvette dans la cellule de mesure et fermer le clapet
- Appuyer sur la touche ZERO. Lorsque l'instrument indique « -0.0- » il est prêt pour la mesure
- Oter la cuvette
- Ajouter 10 gouttes de réactif HI 93717A-0
- Ajouter un sachet de réactif HI93717B-0. Boucher mélanger délicatement jusqu'à dissolution complète
- Insérer la cuvette dans la cellule de mesure, fermer le clapet
- Appuyer sur la touche TIME. L'instrument affiche un chronométré de 5 mn, suivi de l'affichage de la concentration des phosphate en mg/L ( $\text{PO}_4^{3-}$ )

### 9. Phosphore

#### a. Réactifs nécessaires

- HI 93706-A-0
- HI 93706-B-0

#### b. Procédures de mesure

- Sélectionner la méthode de mesure Phosphorus
- Remplir une cuvette avec 10 ml de l'échantillon et boucher
- Placer cette cuvette dans la cellule de mesure et fermer le clapet
- Appuyer sur la touche ZERO. Lorsque l'instrument indique « -0.0- » il est prêt pour la mesure
- Oter la cuvette
- Ajouter 10 gouttes de réactif HI 93706-A-0
- Ajouter un sachet de réactif HI93706-B-0. Boucher et remuer doucement jusqu'à dissolution complète
- Insérer la cuvette dans la cellule de mesure, fermer le clapet
- Appuyer sur la touche TIME. L'instrument affiche un chronométré de 5 mn, suivi de l'affichage de la concentration des phosphore en mg/L (P)

## 10. Silice

### a. Réactifs nécessaires

- HI 93705A-0
- HI 93705B-0
- HI 93705C-0

### b. Procédures de mesure

- Sélectionner la méthode de mesure Silica
- Remplir une cuvette avec 10 ml de l'échantillon
- Ajouter 6 gouttes de réactif HI 93705A-0. Boucher et mélanger
- Attendre 4 mn puis ajouter un sachet de réactif HI 93705B-0. Boucher et mélanger jusqu'à dissolution complète
- Attendre 1 mn ceci constitue le blanc
- Placer cette cuvette dans la cellule de mesure et fermez le clapet
- Appuyer sur la touche ZERO. Lorsque l'instrument indique « -0.0-» il est prêt pour la mesure
- Oter la cuvette
- Ajouter un sachet de réactif HI93705C-0. Boucher et agiter jusqu'à dissolution complète des réactifs
- Insérer la cuvette dans la cellule de mesure, fermer le clapet
- Appuyer sur la touche TIME. L'instrument affiche un chronométré de 3 mn, suivi de l'affichage de la concentration de silice sous forme (SiO<sub>2</sub>) en mg/L
- Pour afficher les autres formes chimiques, appuyez sur ▲ ou ▼ puis **ChemFrm**. Pour convertir le résultat en silicium (Si)

## 11. Argent

### a. Réactifs nécessaires

- HI 93737A-0
- HI 93737B-0
- HI 93737C-0
- HI 93737D-0

### b. Procédures de mesure

- Sélectionner la méthode de mesure Silver
- Remplir deux récipients gradués avec 25 ml d'échantillon
- Ajouter 1 ml de réactif HI 93737A-0 à l'une des deux cuvettes. Mélanger délicatement. Ceci constitue le blanc
- Ajouter exactement 1 ml de réactif HI 93737B-0 à la seconde cuvette (l'échantillon) et remuer doucement pour mélanger
- Appuyer sur TIME un chronomètre décomptera 2 mn puis ajouter exactement 1 ml de réactif HI 93737C-0 à chaque cuvette et mélanger
- Appuyer sur TIME ou attendre 2 mn puis ajouter exactement 1 ml de fixant HI 93737D-0 à chaque cuvette et mélanger
- Appuyer sur TIME pour décompter 2 mn supplémentaires

- Remplir une cuvette avec 10 ml de la préparation blanc
- Placer cette cuvette dans l'instrument et fermer le clapet
- Appuyer sur la touche ZERO. Lorsque l'instrument indique « -0.0-» il est prêt pour la mesure
- Remplir une seconde cuvette avec l'échantillon puis l'insérer dans l'instrument
- Appuyer sur READ pour démarrer la lecture. L'instrument affichera le résultat en mg/L d'argent

### 12. Zinc

#### a. Réactifs nécessaires

- HI 93731A-0
- HI 93731B-0

#### b. Procédures de mesure

- Sélectionner la méthode de mesure Zinc
- Remplir un cylindre gradué jusqu'à la marque 20 ml
- Ajouter le contenu d'un sachet de réactif HI 93731A
- Boucher le cylindre et mélanger jusqu'à dissolution complète des réactifs
- Verser 10 ml de cette solution dans une cuvette. Boucher
- Placer la cuvette dans la cellule de mesure et fermer le clapet
- Appuyer sur la touche ZERO. Lorsque l'instrument indique « -0.0-» il est prêt pour la mesure
- Oter la cuvette
- Ajouter 0.5 ml de réactif HI93731B-0.
- Mélanger pendant 15 secondes
- Placer la cuvette dans la cellule de mesure et fermer le clapet
- Appuyer sur la touche TIME. L'instrument affiche un chronométré de 3 mn et 30 secondes
- Le résultat est affiché en mg/L de zinc (Zn)

## Annexe 02

Réglementation algérienne relative aux valeurs limites des rejets d'effluent liquides industriels.

24 Rabie El Aouel 1427 23 avril 2006		JOURNAL OFFICIEL DE LA REPUBLIQUE ALGERIENNE N° 26		5
ANNEXE I				
VALEURS LIMITES DES PARAMETRES DE 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

**PH** : Potentiel d'hydrogène  
**DBO<sub>5</sub>** : Demande biologique en oxygène pour une période de cinq (5) jours  
**DCO** : Demande chimique en oxygène  
**MES** : Matière en suspension

### Références bibliographiques

[01] : KIHAL M, Contribution à l'étude de décharge de Saf Saf(Tlemcen), Thèse de Master, Univ Tlemcen - Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie, des Sciences de la Terre et de l'Univers. Département d'Ecologie et Environnement, 2015, 79 pages.

[02] : MOHAMMEDI D, Les risques de la pollution du milieu naturel par les lixiviats des décharges contrôlées. Cas du centre d'enfouissement technique de Tlemcen., Mém. Master, Univ Tlemcen - Faculté de Technologie, Technologies de Traitement des Eaux. Département d'Hydraulique, 2016, 103 pages.

[03] : SABRI H, Gestion et impact des déchets solides urbains sur l'environnement, El Tarf Commune, Mém. Magister, Univ. Badji Mokhtar, Annaba- Faculté des Sciences de la Terre, Hydrogéologie, Environnement Et Modélisation-Département de Géologie, 2011, 138 pages.

[04]: BELKACEM A., Gestion des déchets ménagers de la ville de Saàda (Algérie ). Analyse et diagnostic, Mém. Magister, Univ. Djillali Liabès Sidi bel Abbès- Faculté biologie, 2012, 138 pages.

[05]: <http://cniid.fr/+Decharges,7-+> / (consulté le 26/01/2017), à 15h34min

[06] : BENALLAL A, Etude d'impact de centre d'enfouissement technique d'Ain Témouchent (Sidi Ben-Adda) sur l'environnement, Mémoire de Master, Univ Tlemcen - Faculté Des Sciences De La Nature Et De La Vie Et Science De La Terre Et De L'univers-Département d'Ecologie et Environnement, 2016, 78 pages.

[07] : BEDDOU Y, Etude d'impact du C.E.T de Tlemcen (Saf-Saf) sur l'environnement, Mémoire de Master, Univ Tlemcen - Faculte Des Sciences De La Nature Et De La Vie Et Science De La Terre Et De L'univers-Département d'Ecologie et Environnement, 2016, 82 pages.

[08]: <http://cniid.fr/Les-differents-types-de-decharges,19> / (consulté le 26/01/2017), à 16h13min

[09] : KHATTABI H, 2002 - Intérêts de l'étude des paramètres hydrogéologiques et hydrobiologiques pour la compréhension du fonctionnement de la station de traitement des lixiviats de la décharge d'ordures ménagères d'Étuefont (Belfort, France), Thèse de Doctorat, Institut des Sciences de l'Environnement, Université de Franche Comté. 167 p

[10] :BELLE.E, 2008 - Évolution de l'impact environnemental de lixiviats d'ordures ménagères sur les eaux superficielles et souterraines, approche hydrobiologique et hydrogéologique. Site d'étude : décharge d'Étuefont (Territoire de Belfort – France), Thèse de Doctorat, Institut des Sciences de la Terre et de l'Environnement, Université de Franche-Comté. 250 pages.

[11]: [https://encrypted-tbn3.gstatic.com/images?q=tbn:ANd9GcSUBuoHa76-OERdVaSatGl6IX4ltjLXf-rWD3jCnCu4y8\\_IC-QyIQ](https://encrypted-tbn3.gstatic.com/images?q=tbn:ANd9GcSUBuoHa76-OERdVaSatGl6IX4ltjLXf-rWD3jCnCu4y8_IC-QyIQ) / (consulté le 02/02/2017), à 16h44min

[12]: <http://www.valtom63.fr/Enfouissement-dechets.html> , / (consulté le 28/01/2017), à 00h07min

- [13]: <http://owl-ge.ch/travaux-d-eleves/article/impact-de-la-production-des-dechets-sur-l-environnement> , / (consulté le 02/02/2017), à 15h01min
- [14] : MEZOUARI F, 2011 - Conception et exploitation des centres de stockage des déchets en Algérie et limitation des impacts environnementaux, Thèse de Doctorat, Architecture et Environnement Chimie et Microbiologie de l'eau, Univ.Limoges.France. 261 p.
- [15] : CHALAS GUERRERO Maribel, 2002 - la disposition finale des résidus solides municipaux en république dominicaine dans le cadre de l'implémentation de la loi générale sur l'environnement et les ressources naturelles, Thèse pour obtention du grade académique de Diplômé d'Etudes Spécialisées en Gestion de l'Environnement, Université Libre De Bruxelles. 151 p
- [16] : TRABELSI S, 2012 - Études 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, Sciences et Technologies de l'Environnement, Université Paris- Est et Institut National des Sciences. 227 p
- [17]: KODYBELET S, 2011 - Impact des ouvrages de génie civil sur l'environnement: cas de la décharge finale des déchets de la ville de Bangui, mémoire en ligne, Université de Bangui.
- [18]: <http://serviceenvironnementdescramades.fr/traitement-des-dechets/traitement-des-lixiviats/> , / (consulté le 02/02/2017), à 15h29min
- [19] : Juliette Darlu, 2010- Analyse technico-économique des filières de traitement des lixiviats, diplôme d'ingénieur d'agro paris techcursus ingénieur agronome et du diplôme d'agronomie approfondie, Université de France.88 p
- [20]: [http://images.slideplayer.fr/3/1326061/slides/slide\\_5.jpg](http://images.slideplayer.fr/3/1326061/slides/slide_5.jpg) , / (consulté le 02/02/2017), à 17h02min
- [21] : BENNADIR S & FENTIZ S, 2013 - La gestion des déchets ménagers : cas d'étude du centre d'enfouissement technique de "Bamendil" Ouargla, Mémoire de master académique, Faculté des Sciences et de la Technologie et Sciences de la matière, Univ Kasdi Merbah Ouargla.79 p
- [22] : Rapport ETP d'étude et de réalisation des programmes de prévention d'assainissement de l'environnement.