

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 :

MOHAMMEDI Djahida

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

Cas du centre d'enfouissement technique de Tlemcen.

Soutenu publiquement, le 25 / 05 / 2016, devant le jury composé de :

Mme BOUCHELKIA F	Maitre assistante classe A	Univ. Tlemcen	Président
Mme BABA-HAMED K	Maitre de conférences classe A	Univ. Tlemcen	Directrice de mémoire
Mr BOUANANI A	Professeur	Univ. Tlemcen	Co-Directeur de mémoire
Mme ADJIM F	Professeur	Univ. Tlemcen	Examinatrice
Mr BESSEDIK M	Maitre de conférences classe B	Univ. Tlemcen	Examinateur
Mr ZAOUI M	Directeur	C.E.T. Tlemcen	Invité

2015 - 2016

Résumé

L'augmentation de la production des déchets solides va de pair avec l'essor démographique et l'intensification des activités socio-économiques. A ce jour, la principale voie de traitement des déchets en Algérie est la mise en décharge, ce genre d'installation sert à stocker et traiter les déchets pendant une certaine période.

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 du lixiviat sur les eaux souterraines et superficielles, une campagne de prélèvement et d'analyse a été effectuée sur les lixiviats de la décharge. Deux autres points témoins ont fait office de points de contrôle (le petit barrage GUETTARA et la source AIN GUETTARA).

Le CET de Saf Saf utilise le traitement par lagunage pour l'élimination de la charge polluante dans les lixiviats, à travers nos résultats d'étude, les valeurs de la DBO₅, la DCO et la matière organique dans les lixiviats sont élevés, ce type de traitement est donc insuffisant. Aussi, et pour mieux contrôler ces effluents il faut penser à 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 Saf Saf.

Abstract

The increase in solid waste production is associated with population growth and the intensification of socio-economic activities. To date, the main waste management way in Algeria is the landfill, this type of facility is used to store and handle waste for a determined period.

After the burial of waste, the latter continue to live by creating a nuisance on the environment such as percolating water called leachate that impact on surface water and groundwater.

To determine the risk of leachate on groundwater and surface water, a sampling campaign and analysis was performed on leachate from the discharge. Two other witnesses' locations served as control points (small Guettara dam and Guettara spring).

The landfill site Saf Saf uses treatment with lagooning for the removal of the pollution load in the leachate, through our study results, the values of BOD₅, COD and organic matter in leachate are elevated, therefore we find that this type of treatment is insufficient, and to better control these effluents it is necessary to think in the installation of a specific wastewater treatment plant to protect the environment and limit pollution.

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

ملخص

ترتبط زيادة إنتاج النفايات الصلبة بارتفاع النمو السكاني و تكثيف الأنشطة الاجتماعية و الاقتصادية. حتى الآن التقنية الرئيسية المستعملة في معالجة النفايات في الجزائر هي الطمر، و يستخدم هذا النوع من التقنيات لتخزين و معالجة النفايات لفترة معينة.

بعد دفن النفايات تستمر في نشاطها من خلال خلق خطر على البيئة و المتمثل في مياه الرش التي تؤثر على المياه السطحية و الجوفية.

لتحديد مخاطر العصاراة أو مياه الرش على المياه الجوفية و المياه السطحية، تم أخذ عينات للتحليل من هذه المياه من منطقتين (سد صغير وطاراة و المنبع وطاراة).

يستخدم مركز الردم التقني للنفايات (صاف صاف) لمعالجة مياه الرش عدة برك يتم تفعيلها على التوالي لتخفيف التلوث. من خلال نتائج دراستنا، نلاحظ أن قيم الطلب البيولوجي للأكسجين، الطلب الكيماوي للأكسجين و المواد العضوية مرتفعة، إذن نجد أن هذا النوع من العلاج غير كاف، و من أجل السيطرة على هذه العصاراة يجب التفكير في إنجاز محطة لتطهير المياه لحماية البيئة من التلوث و الحد من خطر هذه المياه القذرة.

كلمات البحث: النفايات، مفرغة، الردم الصحي، مياه الرش، مركز ردم النفايات صاف صاف.

Dédicace

Je dédie ce modeste travail à :

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

Mon père, qui peut être fier 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.

Mes adorables sœurs : Ismahane et Meryem, mon cher frère : Sidahmed.

Mon futur époux Hicham qui m'a supporté, et chez qui j'ai trouvé l'entente dont j'avais besoin.

Mon encadreur Mme BABA-HAMED qui a été ma source, ma référence et qui m'a encouragé à terminer ce modeste travail.

Que toute personne m'ayant aidé de près ou de loin, trouve ici l'expression de ma reconnaissance.

Djahida

Remerciements

Je remercie avant tout, le bon DIEU pour sa gratitude et son aide à accomplir ce travail.

*Je tiens à exprimer ma profonde reconnaissance à mon encadreur Madame **K BABA-HAMED** de m'avoir permis d'entreprendre ce projet, de m'avoir fait l'honneur de me guider tout au long de la réalisation de ce travail et d'avoir manifesté tant d'intérêt pour qu'il aboutisse.*

Je tiens à remercier vivement :

*-mon deuxième encadreur Monsieur **A BOUANANI**, pour son soutien, son orientation, ses encouragements, ses qualités humaines et ses conseils.*

*-Madame **F BOUCHELKIA**, qui m'a fait l'honneur de présider le jury de ce mémoire.*

*- C'est aussi un grand honneur pour moi de voir Madame **F ADJIM** et Monsieur **M BESSEDIK** dans la composante de mon jury, je les remercie d'avoir accepté d'examiner le travail,*

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

- Toute l'équipe du laboratoire de l'Algérienne des Eaux (unité de Tlemcen).

*-Monsieur **MA TABET HELAL** du département des Sciences de la Terre, enseignant chercheur du Laboratoire 25 de l'université de Tlemcen, pour m'avoir donné l'occasion d'apprendre à faire des analyses physico-chimiques au Laboratoire de chimie des eaux du laboratoire de recherche n°25 de l'université de Tlemcen.*

*Que Monsieur **M BENSALAH**, Directeur du Laboratoire 25, trouve l'expression de ma profonde gratitude pour m'avoir facilité la tâche et m'avoir permis de travailler et de faire des analyses.*

*- Mme **ZERHOUNI** et tout le personnel de La direction des ressources en eaux de la wilaya de Tlemcen, ainsi que La Direction de l'Environnement pour toutes les informations et la bonne orientation.*

Un grand Merci, à mes enseignants du Département d'Hydraulique,

Et enfin, je remercie tous mes collègues de la promotion 2015/2016, avec qui j'ai passé des moments inoubliables et à qui je souhaite beaucoup de succès.

Liste des figures

Partie 1

Figure 1.II.1 Entrants et les sortants dans un CET

Figure 1.II.2: Coupe d'un CET de classe II

Figure 1.II.3: Disposition générale d'une décharge

Figure 1.II.4 : Principe du confinement d'un casier

Figure 1.III.1: Schéma présentant les mécanismes de la genèse des lixiviats

Figure 1.III.2 : Gestion du lixiviat

Figure 1.III.3: Principe d'Osmose Inverse

Figure 1.III.4 : Chaine de traitement les plus utilisées industriellement pour l'épuration des lixiviats

Partie 02

Figure 2.I.1 : Entrée du CET de Saf Saf

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

Figure 2.I.3: Décharge de Saf Saf avant éradication (Source C.E.T).

Figure 2.I.4 : Photo satellitaire de l'ancienne décharge éradiquée en 2006

Figure 2.I.5 : Décharge Saf Saf après l'éradication

Figure 2.I.6 : Composition des déchets en pourcentage

Figure 2.I.7 : Evolution des DMA à l'horizon 2030

Figure 2.I.8: Histogramme de comparaison des rotations durant les 7 années d'exploitation du CET

Figure 2.I.9 : Remplissage des casiers

Figure 2.I.10 : Sortie du lixiviat vers les lagunes.

Figure 2.I.11 : Drains du lixiviat.

Figure 2.I.12 : Lagunes du CET de Tlemcen

Figure 2.I.13 : Principe de fonctionnement du bassin de lagunage

Figure 2.I.14 : Mini station du CET

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

Figure 2.II.2 : Localisation des points de prélèvements sur la carte de Tlemcen N°270

Figure 2.II.3 : Echantillonnage en période sèche

Figure 2.II.4 : Echantillonnage en période humide

Figure 2.II.5 (a-l) : Variation des paramètres physico-chimiques du lixiviat au niveau du CET

Figure 2.II.6 (a-n) : Variation des paramètres physico-chimiques des eaux de la source

Figure 2.II.7 (a-n) : Variation des paramètres physico-chimiques des eaux de la retenue

Figure 2.III.1 : Comparaison des teneurs moyennes en métaux lourds dans les lixiviats des différentes décharges ménagères.

Annexes

Figure 1: Changement de couleur indiquant le virage du pH

Figure 2 : Changement de couleur du rouge au violet

Figure 3 : Changement de couleur du jaune au rouge

Figure 4 : changement de couleur indiquant la présence des phosphates

Figure 5 : changement de couleur indiquant la présence des nitrites

Figure 6 : les tubes du BCPL

Figure 7 : changement de couleur indiquant la présence des coliformes fécaux

Figure 8 : les tubes du milieu ROTHE

Liste des tableaux

Partie 1

Tableau 1.I.1 : Composition physique moyenne des déchets ménagers et assimilés en France en 1993.

Tableau 1.I.2: 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 : Effets des mécanismes biologiques sur les conditions du milieu.

Tableau 1.III.2: Classement des lixiviats selon l'âge de la décharge..

Tableau 1.III.3 : Caractéristiques des lixiviats d'ordures ménagères.

Tableau 1.III.4: Composition moyenne d'un lixiviat en phase acidogène et méthanogène.

Tableau 1.III.5 : Contribution relative de chaque type de déchets à la quantité de coliformes totaux et de coliformes fécaux, en pourcentage.

Partie 2

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

Tableau 2.I.2: Nature des déchets autorisé au niveau du CET de Saf Saf.

Tableau 2.I.3 : Evolution des quantités des déchets

Tableau 2.II.1 : Méthodes d'analyses pour chaque élément.

Tableau 2.II.2 : Caractéristiques physiques des points de prélèvement

Tableau 2.II.3 : Résultats d'analyse des lixiviats du CET de Saf Saf

Tableau 2.II.4 : Résultats d'analyse des lixiviats du CET (compagne de prélèvement Mohammedi Dj, 24 et 29/02/2016)

Tableau 2.II.5 : Résultats d'analyse des eaux d'Ain Guettara

Tableau 2.II.6 : Caractéristiques du petit barrage de Guettara

Tableau 2.II.7 : Caractérisation des eaux de petit barrage de Guettara

Tableau 2.III.1 : Comparaison des teneurs moyennes en métaux lourds dans les lixiviats des décharges ménagères

Abréviations

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

AGV : acide gras volatil

AND : Agence Nationale des Déchets

ANRED : Agence Nationale pour la Récupération et l'Élimination des Déchets

ATSDR: Agency for Toxic Substance and Disease Registry

Ca²⁺ : Ion de Calcium

Cd : Cadmium

CET : Centre d'enfouissement technique

CFU : Coliformes Fécaux Unité

CH₄ : Méthane

CNC : Combustibles non classés

CO₂ : Dioxyde de carbone

CO₃²⁻ : Carbonate

COD : Carbone organique dissous

COT : Carbone organique total

Cr : Chrome

CSD : Centre de stockage des déchets

Cu : Cuivre

Da : dalton (unité de masse des atomes)

DBO₅ : Demande biologique en oxygène au bout de 5 jours

DCO: Demande chimique en oxygène

DHHS: Department of Health and Human Service

DMA : Déchets ménagères et assimilés

DSU: Déchets solides urbains

Fe²⁺ : Ion de Fer

H₂ : Dihydrogène

H₂O : Formule chimique de l'eau

HCO₃⁻ : Ion Bicarbonate

ICPE : Installations Classées pour la Protection de l'Environnement

INC : Incombustible non classés

ISD : Installation de stockage des déchets

ISDND : Installation de stockage des déchets non dangereux

K : Perméabilité

K⁺ : Ion Potassium

MATE : Ministère d'Aménagement du Territoire et de l'environnement

MF: Microfiltration

Mg²⁺ : Ion Magnésium

MH : Masse humide

Mn²⁺ : Ion Manganèse

MODECOM : Méthode de caractérisation des ordures ménagères

MS : Masse sèche

MT : Million de tonne

Na⁺: Ion Sodium

NF: Nano filtration

NH₄⁺: Ammonium

Ni: Nickel

NO₃⁻ : Ion Nitrate

NO₂⁻: Nitrite

NTK: Nitrate test kit

NTU: Nephelometric Turbidity Unit

ONS : Office National des Statistiques

Pb : Plomb

PED : Pays en développement

PEHD: Polyéthylène Haute Densité

PM : Poids moléculaire

PO₄³⁻ : Ion Phosphate

PROGDEM : Programmes Nationaux de Gestion Intégrée des Déchets Municipaux

RN : Route nationale

RO : Reverse Osmose (Osmose Inverse)

PVC : Polychlorure de vinyle

SO₄²⁻ : Ion Sulfate

UF : Ultrafiltration

UFC : Unité Formant Colonie

UV : Ultra -Violets

Zn : Zinc

Introduction générale	01
------------------------------	----

Partie 1 : Synthèse bibliographique

Chapitre I : Déchets ménagers et assimilés

1. Introduction	03
2. Définition des déchets ménagers et assimilés	03
a) Définition du terme déchet	03
b) Classification des déchets	03
c) Ordures Ménagères	04
d) Déchets assimilés aux ordures ménagères	04
3. Production des déchets ménagers et assimilés	04
4. Composition physico-chimiques des déchets ménagers et assimilés	04
a) Composition physique	04
b) Composition chimique	05
5. Paramètres clés de la dégradation des déchets ménagers et assimilés	05
6. Conclusion	08

Chapitre II : Enfouissement des déchets ménagers et assimilés

1. Introduction	09
2. Dépotoirs et décharges sauvages	09
a) Décharges sauvages	09
b) Décharge contrôlée	09
3. Classification des centres d'enfouissement	10
a) CET de classe I	10
b) CET de classe II	10
c) CET de classe III	11
4. Principe général du fonctionnement d'une ISD	12
5. Evolution des déchets dans une décharge d'ordures ménagères	13
a) Phase de latence	13
b) Phase de transition	13
c) Phase acidogène	13
d) Phase de fermentation méthanique	13
e) Phase de maturation finale	14
6. Enfouissement	14
7. Configuration d'un site de stockage de déchets ménagers et assimilés	14
a) Matériaux d'étanchéité	15
8. Conclusion	16

Chapitre III : Pollution par les déchets ménagers

1. Introduction	17
2. Flux polluants générés par les Centres de stockage des déchets	17

Sommaire

a) Le biogaz	17
b) Le lixiviat	17
3. Définition des lixiviats des décharges	18
4. La genèse des lixiviats	18
5. Processus de formation des lixiviats	19
6. Production d'eau par les processus de dégradation	20
7. Type de lixiviats des décharges et leurs compositions	20
a) Lixiviat Jeune	20
b) Lixiviat Intermédiaire	20
c) Lixiviat Stabilisé	21
8. Caractérisation de lixiviats	21
9. Composition du lixiviat	22
10. Toxicité	23
11. Cas particulier des microorganismes	24
12. Risques sanitaires et environnementaux de la pollution générée par les lixiviats	24
13. Gestion des lixiviats	27
a) Variantes de gestion des lixiviats	28
14. Procédés de traitement des lixiviats	29
15. Conclusion	31

Partie 02 : Matériel et méthodes

Chapitre I : Présentation du milieu d'étude.

1. Introduction	32
2. Cadre sociologique	32
3. Cadre géographique	33
4. Morphologie du site	35
5. Géologie du site	35
6. Hydrologie et hydrogéologie du site	35
7. Décharge de Saf Saf avant l'éradication	36
8. Présentation du centre d'enfouissement technique de Tlemcen après l'éradication	37
9. Caractéristiques techniques du centre	38
a) Nature des déchets admis et non admis au CET	38
b) Origine et composition des déchets	39
c) Les casiers	41
d) Système de drainage des lixiviats	42
e) Station de lagunage ou(bassin de récupération du lixiviat)	43
f) Traitement du lixiviat	44
g) Lixiviats après le lagunage	45
10. Conclusion	45

Chapitre II : Caractérisation des lixiviats du CET Saf Saf

1. Introduction	46
2. Appareillage et méthodes	46
a. Appareillage	46
b. Méthodes	47
3. Les points de prélèvements	47
4. Caractérisation des lixiviats du CET de Saf Saf	50
5. Caractérisation des eaux d'Ain Guattara	52
6. Caractérisation des eaux de la retenue collinaire Guettara	54
7. Variation temporelle des paramètres physico-chimique du lixiviat du CET	56
8. Variation temporelle des paramètres physico-chimiques des eaux de la source Guettara	58
9. Variation temporelle des paramètres physico-chimiques des eaux du petit barrage Guettara	60

Chapitre III : Résultats et discussion

1. Etude de la variabilité de la DBO ₅	63
2. Etude de la variabilité de la DCO	63
3. Etude du rapport DCO/DBO ₅	63
4. Etude du rapport DBO ₅ /DCO	64
5. Etude de la matière organique	64
6. Etude de la variation de l'Ammonium	65
7. Etude des nitrites	65
8. Etude des MES	66
9. Etude des métaux lourds	66
10. Autre paramètres	66
11. Composition bactériologique des eaux	67
12. Synthèse	67
Conclusion générale	69

Actuellement, l'augmentation de la production des déchets solides va de pair avec l'essor démographique et l'intensification des activités socio-économiques. A ce jour, 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.

L'enquête réalisée par les services du Ministère de l'Aménagement du Territoire et de l'Environnement (MATE, 2005) a fait ressortir plus de 3000 décharges sauvages implantées à travers le territoire national, occupant une superficie de plus de 150000 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 [01].

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 [01].

Devant cette situation critique, les pouvoirs publics ont décidé de mettre en œuvre un nouveau programme national de gestion intégrée des déchets solides (PROGDEM) qui vise à éliminer les déchets dans des conditions saines et écologiquement rationnelles.

Ce programme consiste à mettre en place dans les grandes villes des centres d'enfouissement techniques (CET), appelés actuellement centres de stockage de déchets (CSD). 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.

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, soit en moyenne 150 à 250 m³ de gaz produit par la décomposition d'une tonne de déchets, dont plus de 60% de CH₄ et de mercaptans qui, s'ils ne sont pas recueillis, se trouvent dans l'atmosphère.

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.

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 on va procéder à :

Introduction générale

- Présenter le milieu étudié ;
- Caractériser les lixiviats du CET présenté ainsi que déterminer le niveau de pollution engendrée par ce dernier.
- Enfin en conclusion, nous essayerons de faire une synthèse des résultats trouvés.

Partie 1 : Synthèse bibliographique**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. Définition des déchets ménagers et assimilés**a) Définition du terme déchet**

Un déchet est défini comme " 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 et qui sont de nature à produire des effets nocifs sur le sol, la flore et la faune, à dégrader les sites ou les paysages, à polluer l'air ou les eaux, à engendrer des bruits ou des odeurs, et d'une façon générale, à porter atteinte à la santé de l'homme et à l'environnement [03].

b) Classification des déchets

La loi algérienne relative à la gestion, au contrôle et à l'élimination des déchets, donne la classification suivante des déchets [04].

- Les déchets spéciaux y compris les déchets spéciaux dangereux,
- Les déchets ménagers et assimilés,
- Les déchets inertes [04].

Partie 1 : Synthèse bibliographique**c) Ordures Ménagères**

Les ordures ménagères sont les déchets ordinaires provenant de la préparation des aliments et des restes de repas, du nettoyage normal des habitations et bureaux, débris de vaisselle, chiffons, balayures, d’emballages non recyclables et résidus divers déposés aux heures de la collecte, dans des bacs normalisés devant des immeubles ou à l’entrée des voies inaccessibles aux camions[05].

d) Déchets assimilés aux ordures ménagères

Sont déclarés « assimilés aux ordures ménagères » tous les déchets qui peuvent être collectés et traités dans les mêmes conditions que les ordures ménagères provenant des établissements artisanaux et commerciaux, des écoles, des bureaux et de tout bâtiment public ainsi que les produits du nettoyage des voies publiques, parcs, cimetières et leurs dépendances, dépourvus de terre et déchets verts rassemblés, en vue de leur évacuation dans des bacs normalisés. (Les objets à arêtes coupantes doivent être préalablement enveloppés) [05].

3. Production des déchets ménagers et assimilés

La production de déchets subit une constante augmentation depuis 1960. Ceci est dû à la fois à l’évolution démographique, à l’amélioration du niveau de vie et à l’évolution des modes de vie avec notamment une impressionnante augmentation des déchets d’emballage (Biscuits, plats cuisinés ou encore lingettes nettoyantes). D’une production organique, déchets alimentaires, nous sommes passés à une production plus complexe avec des produits en fin de vie et des emballages [04].

4. Composition physico-chimiques des déchets ménagers et assimilés**a) 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.1) [04].

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 [06].

Partie 1 : Synthèse bibliographique

Tableau 1.I.1 : Composition physique moyenne des déchets ménagers et assimilés (ADEME, 2000b) [06]

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

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.

b) 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) [06].

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

Partie 1 : Synthèse bibliographique

beaucoup plus longue en anaérobiose. Plusieurs facteurs, présentés dans le Tableau 1.I.2, sont susceptibles d'influencer la dégradation des déchets [06].

Tableau 1.I.2 : Facteurs d'influence de la biodégradation des déchets en conditions d'enfouissement [06].

	Facteur	Influence	Référence
Facteurs favorisant la dégradation	Humidité	<u>Optimale</u> -si > 10-20% -si > 25-30% -si = 55% -si > 60% <u>Critique</u> -si = 25% -si saturation : accumulation des AGV	Palmisano&Barlaz, (1996) Noble <i>et al.</i> , (1988) ; Gurijala& Sulfita, (1993) Gachet, (2005) DeWalleet <i>al.</i> , (1978) ; Rees, (1980) ; Yuenet <i>al.</i> , (1995) Reinhart & Townsend, (1998) Barlaz, 1996 ; Purcell <i>et al.</i> , (1997)
	Température	<u>Optimale</u> -entre 30 et 35°C -entre 35 et 40°C <u>Critique</u> -conditions thermophiles = accumulation d'AGV au cours des premières phases de dégradation	Kotzeet <i>al.</i> , (1969) Peres <i>et al.</i> , (1992) ; Yuenet <i>al.</i> ,(1995) 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>al.</i> , (1995) Barlaz, (1996) ; Farquhar & Rovers, (1997) Williams, (1998) Chughet <i>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>al.</i> , (1995)
	Nutriments	-mal adapté à cause de l'hétérogénéité des déchets	Yuenet <i>al.</i> , (1995)

Partie 1 : Synthèse bibliographique

	Compactage et Broyage	<p>Broyage</p> <ul style="list-style-type: none"> -augmentation surface de contact -homogénéisation du déchet et de l'humidité → augmentation biodégradation mais risque d'inhibition par accumulation d'AGV <p>Compactage</p> <ul style="list-style-type: none"> -baisse de la perméabilité du déchet et augmentation du volume de stockage -meilleur contact entre substrat et micro-organismes 	<p>Williams, (1998) ; Sponza&Agdad, (2005)</p> <p>Palmowski& Müller, (1999)</p> <p>Yuenet al., (1995)</p>
	Aération	<ul style="list-style-type: none"> -diminution de la charge organique facilement hydrolysable → mise en place de la méthanogénèse favorisée -augmentation de la température des Déchets 	<p>Barlazet al., (1990)</p> <p>Aguilar-Juarez, (2000)</p>
Facteurs inhibant la dégradation	Acides Gras Volatils	<p>Concentrations inhibitrices</p> <ul style="list-style-type: none"> -6000 mg/L - > 10000 mg/L 	<p>Kugelmann& Chin, (1971)</p> <p>Chynoweth & Pullammanappallil, (1996) ; Aguilar et al., (1995)</p>
	Dihydrogène	<ul style="list-style-type: none"> -pression partielle > 10⁻⁶ atm -pression partielle = 10⁻⁴ atm 	<p>Yuenet al., (1995)</p> <p>Pohland& Kim, (1999)</p>
	Ions et métaux	<ul style="list-style-type: none"> -Sodium : 3500-5500 mg/L -Potassium : 2500-4500 mg/L -Calcium : 2500-4500 mg/L -Magnesium : 1000-1500 mg/L -<u>Ammonium</u> -1500-3000 mg/L -6000 mg/L : pas d'inhibition -adaptation des micro-organismes aux fortes concentrations en azote ammoniacal 	<p>Yuenet al., (1995)</p> <p>Chen et al., (1997)</p> <p>Burton & Watson-Craik, (1998)</p>

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 [06].

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[07].

Partie 1 : Synthèse bibliographique**1. Introduction**

"Décharge", "décharge contrôlée", "centre d'enfouissement technique" (CET), "centre de stockage de déchets" sont autant de termes qui désignent cette activité. L'évolution des dénominations traduit celle des techniques d'aménagement et d'exploitation imposée par la réglementation. Aussi, en trois décennies, est-on passé du simple dépôt des ordures dans les décharges à un dispositif de traitement complexe avec des dispositions techniques concernant le choix des sites de confinement, la sélection des déchets admis, l'étanchéité des casiers de stockage, la récupération des effluents gazeux et aqueux aux fins de traitement avant rejet, la surveillance des sites pendant et après l'exploitation [08].

Cette évolution de la réglementation résulte de l'exigence de qualité de vie de moins en moins compatible avec les nuisances engendrées par certaines installations, mais aussi de l'expérience acquise, notamment lors des accidents et incidents survenus sur ces sites [08].

2. Dépotoirs et décharges sauvages**a) Décharge sauvage**

La décharge sauvage ou bien la décharge brute est réalisée sans aucune précaution, les usagers viennent habituellement déposer leurs déchets à la sauvette.

Elle présente de très graves inconvénients, notamment :

- ✓ L'étalement de la souillure par l'envol des papiers et des sachets,
- ✓ Le dégagement d'odeurs désagréables, et parfois de gaz toxiques,
- ✓ La pollution éventuelle des eaux de surface et souterraine,
- ✓ la présence de déchets alimentaires attire les mouches et les rongeurs, ces agents de propagation de maladies contagieuses constituent une grave menace pour la santé publique,
- ✓ L'incendie qui peut prendre dans la décharge a pour conséquence le dégagement et la propagation des fumées désagréables et très incommodantes pour le voisinage [04].

b) Décharge contrôlée

Une décharge est contrôlée lorsque toutes les dispositions sont prises pour éviter les nuisances dont tous les déchets entrants et sortants sont contrôlés (fig.1.II.1).

Il existe trois types de décharges contrôlées :

- ✓ Décharge traditionnelle,
- ✓ Décharge contrôlée avec compactage des ordures,
- ✓ Décharge contrôlée d'ordures ménagères préalablement broyée [09].

Partie 1 : Synthèse bibliographique

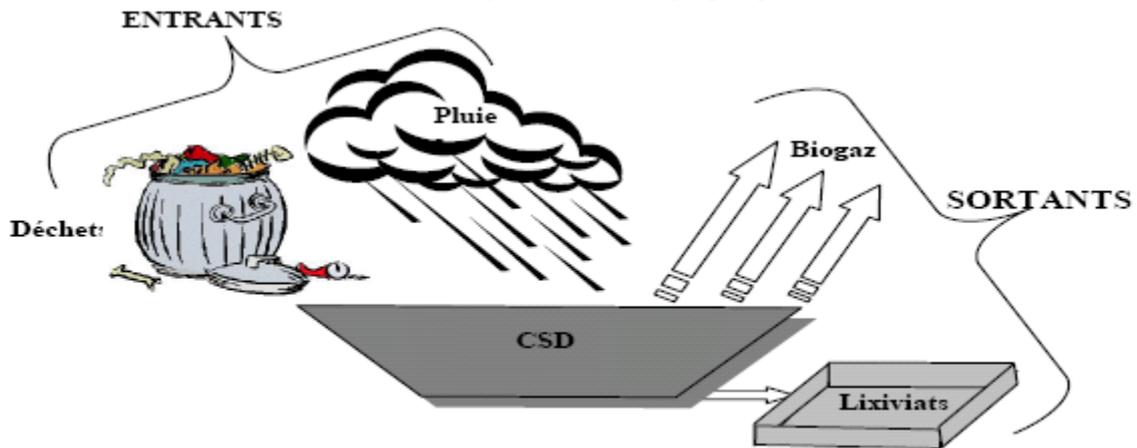


Figure 1.II.1 : Entrants et sortants dans un CET [10].

3. Classification des centres d'enfouissement

Selon le type de déchets admis il existe trois classes de CET :

a) CET de classe I

Réservé aux déchets dits industriels, spéciaux ou toxiques, conformément aux prescriptions réglementations, ces déchets qualifiés de dangereux sont solidifiés avant d'être stockés dans des alvéoles étanches. Les CET de classe I, assurent un confinement des déchets par une barrière géologique d'au moins 5m dont le coefficient de perméabilité est inférieur à 10^{-9} m/s et d'une géomembrane sur le fond et les flancs de l'installation, les percolats sont drainés [10].

Un écran imperméable (géomembrane et barrière géologique) recouvre le site à la fin de l'exploitation.

b) CET de classe II

Destiné à recevoir les déchets ménagers et assimilés, l'exploitation concerne notamment le captage du biogaz, le drainage des eaux d'infiltration, la récupération et le traitement des lixiviats. Une triple barrière d'étanchéité assure également la protection du sous sol. Les CET de classe II (fig.1.II.2), sont subdivisés en casiers (volumes délimités), la perméabilité du sol doit être inférieure à 10^{-9} m/s sur au moins 3 mètres d'épaisseur [11].

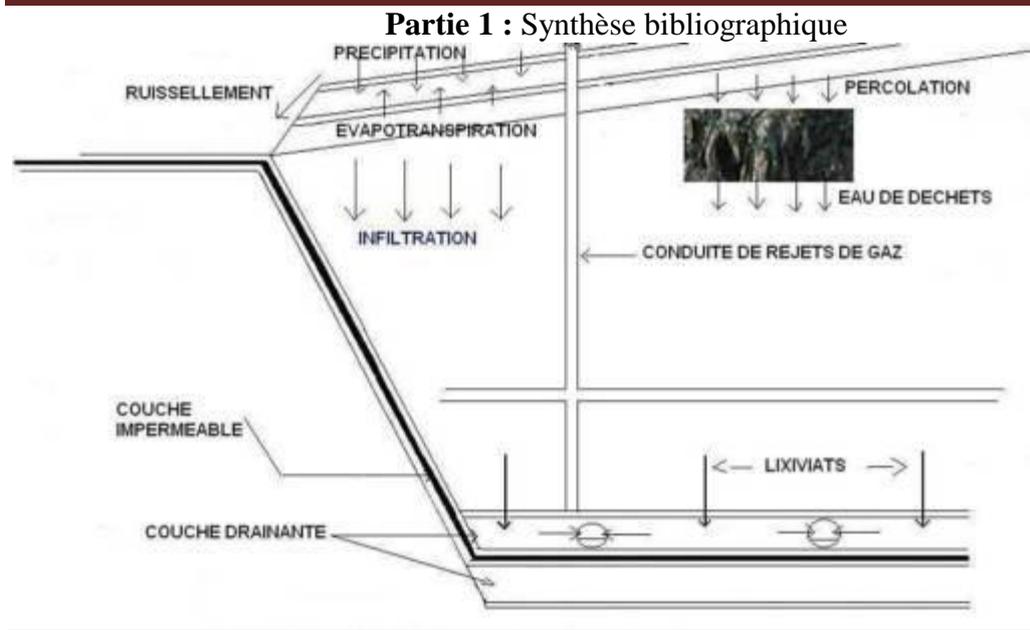


Figure 1.II.2: Coupe d'un CET de classe II [12].

c) CET de classe III

Réservé aux déchets inertes, peuvent être implantés sur des sites perméables.

Tableau 1.II.1 : Grands types de sites de décharges (ANRED, 1986).

Catégorie du site	K (m.s ⁻¹)	Caractéristiques du site	Déchets industriels Admissibles
Classe 1 (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
Classe 2 (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
Classe 3 (site perméable)	$K \geq 10^{-6}$	Migration trop rapide des lixiviats constituant un risque élevé de pollution des nappes.	Déchets inertes

Partie 1 : Synthèse bibliographique

4. Principe général du Fonctionnement d'une ISD

Le fonctionnement d'une ISD (installation de stockage des déchets) 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 hydrologiques 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 [02].

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 :

- 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 [02].

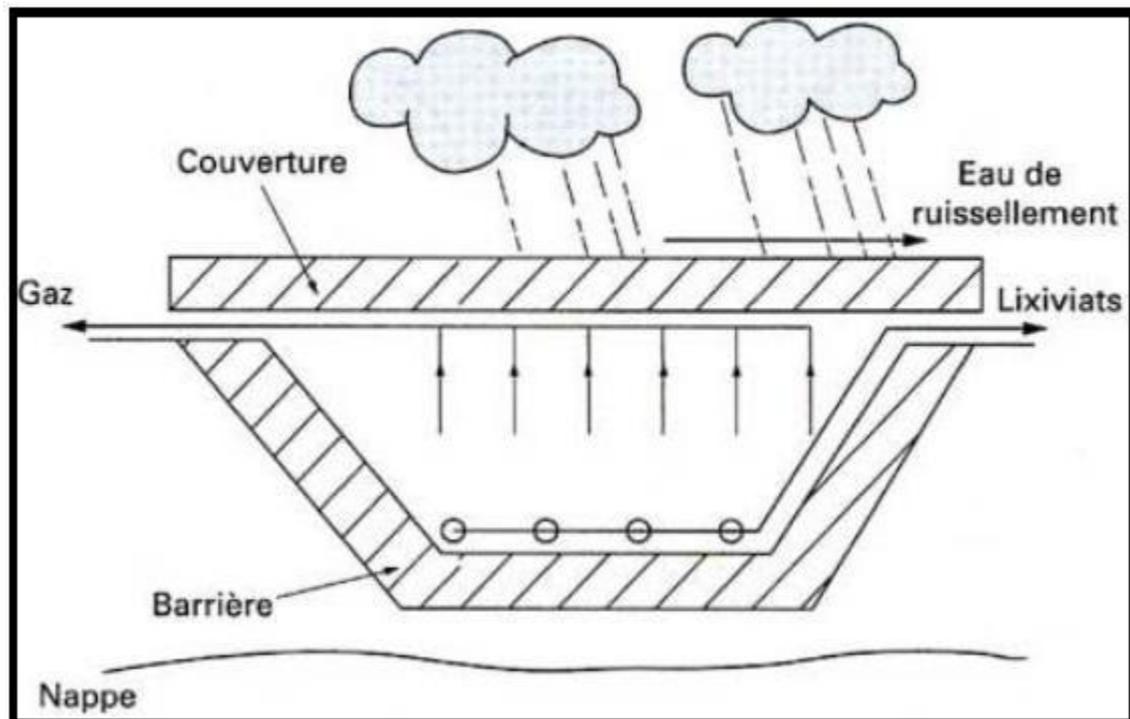


Figure 1.II.3: Disposition générale d'une décharge [02].

Partie 1 : Synthèse bibliographique**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 [13].

Ce métabolisme aérobie peut continuer jusqu'à une minéralisation complète des substrats biodégradables et conduit à des métabolites finaux (CO_2 , H_2O , CO_3^{2-} , HCO_3^- , NO_3^- , PO_4^{3-} et SO_4^{2-}). Après c'est la dégradation anaérobie qui prend le relais produisant ainsi du CO_2 et CH_4 . Enfin, Chian (1985) et Pohland (1985) ont défini 5 phases de digestion anaérobie des déchets [13]:

a) Phase de latence

Durant laquelle on assiste à un remplissage initial, augmentation de l'humidité et un début de tassement des alvéoles [13].

b) 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) [13].

c) 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 [13].

d) 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 [13].

Partie 1 : Synthèse bibliographique**e) Phase de maturation finale**

Cette phase est caractérisée par une diminution des teneurs en nutriments et une diminution de biogaz [13].

6. L'enfouissement

A ce jour, la mise en décharge est encore la principale voie d'élimination des déchets. Le terme « décharge » a longtemps désigné les anciens centres d'enfouissement non contrôlés du fait de l'absence d'infrastructures garantissant la maîtrise des émissions polluantes liquides (lixiviats) et gazeuses (biogaz) et de l'absence d'un contrôle rigoureux de la nature des déchets enfouis. L'évolution de la réglementation ainsi que les progrès techniques en terme de gestion et de traitement des déchets ont cependant permis d'améliorer la sécurité des installations de stockage en terme d'impacts environnementaux [06].

Les Centres de Stockages des Déchets ont progressivement remplacés les décharges contrôlées de DMA ou les Centres d'Enfouissement Techniques (CET). Ces CSD sont dits classe II ou centres de stockage pour déchets non dangereux, et sont habilités à recevoir des déchets ménagers et assimilés. Les conditions d'implantation, d'aménagement, d'exploitation et de surveillance sont imposées en raison des nombreux risques pouvant être causés sur la santé et l'environnement.

Les CSD sont ainsi de véritables sites confinés grâce à la mise en place de barrières de sécurité assurant l'étanchéité des alvéoles, limitant les entrées d'eau et minimisant les émissions de biogaz et de lixiviats [06].

7. Configuration d'un site de stockage de déchets ménagers et assimilés

Sur les sites de stockage actuels, la zone à exploiter est divisée en casiers, eux même le plus souvent subdivisés en alvéoles. La réalisation de ces casiers permet de restreindre les risques de nuisances, de pollution des eaux souterraines et superficielles à des entités spatiales réduites. Chaque casier est une entité hydrauliquement indépendante (fig.1.II.4)[14].

La sécurité active (la géomembrane) prévient et évite les risques de pollution et la sécurité passive (le sol) minimise les effets d'une pollution en cas de défaillance de la première. Le rôle de cette géomembrane est d'assurer une indépendance hydraulique, le drainage et la collecte des lixiviats et d'éviter la sollicitation de la barrière passive. Pour cela, elle est surmontée d'une couche de drainage. L'ensemble de l'installation de drainage et de collecte des lixiviats doit être conçu pour limiter la charge hydraulique à 30 cm en fond de site [14].

Partie 1 : Synthèse bibliographique

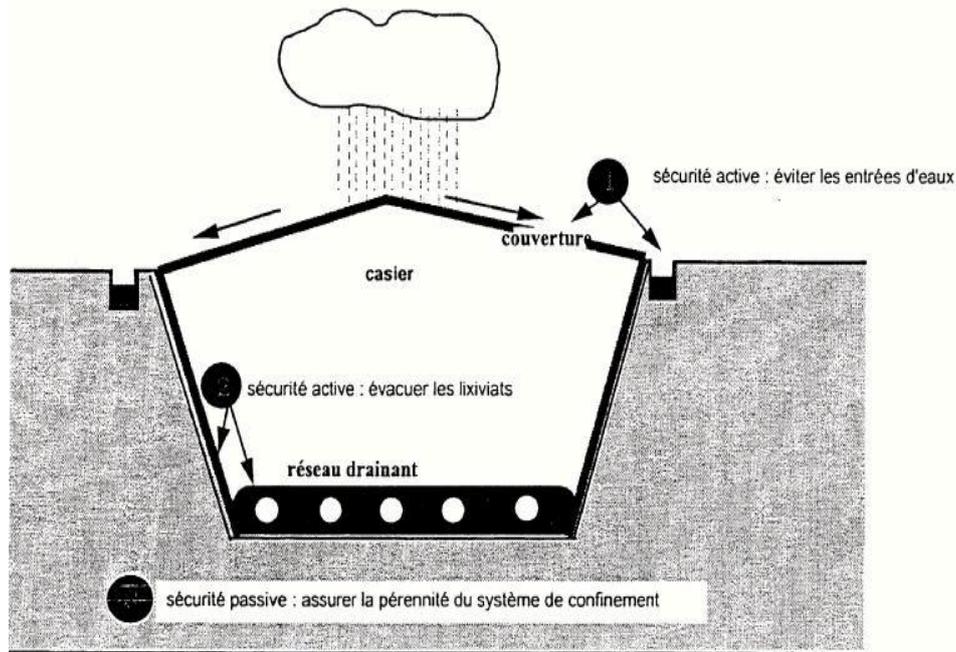


Figure 1.II.4 : Principe du confinement d'un casier [14].

a) Les matériaux d'étanchéité

Les matériaux d'étanchéité sont de deux types : les géomembranes et les argiles, qui constituent ensemble les étanchéités composites.

• Les géomembranes

Elles sont manufacturées avec une épaisseur minimale de 1 mm et conditionnées en rouleaux de largeur supérieure à 1,5 m. Ces rouleaux doivent être soudés ou collés entre eux pour assurer la continuité de l'étanchéité. Les géomembranes peuvent être bitumineuses ou de synthèse [14].

- **Les géomembranes bitumineuses** sont élaborées par l'imprégnation d'un géotextile, produit textile synthétique sous forme de nappe perméable, par du bitume oxydé ou polymère.
- **Les géomembranes de synthèse** sont élaborées à partir de résines (30 à 98%), d'adjuvants tels que les antis ultra-violets (UV) ou anti-oxydants et parfois d'un autre polymère. Le noir de carbone est un des anti-UV utilisés, c'est lui qui confère leur couleur noire à certaines géomembranes [14].

• L'étanchéité passive constituée d'argiles

Les argiles sont situées à l'aval hydraulique direct de la géomembrane. Dans l'hypothèse d'une fuite, ce matériau sera sollicité. Elles constituent la barrière de sécurité passive, qui doit être constituée d'une couche de perméabilité à 1.10^{-9} m/s sur une épaisseur minimale de 1m, reposant sur une couche de perméabilité à 1.10^{-6} m/s sur au moins cinq mètres.

Partie 1 : Synthèse bibliographique

Si le contexte géologique du site ne répond pas à ces prescriptions, des mesures compensatoires doivent être prises [14].

Afin de garantir un transfert minimum vers le milieu environnant, l'argile est compactée lors de sa mise en place. Les minéraux argileux présentent un pouvoir d'arrêt important par rapport à de nombreux polluants compte tenu de leur structure cristalline. La rétention peut se faire par échange ou par adsorption. La rétention d'un polluant est fonction de sa nature, de sa charge et du type d'argile. Dans le cas des molécules, la symétrie de celle-ci sera favorable à leur adsorption. Pour les molécules organiques, l'adsorption la moins bonne concerne les molécules comportant moins de 4 atomes de carbone. Les complexes non polaires seront peu arrêtés. Les cations se fixent sur les particules d'argile chargées négativement. Les anions non retenus par l'argile migreront plus facilement vers la nappe [14]. L'argile joue également un rôle de catalyseur pour certaines réactions d'hydrolyse. (Exemple : catalyse de l'hydrolyse du parathion par la kaolinite.) Elle a un pouvoir épurateur [14].

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 [15].

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) [15].

Partie 1 : Synthèse bibliographique**1. Introduction**

La pollution de l'environnement par les déchets ménagers est un problème préoccupant qui est devenu un sujet d'actualité. Cette situation trouve ces racines dans les menaces visibles sur la santé de la population et le cadre de vie, ainsi que dans les risques imminents sur les ressources naturelles de l'environnement en générale.

En effet, le dépôt incontrôlé des ordures ménagères provoquent des émissions entraînant une détérioration de l'air, du sol et des eaux. Cette dégradation à ensuite des effets nuisibles sur la faune et la flore ainsi que sur la santé de l'homme.

2. Flux polluants générés par les Centres de Stockage des Déchets**a) 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 [16].

Le biogaz est un mélange composé essentiellement de méthane et de dioxyde de carbone (le rapport CH_4/CO_2 est d'environ 60/40 en phase de méthanogénèse) [06].

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 [06].

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.

b) Le lixiviat

Il résulte de la solubilisation de composés lors de la percolation non uniforme et intermittente de l'eau à travers la masse de déchets. La genèse du lixiviat est donc la conséquence de l'infiltration dans la masse de déchets d'eaux de pluie, d'eaux de ruissellement et d'eaux souterraines (dans le cas où les déchets sont enfouis sous la nappe phréatique), mais elle est aussi due, en plus faible partie, à la présence d'humidité dans les déchets au moment de leur enfouissement [06].

Partie 1 : Synthèse bibliographique

3. Définition des lixiviats de décharges

Les lixiviats sont des effluents toxiques issus des centres de stockage des déchets. Ils sont composés de multiples éléments organiques et minéraux [13].

Le lixiviats 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 ». La composition des déchets enfouis, leur degré de décomposition, leur taux d'humidité et l'âge de la décharge sont les principaux paramètres influençant la composition du lixiviats. 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 [17].

4. Genèse des lixiviats

Ces eaux favorisent la biodégradation des matières organiques fermentescibles et produisent alors des lixiviats qui se chargent de substances organiques et/ou minérales provenant des déchets ou des sous-produits de dégradation des déchets (fig.1.III.1).

La compréhension de la genèse des lixiviats implique non seulement la connaissance de la nature des déchets enfouis et le mode d'exploitation du CET (hauteur des déchets, surface exploitée, compactage...), mais aussi l'étude des interactions entre l'eau et les déchets. Les mécanismes de la genèse des lixiviats sont très complexes : ils sont de natures biologique et physico-chimique [18].

Les processus biologiques aérobies et anaérobies jouent un rôle prépondérant dans la genèse des lixiviats. En effet, les déchets enfouis servent de substrat aux micro-organismes hétérotrophes (bactéries, levures, champignons) responsables de la dégradation de la fraction organique fermentescible. Les effets de cette activité microbologique peuvent être multiples, directs ou indirects et déclencher des phénomènes physico-chimiques secondaires (tableau 1.III.1) [18].

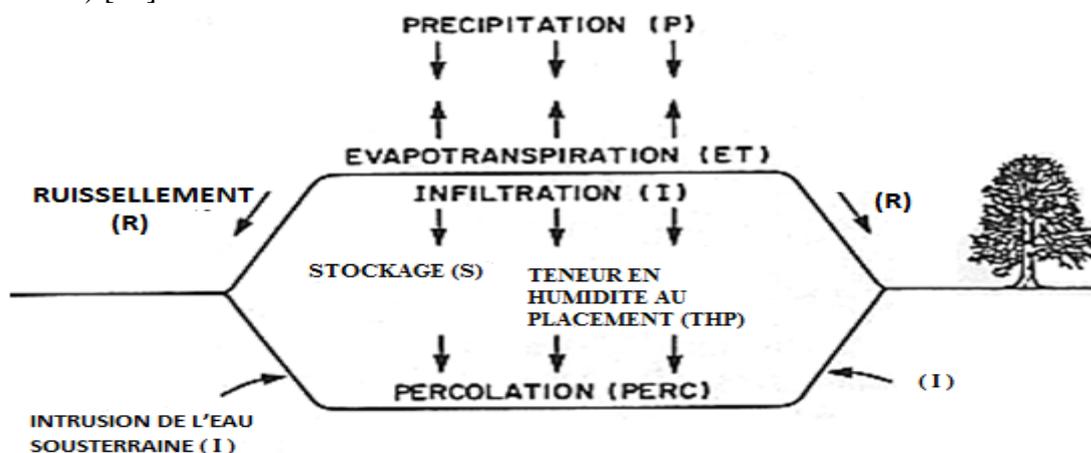


Figure 1.III.1:Schéma présentant les mécanismes de la genèse des lixiviats [17].

Partie 1 : Synthèse bibliographique

Tableau 1.III.1 : Effets des mécanismes biologiques sur les conditions du milieu [17].

Types d'effets	Nature des effets
Effets directs	-Génération de métabolites solubles minéraux et organiques -Génération de métabolites gazeux -Réduction de la biomasse en excès
Effets indirects	-Effets sur les conditions du milieu: pH, oxydo-réduction, Température Influe dans ces conditions sur la solubilisation des matières solides et la précipitation d'espèces dissoutes. -Réactions chimiques et physico-chimiques des métabolites avec le déchet ou ses produits de lixiviation.

Il en résulte alors une modification des conditions du milieu (pH, température, potentiel d'oxydo-réduction). Ces mécanismes biologiques sont eux-mêmes influencés par les conditions physico-chimiques du milieu qu'ils tendent à modifier. La dégradation anaérobie de la matière organique est le mécanisme prédominant dans les CET de classe II.

5. Processus de formation des lixiviats

Les eaux météoriques s'écoulent à travers la masse des déchets, avec une vitesse et un débit qui dépendent de la porosité, de la perméabilité et de l'épaisseur du milieu. Elles favorisent la biodégradation des matières organiques fermentescibles et produisent des lixiviats en se chargeant de substances organiques ou minérales provenant des déchets ou des produits de la dégradation des déchets. La formation des lixiviats met en jeu une grande diversité de phénomènes qui joueront plus ou moins en fonction de la nature des déchets, du mode d'exploitation du centre de stockage (hauteur des déchets, surface exploitée, compactage) et de l'infiltration des eaux. Ces phénomènes peuvent être répartis en deux catégories [02] :

a. les mécanismes physico-chimiques : évolution du pH, du pouvoir tampon, de la salinité et du potentiel d'oxydo-réduction des solutions percolant à travers les déchets, ces solutions mettent en œuvre des mécanismes chimiques de solubilisation, complexation, oxydo-réduction, adsorption, neutralisation et transfert de matière [02].

b. les processus biologiques aérobie et anaérobie qui vont dégrader la fraction organique fermentescible des déchets. Il est admis que le phénomène de biodégradation est à l'origine d'une complexification des réactions qui rend difficile la généralisation de l'ensemble des phénomènes réels [02].

Tous ces processus sont gouvernés par la présence d'eau au sein du système. D'après Lefebvre (1998), l'humidité des déchets a plusieurs rôles, elle :

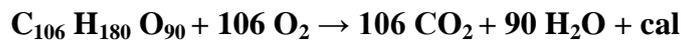
Partie 1 : Synthèse bibliographique

- permet l'hydrolyse de la matière lignocellulosique, principal constituant des déchets organiques, impliquant une consommation de 0,1 g d'eau par gramme de cellulose,
- est un vecteur de colonisation bactérienne de la surface externe et de la macroporosité des particules solides, et un vecteur de diffusion des enzymes hydrolytiques, des nutriments, des métabolites extracellulaires, de l'oxygène,
- constitue 80 % du matériel massique d'un micro-organisme.

6. Production d'eau par les processus de dégradation

La décomposition biologique de la matière organique des déchets va se réaliser au départ en aérobie, puis ensuite en anaérobie, lorsque le tas de déchets aura plusieurs mètres de hauteur [19].

La décomposition en aérobie est de la forme :



La réaction produira de l'eau et du CO_2 .

Si la réaction est complète, pour une tonne de déchets organiques, nous obtiendrons 0,560 m³ d'eau.

Ainsi, la quantité d'eau produite sera ramenée à 0,25 m³ par m³ de déchets organiques en supposant que le déchet soit exposé à l'air au moins 10 jours [19].

7. Type de lixiviats des décharges et leurs compositions (tableau 1.III.2)

a) Lixiviat Jeune

Il est caractérisé par un pH acide de l'ordre de 6. Le rapport DBO_5/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 [14].

b) 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 DBO_5/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 [18].

Partie 1 : Synthèse bibliographique

c) 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 [18].

Tableau 1.III.2 : Classement des lixiviats selon l'âge de la décharge [06].

	Lixiviats jeunes	Lixiviats Intermédiaires	Lixiviats stabilisés
Age de la Décharge	< 5 ans	5 à 10 ans	> à 10 ans
pH	< 7	= 7	> 7
DCO (g O ₂ .L ⁻¹)	> 20	3 à 15	< 2
Biodégradabilité (DBO ₅ /DCO)	Moyenne > 0,3	Assez faible 0,1 à 0,3	Très faible < 0,1
Concentrations en acides organiques	Forte > 80% du COD	Moyenne 20 à 30% du COD	Nulle
Charge organique	Prédominance des acides gras volatils (AGV) 80%	Réduction des acides gras volatils(5 à 30 %) + acides humiques et fulviques	Prédominance des Macromolécules
Profil en GLC (chromatographie liquide sur gel)	Rareté des composés de haut poids moléculaire (PM)	Mélange de composés organiques de PM > 500Da et de faible PM	Prédominance comp. organiques de PM élevés (>5000Da)
Métaux lourds	< 2.000 mg.L ⁻¹	-	< 50 mg.L ⁻¹

On constate que la pollution organique des lixiviats est présente pendant les dix premières années. Ainsi, la période de 30 ans prescrite par la réglementation permet d'assurer largement la collecte et le traitement des lixiviats les plus chargés.

Hormis, l'évolution dans le temps, la composition des lixiviats dépend évidemment de la nature des déchets enfouis, la présence ou l'absence de matière organique fermentescible étant prépondérante. Enfin, les conditions climatiques conjuguées au mode d'exploitation du site jouent sur les quantités de lixiviat produites et donc à fortiori sur leur qualité [14].

8. 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 [14].

Partie 1 : Synthèse bibliographique

9. Composition du lixiviat

Les principaux paramètres influençant la composition du lixiviat sont la composition des déchets enfouis, leur degré de décomposition, leur taux d'humidité, leur température, le taux d'infiltration de l'eau dans les déchets, les conditions climatiques et l'âge de la décharge. Malgré sa complexité, quatre groupes de polluants caractérisent le lixiviat [06] :

- la matière organique dissoute,
- les composés organiques anthropiques (hydrocarbures aromatiques, phénols, composés aliphatiques chlorés...) – concentration inférieure à 1 mg/L,
- les composés minéraux majeurs : Ca^{2+} , Mg^{2+} , K^+ , Na^+ , NH_4^+ , Fe^{2+} , Mn^{2+} ...,
- les métaux lourds (Zn, Cd, Cr, Cu, Ni, Pb...), à l'état de traces.

Les principales mesures caractérisant un lixiviat sont la Demande Chimique en Oxygène (DCO), la Demande Biologique en Oxygène (DBO), le Carbone Organique Dissous (COD), l'azote (NTK), le pH, la conductivité, les métaux, etc.... [06].

Le Tableau 1.III.3 donne les valeurs extrêmes qui peuvent être retrouvées dans un lixiviat.

Tableau 1.III.3 : Caractéristiques des lixiviats d'ordures ménagères [06].

	Paramètres	Valeurs limites
Paramètres globaux	pH	4,5 – 9
	Conductivité	2500 - 25000 $\mu\text{S}/\text{cm}$
	COD	30 - 27700 mg C/L
	DBO5	20 - 57000 mg O ₂ /L
	DCO	140 - 90000 mg O ₂ /L
	NTK	14 - 2500 mg N/L
Principaux ions (mg/L)	Ammonium	50 – 1800
	Calcium	10 - 7200
	Fer	1 - 5
	Manganèse	0,03 - 1400
	Potassium	50 - 3700
	Sodium	70 - 7700
	Carbonate	610 - 7320
	Chlorure	150 - 4500
Sulfate	8 – 7750	

Le lixiviat est produit tout au long de la dégradation des déchets. D'après Wagner & Vasel (1998), la composition du lixiviat est une photographie de l'état de l'évolution des déchets. Bon nombre d'auteurs ont étudié la composition d'un lixiviat en phases d'acidogénèse et de méthanogénèse sur des déchets enfouis en CSD classiques et n'ayant subi aucun prétraitement. Les gammes de valeurs correspondantes sont données dans le Tableau 1.III.4 :

Partie 1 : Synthèse bibliographique

Tableau 1.III.4: Composition moyenne d'un lixiviat en phase acidogène et méthanogène (Unités en mg/L sauf pour le pH) [06].

Paramètres	Acidogénèse (Ehrig, 1989 Robinson & Gronow, 1993)	Méthanogénèse (Ehrig, 1989 Robinson & Gronow, 1993)	Acidogénèse (Kjeldsen <i>et al.</i> , 2002)	Méthanogénèse (Kjeldsen <i>et al.</i> , 2002)
pH	4,5-7,8	6,8-9	4,5-7,8	6,4-9
DBO ₅	4000-68000	20-1770	500-68000	0,5-1770
DCO	6000-152000	500-8000	400-152000	1-8000
COT	1010-29000	184-2270	350-29000	14-2270
AGV	963-22414	5-146	/	/
SO ₄ ²⁻	5-1750	5-420	4-2800	1-1190
Ca ²⁺	10-6240	20-600	/	/
Mg ²⁺	25-1150	40-478	/	/
Fe	20-2300	1,6-280	0,1-2300	0,2-330
Mn ²⁺	0,3-164	0,3-45	/	/
Zn	0,1-140	0,03-6,7	0,02-200	0,005-9
Cu	0,13	0,13	0,003-1,1	0,007-0,6
Cd	0,02	0,015	0,002-0,10	0,0001-0,9
Cr	0,13	0,090	0,01-1,5	0,000-0,7
Ni	0,4	0,17	/	0,036-0,6
Pb	0,28	0,2	/	0,0001-1,9

La composition des lixiviats de décharge est très aléatoire est variée en fonction de la nature des déchets, l'âge de la décharge, la technique d'exploitation et les conditions climatiques. Christensen *et al.* (2001), 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 de décharge est constituée essentiellement de chlorures, sulfates, bicarbonates, potassium, sodium et ammonium, alors que la partie organique est très liée à l'âge des déchets. Si les jeunes décharges sont caractérisées par la dominance des acides gras volatiles (AGV) (surtout les acides acétiques, propioniques et butyriques), ce sont des substances assimilées aux composés fulviques et humiques qui sont prépondérantes dans les lixiviats âgés [13].

10. 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.

L'évaluation de l'impact potentiel de composants des lixiviats exige l'identification des différents constituants responsables de la toxicité observée [20].

Partie 1 : Synthèse bibliographique

11. Cas particulier des microorganismes

Un centre de stockage de déchets ménagers et assimilés est un milieu riche en microorganismes, tant en nombre qu'en espèces, mais seule une faible part d'entre eux peut s'avérer pathogène pour l'homme. Les changes souillés de matières fécales par exemple des déchets ménagers qui peuvent contenir des microorganismes pathogènes. Des auteurs qui ont estimé que les déchets étaient constitués de 1% de changes jetables souillés. Ils ont également évalué la contribution des déchets vis-à-vis de la présence des coliformes totaux et fécaux [10]. Au regard du tableau suivant, on peut noter qu'une quantité non négligeable de microorganismes sont transportés par les déchets (tableau 1.III.5) [14].

Tableau 1.III.5 : Contribution relative de chaque type de déchets à la quantité de coliformes totaux et de coliformes fécaux (%) [14].

Déchets	Contribution au nombre de coliformes totaux	Contribution au nombre de coliformes fécaux
Papiers	33.2 à 66.4 %	13.5 à 29.5 %
Déchets verts	18.3 à 18.8 %	6 %
Couches	0.06 à 4.5 %	0.6 à 35.9 %
Textiles	6 %	-
Fines (<2.54 cm)	1 à 8.2 %	42.6 %
Déchets alimentaires	2.1 à 19.6 %	2.9 à 8.4 %
Métaux	Néant	10.5 %
Verres	Néant	4.3 %
Caoutchouc et cuir	Néant	10.6 %

Il faut toutefois savoir que les lixiviats contiennent quant à eux des microorganismes en très faibles quantités et leur décroissance y est rapide. Les lixiviats sont des milieux peu favorables aux germes.

Les quantités suivantes dans la composition des lixiviats ont été observées :

- Streptocoques fécaux : 0.1 à 3 million CFU ml⁻¹
- Coliformes fécaux : 0.1 à 100 000 CFU ml⁻¹
- Coliformes totaux : 0.1 à 100 000 CFU ml⁻¹ [14].

12. Risques sanitaires et environnementaux de la pollution générée par les lixiviats

Dans les décharges d'ordures ménagères, c'est la décomposition des biodéchets qui génère, au contact des autres déchets, les principales pollutions.

Les biodéchets stockés dans les casiers de la décharge libèrent plus ou moins rapidement l'eau qu'ils contiennent. Ces jus, auxquels se mêlent les eaux de pluie qui percolent depuis la surface des casiers sont appelés lixiviats. Ils concentrent les polluants et substances toxiques

Partie 1 : Synthèse bibliographique

contenus dans les déchets mélangés, notamment les métaux lourds. Les lixiviats sont une menace pour les sols et la ressource en eau [21] :

- Certains centres de stockage ne sont pas équipés de membranes de protection au fond des casiers, les lixiviats pénètrent donc directement dans le sol et peuvent rejoindre une nappe phréatique, polluant ainsi la ressource en eau.

- Pour les décharges qui possèdent une membrane de protection disposée dans le fond des casiers, elle peut limiter la pollution des sols par les lixiviats au début de la vie de la décharge mais pas sur le long terme. Il n'existe pas de matériau synthétique à durée de vie infinie. Aussi, même si une membrane est installée, la pollution est simplement déplacée dans le temps.

Des fuites de lixiviats chargés en polluants et substances toxiques peuvent donc se produire dans l'environnement autour du site de la décharge, mettant en danger les végétaux, les animaux qui les ingèrent et, au sommet de la chaîne alimentaire, l'homme. L'homme est plus directement touché lorsque la décharge se situe à proximité d'une nappe phréatique alimentant la population en eau potable [21].

❖ Risques associés au lixiviat

Les premiers cas célèbres, Love Canal, Woburn et une dizaine d'autres cas semblables aux USA, ont fait réaliser les risques que pouvait courir une population exposée à une eau contaminée par l'enfouissement incontrôlée de déchets dangereux. En réponse à cette préoccupation, l'U.S. Department of Health and Human Service (U.S.DHHS), créait en 1980 l'Agency for Toxic Substance and Disease Registry (ATSDR), une organisation en charge d'évaluer les impacts de santé des quelques 1158 dépotoirs de déchets dangereux américains prioritaires parmi les 11000 sites abandonnés avant 1980.

Ainsi, la presque totalité de la littérature en matière d'effets sur la santé des lixiviats de l'enfouissement proviennent d'études réalisées sur des populations vivant à proximité de ces pires sites d'enfouissement de déchets dangereux. Les travaux de cet organisme ont mis en évidence que la contamination d'eaux souterraines ou de surface par les lixiviats constituaient les risques les plus significatifs.

L'exposition humaine aux lixiviats survient essentiellement par voie orale, lors de la consommation d'une eau souterraine ou de surface contaminée. L'exposition peut également être respiratoire, par l'évaporation des contaminants volatils de l'eau contaminée, lors du bain ou surtout de la douche.

Même si la nature des contaminants des panaches de contamination de l'enfouissement des déchets de type industriel (déchets dangereux), agricole, domestique ou mixte est souvent similaire, la concentration des produits dangereux sera habituellement moins importante dans le cas des déchets domestiques. C'est à la lumière de cette importante nuance que nous abordons les risques à la santé du lixiviat [22].

Partie 1 : Synthèse bibliographique**❖ Les lixiviats et le cancer**

Johnson (1993) cite quelques études convaincantes sur la plausibilité d'un lien entre une exposition à des lixiviats issus de sites de déchets dangereux et le cancer dans un texte faisant un bilan des interventions de l'ATSDR : une méta-analyse (étude statistique du regroupement de l'ensemble des données des études) de l'ATSDR sur les sites de déchets dangereux semble démontrer que la proximité d'un tel site serait associée à un excès de risque léger à modéré de certains cancers dans la population.

Le même auteur mentionne une étude écologique portant sur la période de 1950 à 1973 pour les cas de cancer chez des personnes ayant résidé autour de 593 sites de déchets dangereux, où la seule eau de consommation disponible était de l'eau souterraine prouvée contaminée. On y a démontré des associations significatives d'excès de mortalité par cancer du poumon, de la vessie, de l'œsophage, de l'estomac, de l'intestin et du rectum, et cela pour les deux sexes.

Il rapporte aussi que les 10 contaminants les plus fréquents en terme de risque à la santé dans l'ensemble des études de l'ATSDR étaient le plomb, le trichloréthylène, le benzène, l'arsenic, le chrome, le cadmium, le tétrachloroéthylène, le toluène, le di-ethylhexyl phtalate et le chlorure de vinyle. La majorité de ces substances ont un potentiel cancérigène soit prouvé soit suspecté chez l'homme ou l'animal.

Une fois les substances problématiques et leur potentiel cancérigène connu, il devient plus facile d'effectuer des analyses de risques toxicologiques que des études épidémiologiques, techniques maintenant courantes pour les évaluations de risques de l'ATSDR et les études d'impacts.

Johnson (1993), rapporte que dans l'ensemble des études de l'ATSDR, on a constaté une exposition humaine à des émissions dans 40 % des cas et que dans un autre 40 % il y avait une exposition potentielle.

Ainsi le risque cancérigène relié à l'exposition aux lixiviats de l'enfouissement est réel au moins dans les pires cas d'enfouissement de déchets dangereux. Même si la situation pour les déchets domestiques, moins bien connue mais certainement moins grave, il y a lieu de se méfier de son potentiel d'impact cancérigène.

❖ Pollution par les microorganismes

L'effectif bactérien dans le lixiviat brut oscille entre $0,04 \cdot 10^6$ et $0,34 \cdot 10^6$ bactéries /mL et la biomasse bactérienne varie entre 8,78 et 77,51 $\mu\text{g C/L}$ [23].

Plusieurs maladies hydriques sont causées par la consommation des eaux contaminées par les lixiviats qui contiennent des microorganismes pathogènes. La pleine image des maladies associées à l'eau est complexe pour un grand nombre de raisons. Durant la dernière décennie, les problèmes relatifs à l'eau sont devenus de plus en plus vastes, avec l'émergence de nouvelles maladies d'infection relatives à l'eau et la réémergence d'autres déjà connues, (Salmonelle, Choléra, Shigellose) [23].

Partie 1 : Synthèse bibliographique**❖ Pollution par les métaux lourds**

Dans la quasi-totalité des PED, aucune précaution n'est prise et les populations sont exposées au risque de contaminations massives. La contamination des sols par les métaux lourds, constitue un enjeu fondamental d'abord, parce qu'elle affecte notre environnement proche, chargé en symboles (la terre nourricière), mais surtout parce que l'enjeu de la pollution des sols est lié directement à l'alimentation en eau potable [23].

La migration des métaux lourds dans les sols et l'infiltration vers les eaux, 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 MES sur des particules des sols, adsorption des ions ou des molécules à la surface des grains de matrice poreuse, phénomène d'échange d'ions etc. Par conséquent, le mouvement de ces métaux est essentiellement en relation avec les différents compartiments minéral, organique et biologique des milieux récepteurs [23].

En outre, ces fractions métalliques ont vis-à-vis de certains ligands minéraux et organiques présents dans l'eau interstitielle des potentiels de remobilisation différents, ce qui peut expliquer les différents comportements de migration des métaux au sein du massif de déchets et dans les sols des décharges [23].

13. 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 (CH_4 et 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 [24].

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 [24].

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

Partie 1 : Synthèse bibliographique

par du gravier filtrant 25/40 (teneur en carbonate de calcium < 30 % du poids) jusqu'à 40 cm au-dessus de leur génératrice supérieure [24].

a) 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) [24].

- **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 :

- 2 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 [24].

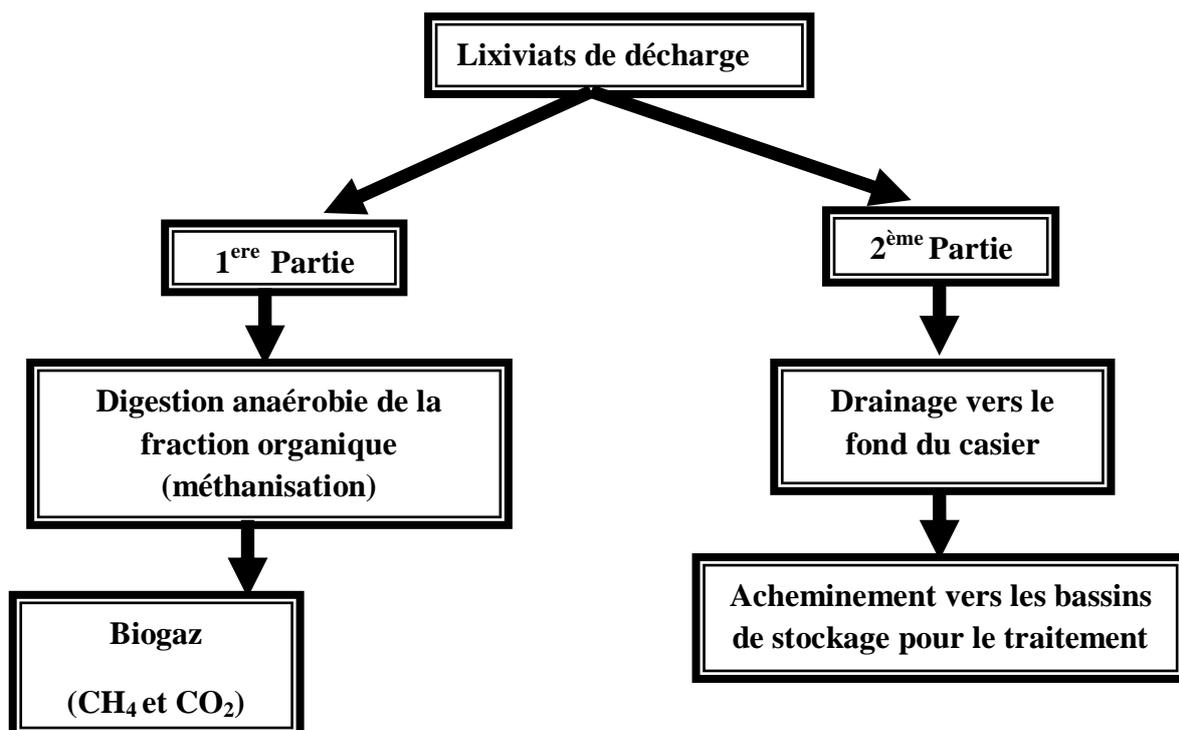


Figure 1.III.2 : Gestion du lixiviat

14. Procédés de traitement du lixiviat

La nécessité de traiter ce dernier est impérative avant le rejet dans le milieu naturel. Tous les procédés physico-chimiques ou biologiques utilisés en épuration des effluents urbains et industriels peuvent à priori convenir. Trois stratégies semblent actuellement possibles [01] :

- ✓ Le recyclage du lixiviat,
- ✓ Le stockage et le transport des effluents vers une station d'épuration d'eau usée,
- ✓ Les traitements physico-chimiques [01].

❖ **Système de lagunage**

- Sur le site deux lagunes récoltent les lixiviats à traiter.
- Dans les deux grandes cuves (lagunes), une unité de traitement de type réacteur biologique constituant la phase biologique qui permet de dégrader les pollutions organiques et azotées et de piéger certains éléments minéraux (les substances métalliques en particulier) par nitrification via les bactéries aérobies puis dénitrification via les bactéries dénitrifiantes [25].
- Ensuite, Les deux autre petites cuves traitent la pollution carbonée par un filtrage mécanique via du charbon actif et des filtres en céramique : c'est l'unité d'ultrafiltration en sortie de biologie qui permet de séparer l'eau traitée et les boues, et le traitement de finition par absorption sur charbon actif qui permet de piéger la pollution résiduelle [25].

❖ **Système Osmose inverse**

C'est une installation adoptée pour le traitement de lixiviat des décharges pour les DSU (Déchets Solides Urbains) caractérisé par des concentrations élevées de COD, solides en suspension et ammoniacale.

Le schéma de traitement prévoit les sections suivantes:

- Microfiltration (MF)
- Ultrafiltration (UF)
- Nanofiltration (NF)
- Osmose inverse (RO)

Le système conventionnel à Osmose inverse permet une récupération d'eau épurée équivalant à au moins 70% de la portée en entrée et se prête bien dans les cas où le recyclage du concentré dans le corps de la décharge est autorisé [26].

Partie 1 : Synthèse bibliographique

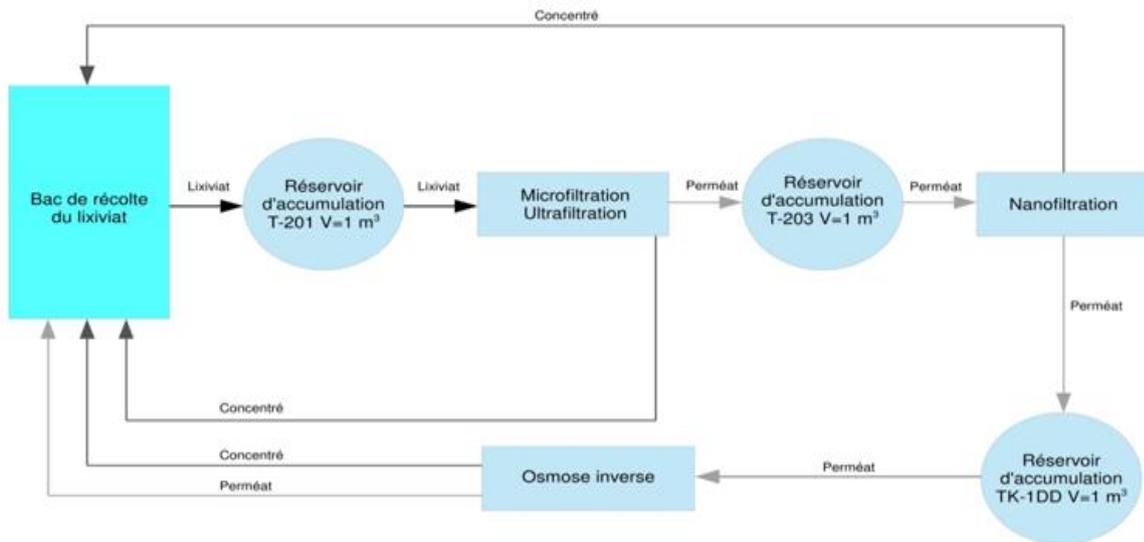


Figure 1.III.3 : Principe d’Osmose Inverse [26].

Le nombre d’unités RO est fonction des limites imposées à la décharge et de la destination du résidu concentré. Le traitement peut être finalisé pour garantir l’obtention des limites imposées de rejet dans les eaux superficielles [26].

Le procédé d’osmose inverse s’impose aujourd’hui comme le procédé finale indispensable au traitement des lixiviats, dans l’objectif de satisfaire aux normes de rejet [16].

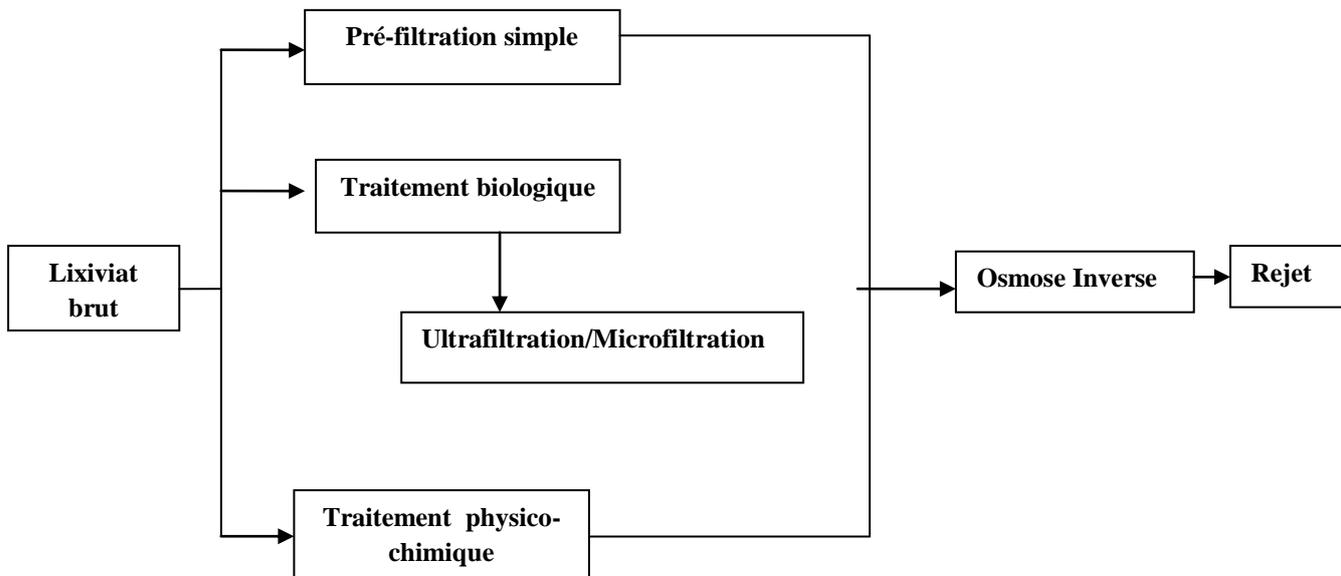


Figure 1.III.4 : Chaines de traitement les plus utilisées industriellement pour l’épuration des lixiviats [16].

Partie 1 : Synthèse bibliographique

Pour limiter le risque de la pollution engendrée par le lixiviat dans les CET, on doit suivre ces instructions [16] :

- Réduction des eaux d'infiltration,
- Approvisionnement de terre de recouvrement,
- Délimitation des zones d'exploitation (zones d'entreposage).
- Ces zones d'exploitation ne doivent pas avoir une trop grande surface.
- A la fin de l'exploitation de l'alvéole, le recouvrement doit être approprié – couche d'argile, couche végétale et déviation des eaux de pluie.
- Le lixiviat est fortement pollué, donc précaution particulière entre autre :
 - Conception initiale adéquate du système d'étanchéisation de la base.
 - Contrôle régulier et rigoureux du système de collecte des lixiviats.
 - Système de collecte des lixiviats, évacuation et traitement doivent faire partie du concept de gestion des lixiviats.

15. Conclusion

La composition des lixiviats des centres de stockage de déchets ménagers dépend de l'âge de la décharge, de la nature et 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 [27].

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 [27].

Partie 2:Matériel et méthodes**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 Tlemcen, dans le but de gérer les déchets et d'éradiquer la décharge sauvage de Saf Saf qui a débordé sur la RN.2, on a construit le Centre d'Enfouissement Technique (CET) du Grand Groupement de Tlemcen en 2005. Ce dernier regroupe les communes de Tlemcen, Mansourah, Ain-Fezza, Amieur et Chetouane auxquelles se sont ajoutées récemment les communes d'Ouled Riah, Oued Lakhdar, Zenata, Bensekrane, Hennaya et Remchi.

Le centre d'enfouissement technique du groupement du grand Tlemcen est un C.E.T. de classe 2 (risques moyens).



Figure 2.I.1 : Entrée du CET de Saf Saf

2. Cadre sociologique

La décharge contrôlée de Saf Saf reçoit à elle seule une moyenne de 400 tonnes de déchets ménagers par jour dont 61.7 % sont de nature organique. Avec une population totale de 445 811 habitants.

Partie 2:Matériel et méthodes**Tableau 2.I.1** : Nombre d'habitants pour chaque commune(2015)

Commune	Nombre d'habitants	Commune	Nombre d'habitants
Tlemcen	162 182	Remchi	48 729
Mansourah	70 701	Ouled Riah	4 329
Chetouane	74 111	Zenata	4 011
Amieur	13 312	Bensekrae	13 845
Hennaya	36 944	Oued Lakhdar	6 594
Ain Fezza	11 053		

3. Cadre géographique

Le centre d'enfouissement technique du groupement du grand Tlemcen est situé, sur le tiers médian du versant oriental du Djebel El Hadid d'une altitude de 678 m dans le territoire de la commune de Chetouane à 7 km de la ville de Tlemcen.

Le site de la décharge se présente sur la carte topographique n°270 de Tlemcen au 1/50000(fig.2.I.2) avec les coordonnées Lambert suivantes :

$$X = (137,5 - 138,12) \text{ et } Y = (189,5 - 190,0).$$

Partie 2:Matériel et méthodes

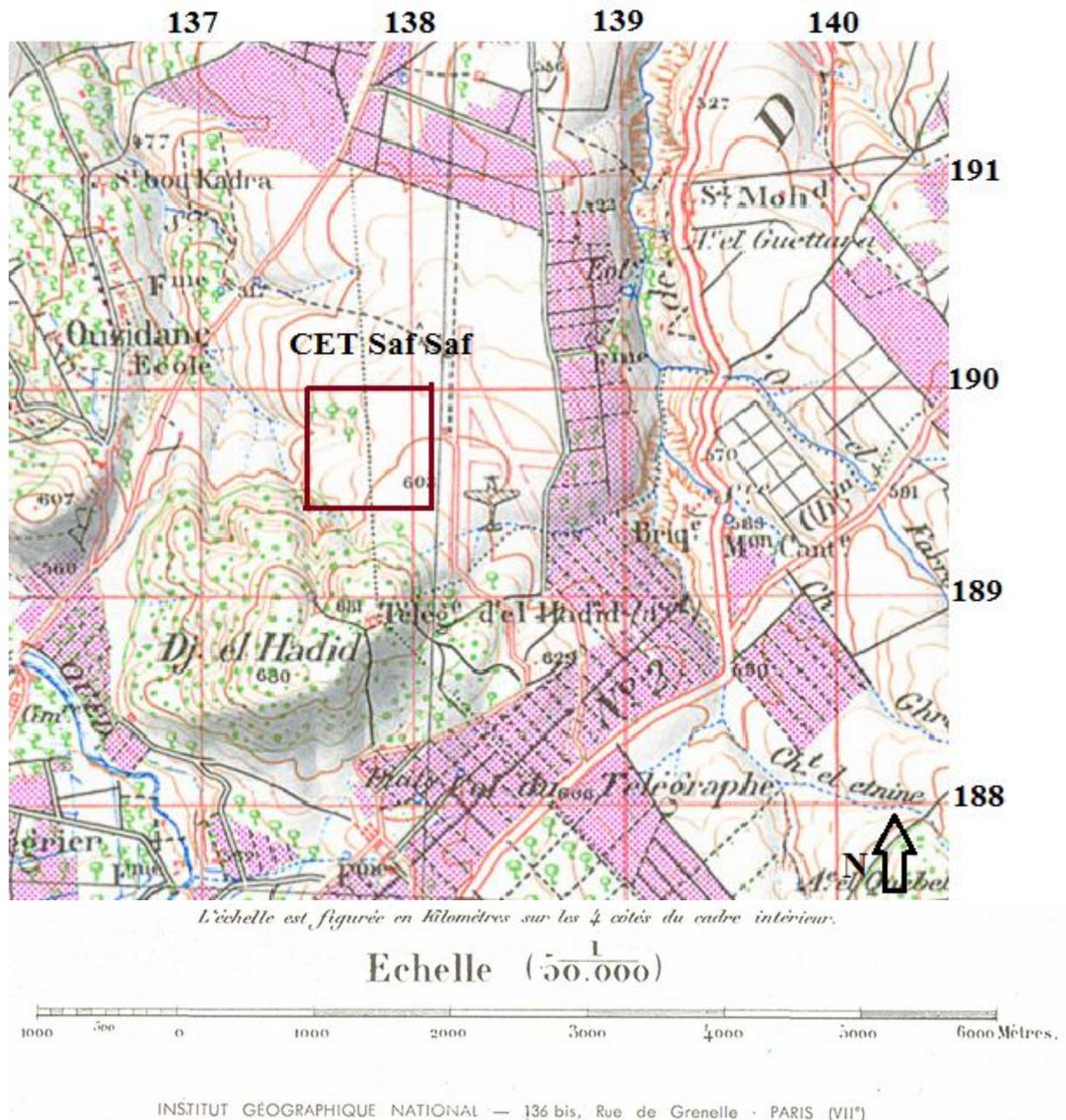


Figure 2.I.2 : Situation géographique du site d'étude

Il est limité géographiquement :

- A l'Ouest, par la partie haute du Djebel El Hadid recouvert par un maquis composé en grande partie d'oléastres,
- A l'Est, par une plantation d'oliviers associant une céréaliculture extensive alternative.
- Au Nord, des terrains agricoles en jachère et qui sont occupés alternativement par la céréaliculture extensive,
- Au Sud-Est par des parcelles occupées par la viticulture,
- Au Sud-Ouest par l'ancienne décharge sauvage de Saf-Saf

Partie 2: Matériel et méthodes**4. Morphologie du site**

Djebel El Hadid est un élément de la terminaison orientale du petit chaînon s'étirant jusqu'au djebel Tefatiss et à l'Ouest en passant par le Djebel Ain el Hout. Les eaux de ruissellement de son versant oriental sont collectées par trois petits vallons à peine marqués dans le paysage morphologique en raison de leur forme très évasée qui finissent plus bas leur parcours à 500 m d'altitude dans le cours de l'Oued El Guettara.

En revanche, l'autre partie des eaux de précipitations non ruisselées s'infiltrent à travers la couche arable constituant le sol développée sur la formation gréseuse du Tortonien (Miocène supérieur).

Le terrain récepteur du CET se présente sous la forme d'un versant en éventail très évasé orienté SW-NE parcouru par deux vallons servant de niveau aux eaux de ruissellement des parties d'interfluves qui s'y raccordent.

La pente moyenne caractérisant ce site est d'environ 6% mais peut varier d'un point à un autre en passant de 6% à 10% ou diminuer pour atteindre 4% (Direction de l'environnement de la wilaya de Tlemcen).

5. Géologie du site

Le site d'étude est situé dans la partie médiane du versant oriental du Djebel El hadid dont le sommet culmine à 676 m, le site du projet est développé dans deux types de formations géologiques :

-la partie méridionale du site a pour substratum les formations géologiques du Kimméridjien qui sont matérialisées sur le terrain par des marno-calcaires, dont les affleurements sont visibles au niveau de la décharge actuelle.

En revanche, sur le site du Djebel El Hadid, à l'exception de quelques petits pointements isolés, les formations du Kimméridjien sont masquées par une couverture superficielle d'altération sur laquelle s'est développé un sol arable.

Cette assise se localise exclusivement au Sud du terrain destiné à recevoir le CET et occupe un tiers de la surface de ce dernier.

Le reste du terrain –à savoir les deux tiers –à pour assise les terrains gréseux d'âge Tortonien qui se développent sur l'assise marneuse helvétique.

6. Hydrologie et Hydrogéologie du site

Le versant oriental du Djebel El Hadid est relié à sa base de manière directe à un collecteur principal en occurrence l'oued Guettara qui change de dénomination à l'aval pour devenir l'oued Amieur.

Les eaux de ruissellement de l'intégralité de ces versants orientaux du Djebel El Hadid sont collectées par trois petits vallons qui servent de niveau de base aux écoulements générés sur les différents interfluves pour ensuite terminer leur parcours en contre bas dans le

Partie 2: Matériel et méthodes

thalweg de l'oued Guetarra. Les eaux collectées par l'oued Guetarra finissent à 4 km plus bas du parcours dans la retenue d'un ouvrage de mobilisation hydraulique.

Toutefois, il est à signaler que les formations gréseuses du Tortonien ne sont pas en charge dans la région considérée et ce pour deux raisons particulières :

-les formations gréseuses tortoniennes ont entaillé la vallée de l'oued Guetarra sur une profondeur pouvant atteindre les 50 m et une largeur maximale de 300 m dont l'épaisseur de cette assise ne dépasse pas 30 m dans les cas les plus favorables. Par conséquent, cette formation est mise en affleurement tout le long du parcours de l'oued Guetarra offrant ainsi une surface assez importante pour réaliser la décharge de Saf Saf.

- d'autre part, cette formation tortonienne repose sur les marnes helvétiques qui se retrouvent en position topographique haute par rapport au niveau de base lorsque la profondeur de la vallée de l'oued Guetarra est supérieure à 30 m.

7. Décharge de Saf Saf avant l'éradication

A l'époque, la zone d'étude est considérée comme une décharge sauvage qui permet de montrer une progression croissante du tonnage des ordures ménagères. Ces déchets influent sur l'environnement de la région parce qu'ils atteignaient la route nationale RN.2 (fig 2.I.3 et fig 2.I.4).



Figure 2.I.3: Décharge de Saf Saf avant éradication (Source C.E.T).

Partie 2:Matériel et méthodes



Figure 2.I.4 : Photo satellitaire de l'ancienne décharge éradiquée en 2006

8. Présentation du centre d'enfouissement technique de Tlemcen après l'éradication

Le centre qui s'étend sur une superficie de 25 hectares a été conçu pour recevoir les déchets des communes suivantes : Tlemcen-Mansourah-Chetouane-Amieur et Ain Fezza avec un volume de déchets entrant de l'ordre de 214,3 T/J soit 78219,5 T/an.

Actuellement le centre reçoit un volume journalier de l'ordre de 400 T/J jusqu'à 460 T/J durant les périodes des pics et cela après l'ajout des communes suivantes : Hennaya-Remchi-Ouled Riah-Zenata -Bensekrane et Oued Lakhdar.

Le CET est géré par une EPIC (Entreprise Publique à caractère industriel et commercial), installée par l'arrêté n°1834 le 05 Décembre 2005.

Cette EPIC est devenue un établissement public de wilaya de gestion des centres d'enfouissement technique de la wilaya de Tlemcen (E.P.W.G/C.E.T Tlemcen) en 2010.

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 le 05 Juin 2005 après sa réalisation par l'entreprise Hasnaoui.

Partie 2:Matériel et méthodes



Figure 2.I.5 : Décharge Saf Saf après l'éradication

9. Caractéristiques techniques du centre

a) Nature des déchets admis et non admis au CET (tableau 2.I.2)

Tableau 2.I.2:Nature des déchets autorisé au niveau du CET de Saf Saf

Nature des déchets autorisés	Nature des déchets non autorisés
<ul style="list-style-type: none"> - Déchets ménagers résultant de la préparation des aliments des maisons et des bureaux. -Déchets des commerces. -Déchets résultant du balayage des rues et du nettoyage des jardins. -Déchets résultant du nettoyage des marchés et des magasins. -Déchets non toxiques issus des écoles et des hôpitaux. -Déchets non dangereux de toutes les autres sources. 	<ul style="list-style-type: none"> -Déchets de soin. - Substances chimiques. -Déchets de laboratoire. -Déchets ionisants et radioactifs. -Déchets explosifs, corrosifs, carburant facilement inflammables. -Déchets d'emballage de produits chimiques ou toxiques. -Déchets liquides à l'exclusion des boues -Les pneumatiques usagées.

Partie 2:Matériel et méthodes

b) Origine et composition des déchets

Le tri au niveau du CET a révélé les résultats illustrés sur la figure 2.I.6. L'analyse de cette figure met en évidence la prédominance de la matière organique représentant la majeure partie de la composition des déchets enfouis, ce qui provoque les mauvaises odeurs au niveau des casiers d'exploitation. Viennent ensuite au second classement les plastiques et les textiles suivies du papier et carton.

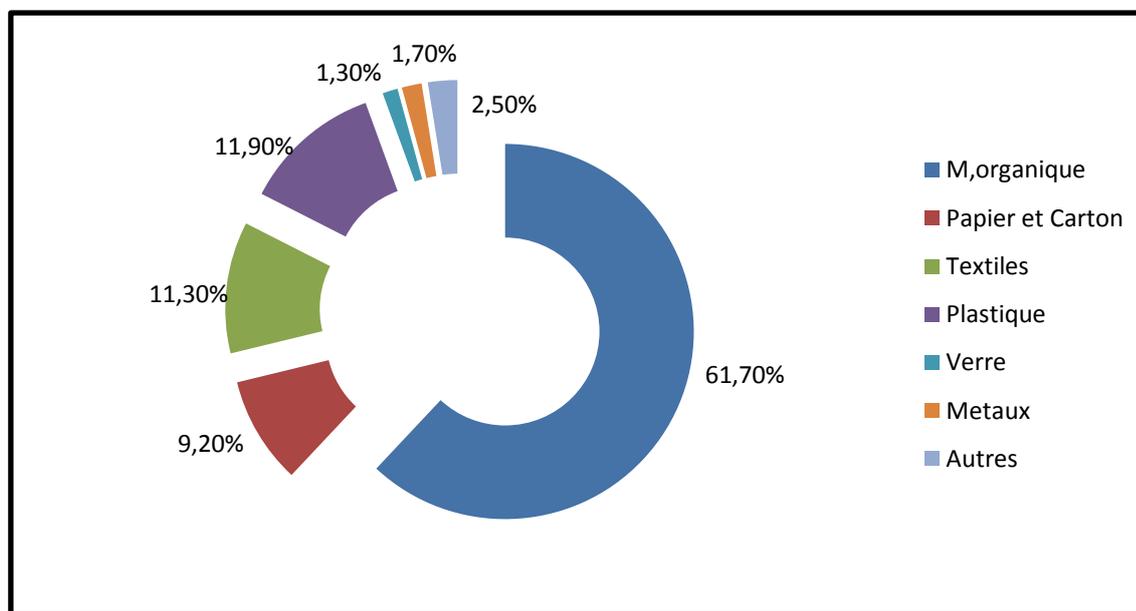


Figure 2.I.6 : Composition des déchets en pourcentage

La quantité de déchets ménagers et assimilés a connu une augmentation substantielle au cours des dernières décennies en raison d'une croissance démographique galopante conjuguée à une urbanisation non maîtrisée. Elle est estimée à environ 10,3 MT en 2013. Cette production dépassera 12 MT en 2020 et approchera les 17 MT en 2030 (tableau 2.I.3 et fig 2.I.7).

Tableau 2.I.3 : Evolution des quantités des déchets (CET TLEMCEN)

Année	Quantité de déchet x10 ⁶ Tonne
2005	5,60
2010	8,40
2015	11
2020	12,5
2025	14,5
2030	17

Partie 2:Matériel et méthodes

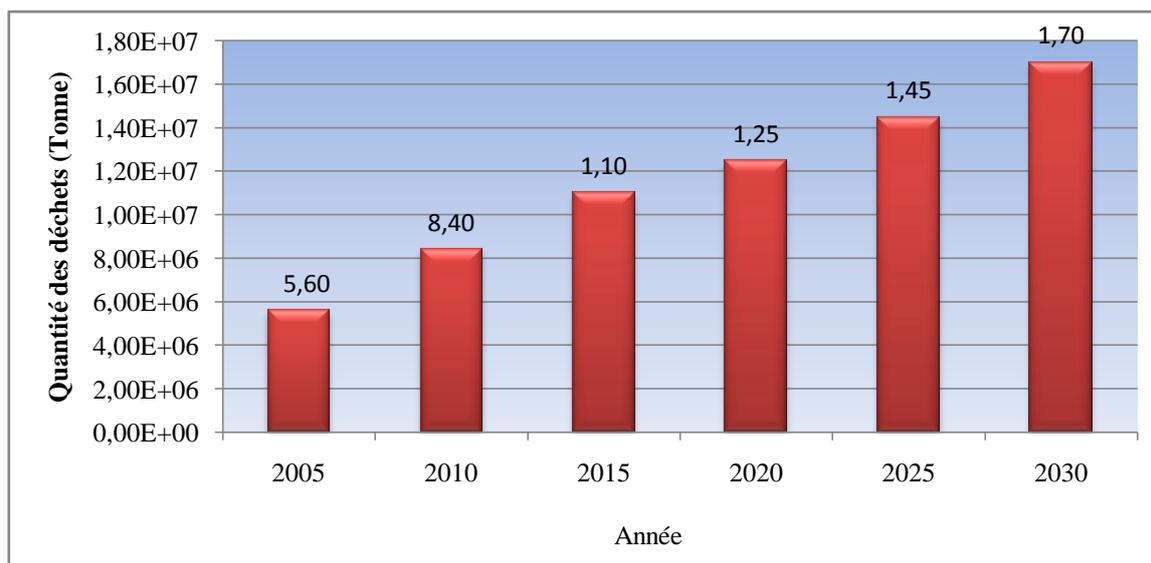


Figure 2.I.7 : Evolution des DMA à l'horizon 2030 [16].

Le diagramme (fig.2.I.8), montre une diminution de rotation entre les années 2009 et 2011 (20940 en 2010 et 19773 en 2011) par contre, une augmentation importante est observée sur les deux dernières années (32745 en 2014 et 35695 en 2015). Cette variation est due à l'amélioration sensible du matériel de collecte comme les bennes tasseuses et les camions, l'accroissement démographique, l'expansion urbanistique, le développement des activités socio-économiques et le changement de mode de vie des citoyens.

En Algérie, les quantités de déchets générées annuellement sont estimées à environ 5.2millions de tonnes, dont 0.75 Kg de déchets solides par jour pour chaque individu (en moyenne) (ONS, 2011).

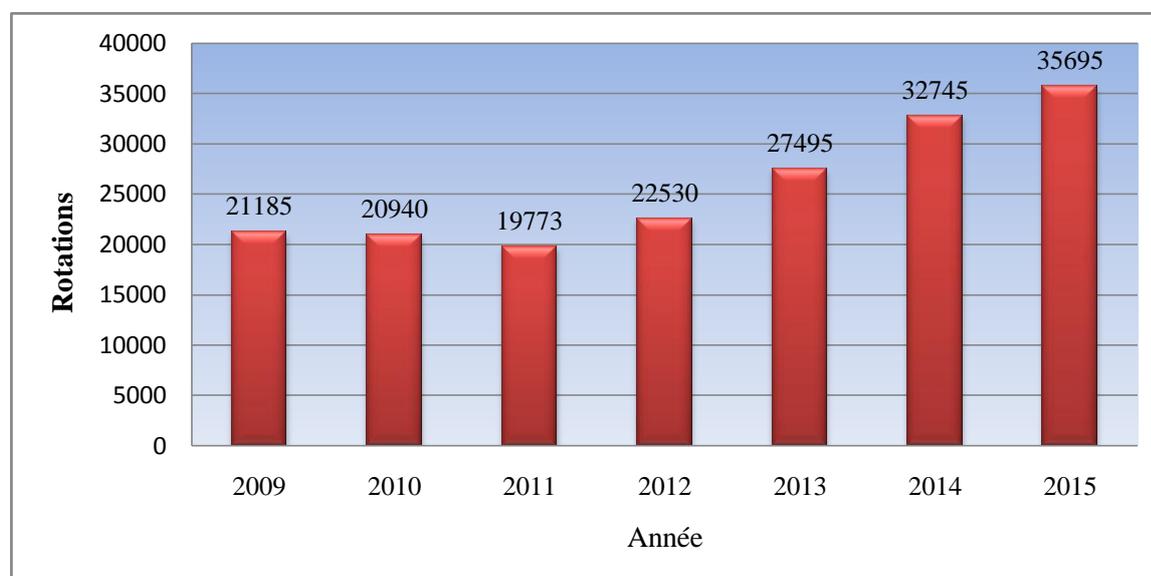


Figure 2.I.8:Histogramme de comparaison des rotations durant les 7 années d'exploitation du CET [16].

Partie 2:Matériel et méthodes

La technique retenue pour le site de Saf Saf consiste en la mise en décharge des déchets dans des casiers creusés dans les formations en place.

c) Casiers

Le CET du grand groupement de Tlemcen comporte actuellement un casier en exploitation d'une capacité de 400.000 m³ occupant 3ha. Il est réalisé avec des terrassements en terrain meuble et dur et des remblais de digues. Pour l'étanchéité du fond il a été déposé une couche argileuse compacte, surmontée d'une géomembrane en PEHD de 1,5 mm disposant d'une certification ISO 9001 et d'une densité de 0.94, recouverte d'une autre couche d'argile sur laquelle repose la couche de drainage.

Les caractéristiques du site sont :

- Superficie totale du CET : 25 ha,
- Nombre de casier : 02 casiers (un (01) en exploitation, un(01) en réalisation),
- Surface du site =45 ha,
- La capacité du casier en réalisation est de 400000 m³
- La capacité du deuxième casier est de 450000 m³, d'une durée de vie de 09 ans (approximativement).
 - Deux drains sont plantés à l'intérieur du casier d'un diamètre de 250 mm.
 - Barrière d'étanchéité passive et active : étanchéité assurée par une géomembrane en PEHD de 1.5 mm d'épaisseur.
 - Rampe d'accès en pente de 8 %.
 - Des tuyaux en PEHD pour assurer le dégazage des alvéoles en exploitation.

Le casier est desservi par un réseau de drains en PVC pour l'évacuation des eaux de percolation des déchets, qui est raccordé à une station de lagunage (fig 2.I.9).



Figure 2.I.9 : Remplissage des casiers

Partie 2:Matériel et méthodes**d) Système de drainage des lixiviats**

Les lixiviats de fond des casiers seront drainés et récupérés dans des bassins de pré-traitement par deux drains (Fig 2.I.10 et 2.I.11) constitués de conduites en PVC: PN16 de diamètre 250mm.

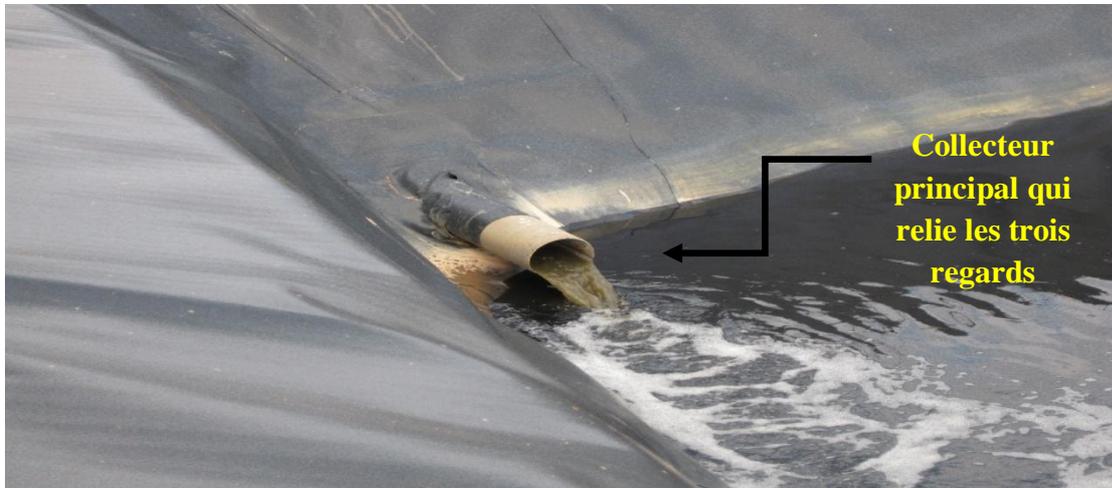


Figure 2.I.10 : Sortie du lixiviat vers les lagunes.

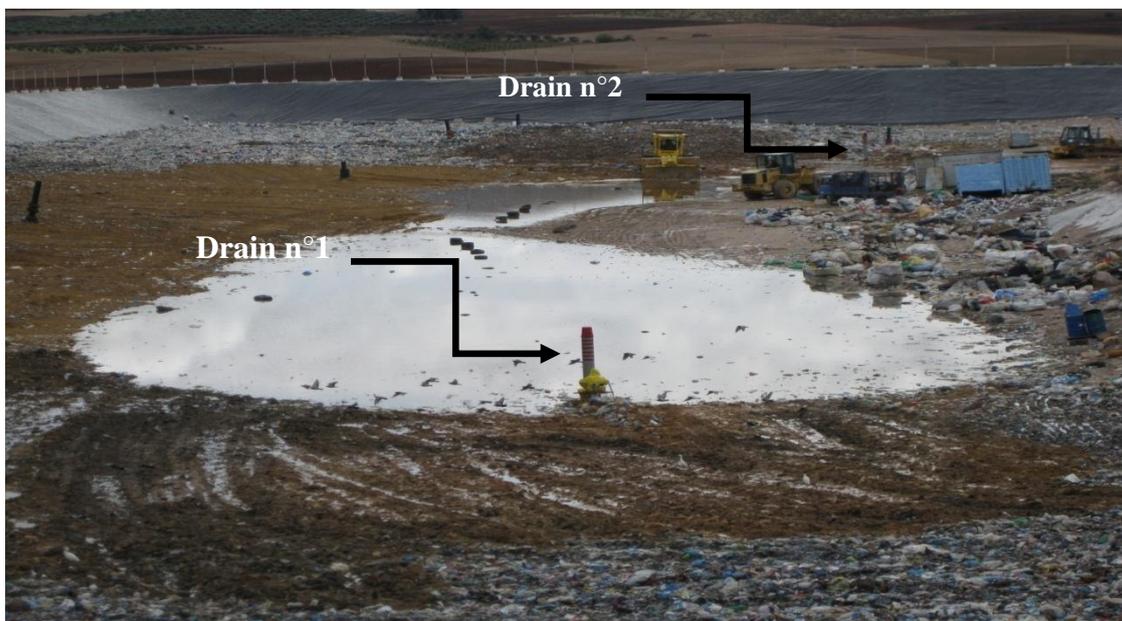


Figure 2.I.11 : Drains du lixiviat.

e) Station de lagunage ou (bassin de récupération du lixiviat)

La complexité des lixiviats des centres de stockages nécessite de mettre en place des procédés de traitement adaptables et de haute performances épuratoires.

Le CET comporte une station de lagunage (fig 2.I.12) composée de trois (3) bassins d'un volume total de 3120m³ avec une profondeur de 1, 2 m et une superficie de 2600m². La station emmagasine les lixiviats venant du casier par le biais de deux drains constitués de conduites

Partie 2: Matériel et méthodes

en PVC :PN16 de diamètre 250 mm trouées sur la partie supérieure. Ces drains sont raccordés à la station de lagunage par le biais d'un réseau formé de trois(3) regards et conduites en PVC: PN06 de diamètre 250mm.



Figure 2.I.12 : Lagunes du CET de Tlemcen

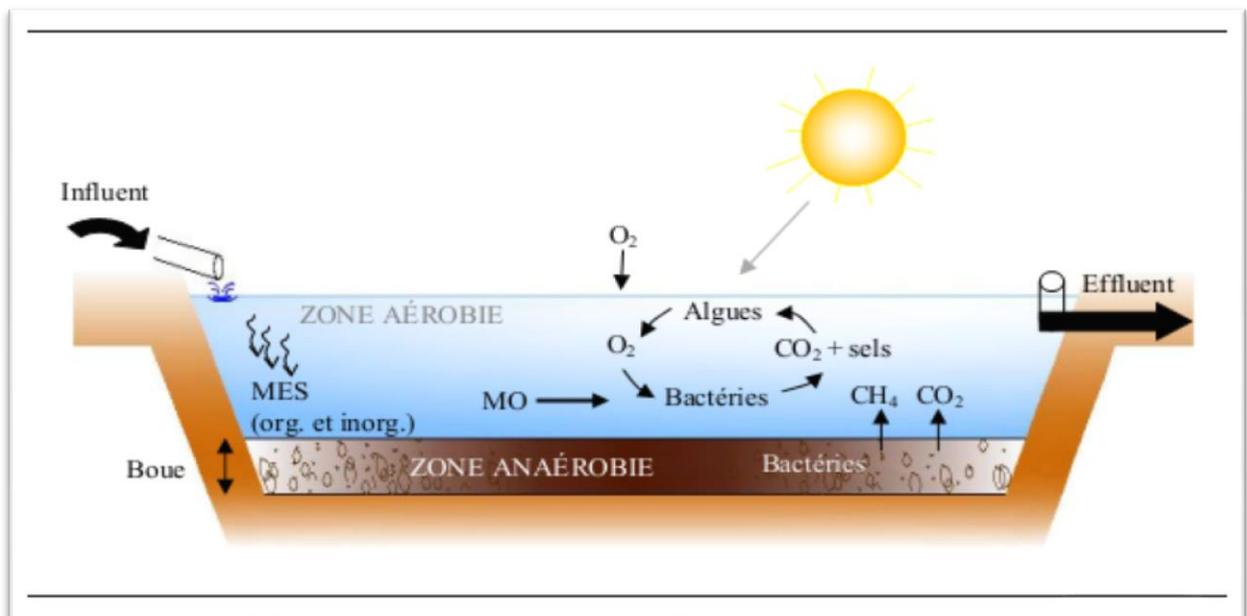


Figure 2.I.13 : Principe de fonctionnement du bassin de lagunage

f) Traitement du lixiviat

Pour éviter le débordement du surplus du lixiviat au milieu naturel, une mini station d'épuration à base de filtre a été créée (Fig 2.I.14), mais malheureusement ce mini projet n'a pas été utile et pour le moment il y a une étude pour la réalisation d'une station d'épuration des lixiviats.

Partie 2: Matériel et méthodes



Figure 2.I.14 : Mini station du CET

h) Lixiviats après le lagunage

Pour ne pas déverser les lixiviats dans le milieu naturel, le CET de Tlemcen procède à l'arrêt de cet effluent au niveau du centre en le recyclant.

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. Le lixiviat reste donc de cette façon bloqué dans un circuit fermé au niveau du centre.

10. Conclusion

A Tlemcen, 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. Les schémas directeurs de gestion des déchets ménagers et assimilés, selon la direction de l'environnement, sont achevés pour 16 communes constituées en 4 groupements urbains, à savoir Maghnia, Tlemcen, Ghazaouet et Remchi. Cependant, il est à noter que le groupement urbain du grand Tlemcen, le plus important de la wilaya, a été le premier à être doté d'une installation de traitement à travers un centre d'enfouissement technique réalisé à Djebel El-Hadid sur le territoire de la commune de Chetouane. S'étendant sur une superficie de 25 ha, les réserves foncières d'enfouissement du CET de Chetouane permettront, à l'horizon 2022, la prise en charge d'un volume de déchet évalué à 1 470 000 tonnes, selon les estimations de la direction de l'environnement de la wilaya de Tlemcen [28].

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



pH-mètre



Spectrophotomètre



Conductivimètre



Turbidimètre



OXiTop IS6
(DBO-mètre)



DCO mètre

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

Partie 2:Matériel et méthodes

b) Méthodes

Chaque élément possède plusieurs méthodes spécifiques. Le tableau 2.II.1 regroupe les méthodes utilisées dans notre caractérisation. Les détails des méthodes d'analyse sont donnés dans l'annexe 01.

Tableau 2.II.1 : Méthodes d'analyses pour chaque élément.

Paramètre	Méthodes
pH	Mesure in situ avec le pH-mètre
Conductivité	Conductivimètre
Turbidité	Turbidimètre
Phosphate	Spectrophotométrie
Chlorures	Volumétrie
Salinité	Conductivimètre
TA- TAC	Volumétrie
DBO ₅	OXiTop
DCO	DCO mètre
MES	Pesés différentielles
Fer	Spectrophotométrie
Ammonium	Spectrophotométrie
Nitrite	Spectrophotométrie

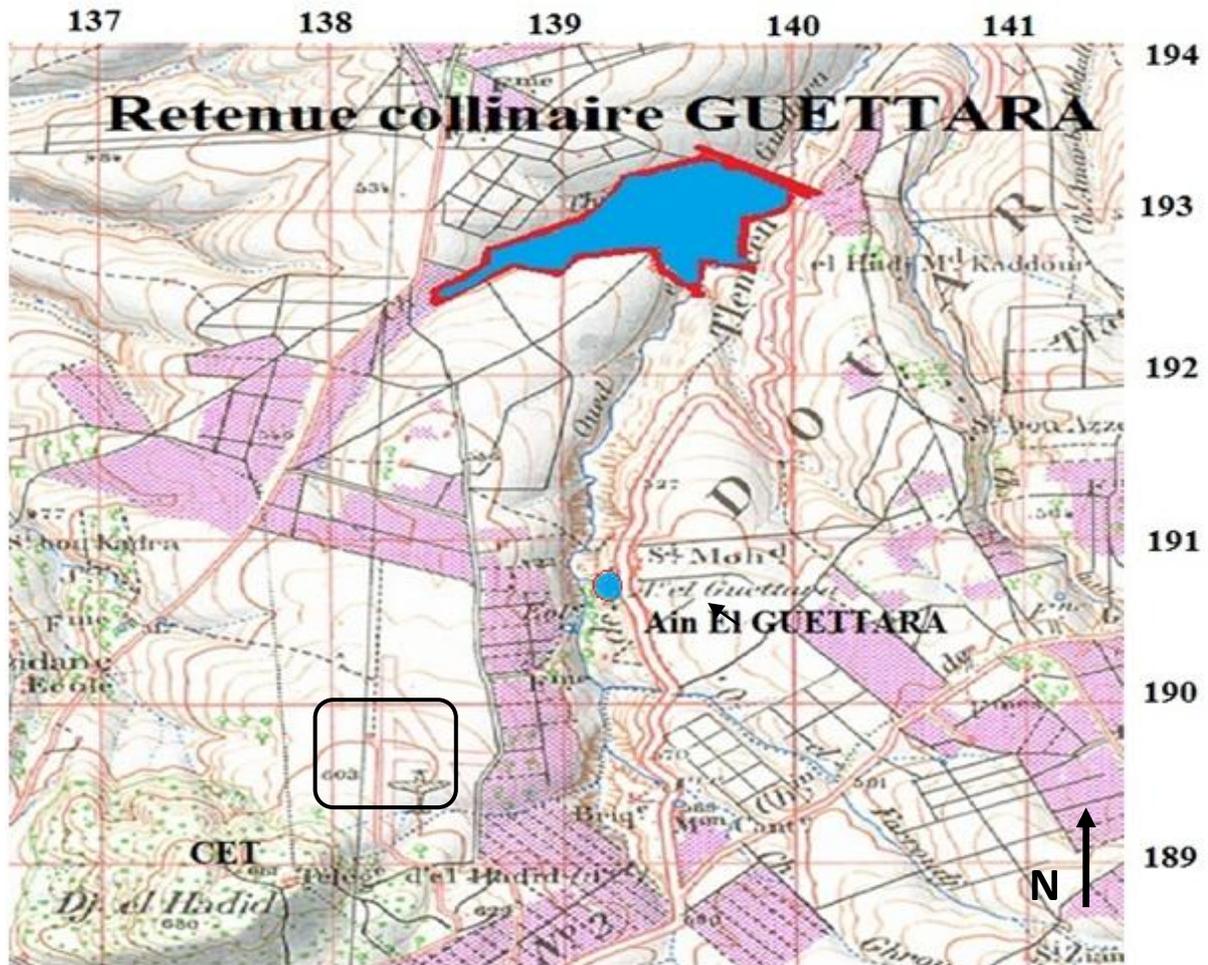
3. Points de prélèvement

Pour réaliser la présente étude, deux campagnes de prélèvement et d'analyse ont été effectuées sur les lixiviats de la décharge. Deux autres points témoins ont fait office de points de contrôle (fig.2.II.2), dont les caractéristiques physiques de ces points sont données dans le tableau 2.II.2.

Ce prélèvement a fait l'objet de deux campagnes : la première en période sèche (avant la pluie le 24/02/2016) et la seconde en période humide (après la pluie le 29/02/2016) (fig.2.II.3 et 2.II.4) et cela pour vérifier s'il y a impact de ces lixiviats sur les eaux souterraines et superficielles au niveau du secteur d'étude:

- **Le point A** : au niveau des lagunes des lixiviats du CET de Saf Saf,
- **Le point B** : Une source appelée Ain Guettara,
- **Le point C** : Le petit barrage Guettara de la commune d'Amieur.

Partie 2:Matériel et méthodes



L'échelle est figurée en kilomètres sur les 4 côtés du cadre intérieur.

Echelle (1/50.000)



INSTITUT GÉOGRAPHIQUE NATIONAL — 136 bis, Rue de Grenelle · PARIS (VII^e)

Figure 2.II.2 : Localisation des points de prélèvements sur la carte de Tlemcen N°270

Partie 2:Matériel et méthodes



Point A



Point B



Point C

Partie 2:Matériel et méthodes

Figure 2.II.3 : Echantillonnage en période sèche (avant la pluie le 24/02/2016).



Point B



Point C

Figure 2.II.4 : Echantillonnage en période humide (après la pluie le 29/02/2016).

Tableau 2.II.2 : Caractéristiques physiques des points de prélèvement

Points de prélèvement	Profondeur (m)	Altitude max (m)	Altitude min (m)	Distance par rapport à la décharge (m)
Retenue collinaire Guettara	14,50	681	420	3100
Source Guettara	-	520	-	1000

4. Caractérisation des lixiviats du CET de Saf Saf

Le tableau 2.II.3 correspond aux analyses des lixiviats qui ont été réalisées par le CET pour contrôler ces eaux ainsi que pour déterminer le rendement épuratoire au niveau des

Partie 2:Matériel et méthodes

lagunes, et les tableaux 2.II.5et 2.II.7représentent les résultats d'analyses sur les points de contrôle (la source et la retenue).

Tableau 2.II.3 : Résultats d'analyses des lixiviats réalisées par le CET de Saf Saf

Paramètres	Unité	Compagnes d'échantillonnage						Normes de rejets
		2010	2011	2012	2013	2014	2015	
Couleur	-	/	/	/	Noirâtre	/	/	-
Odeur	-	/	mauvaise	/	Désagréable	/	/	-
Aspect	-	/	Liquide	/	/	/	/	-
Apparence	-	très trouble	/	/	/	/	/	-
pH	-	7,50	7,82	8,50	7,40	7,50	7,90	6,5-8,5
MES	mg/L	703	1180	3400	3950	120	130	<35
DCO	mg d'O ₂ /L	300	416	6661,6	13700	21753	6241	<120
DBO ₅	mg d'O ₂ /L	405	230	>2450	7350	>1950	689	35
Matières organiques (MO)	mg/L	370	292	3853,86	9466,66	8551	2539,66	-
DCO / DBO ₅	-	0,740	1,8	2,72	1,86	11,15	9,06	-
DBO ₅ /DCO	-	1,35	0,55	0,37	0,54	0,09	0,11	-
O ₂	mg/L	/	/	/	0.21	/	/	-
Température	°C	/	/	25,9	17	15	23	<30
Turbidité	NTU	/	/	/	2750	/	/	-
Conductivité	µs/cm	/	/	/	17200	/	/	-
Phosphate	mg/L	15,53	49	/	/	/	/	-
Chlorures	g/L	1,92	2,2	/	/	/	/	700
NH ₄ ⁺	mg/L	/	354,75	/	1096,5	/	/	-
Zinc	mg/L	<0,01	<2,3	0,3	/	1,2	1,8	3
Nickel	mg/L	/	/	0,4	/	0,42	0,27	0,5
Chrome	mg/L	/	/	0,4	/	0,35	0,37	0,5
Cuivre	mg/L	2,18	2,26	<0,1	/	0,4	0,5	0,5
Fer	mg/L	0,65	1,1	/	/	3,9	3,6	3
Plomb	mg/L	<0,01	0,12	<0,2	/	<0,3	0,29	0,5
Cadmium	mg/L	<0,01	<0,01	<0,03	/	/	/	0,2
Mercure	mg/L	<0,01	<0,01	2,79	/	/	/	0,01
Azote	g/L	2,24	1,35	/	/	/	/	0,04

/ : Non identifié

Partie 2:Matériel et méthodes

Tableau 2.II.4 : Résultats d'analyses des lixiviats du CET
(Compagne de prélèvement Mohammédi Dj, 24 et 29/02/2016)

Paramètres physico-chimiques				
Paramètre	Unité	Avant la pluie	Après la pluie	Normes algériennes de rejets
Odeur	-	Désagréable	Désagréable	-
Apparence	-	Très trouble	Très trouble	-
T	°C	13	10	-
pH	-	6,55	6,8	6,5-8 ,5
Turbidité	NTU	2990	1780	-
Conductivité	µs/cm	575000	47000	-
Phosphate	mg/L	50	50	-
NH₄⁺	mg/L	1680	1750	-
NO₂⁻	mg/L	22	-	-
Chlorures	mg/L	1700	1000	700
Ca²⁺	mg/L en CaCO ₃	850	10000	500
Fer	mg/L	87	/	03
DBO₅	mg d'O ₂ /L	465	495	35
DCO	mg d'O ₂ /L	4800	7200	120
Matières organiques MO	mg/L	1910	2730	-
DCO/DBO₅	-	10,32	14,55	-
DBO₅ /DCO	-	0,096	0,068	-
MES	mg/L	900	1200	35
Paramètres bactériologiques				
Coliformes totaux	UFC (Nbr/100 ml)	>240		-
Coliformes fécaux	UFC (Nbr/100 ml)	>240		2000
Streptocoques fécaux	UFC (Nbr/100 ml)	30		1000

5. Caractérisation des eaux d'Ain Guettara

Le tableau 2.II.5, présente les résultats d'analyses des différents paramètres physico-chimiques et bactériologiques que nous avons réalisés dans différents laboratoires, pour vérifier s'il y a

Partie 2:Matériel et méthodes

ou pas des fuites des lixiviats (infiltration) au niveau de la nappe se trouvant directement au sous sol du CET. La source appelée Ain Guettara a été choisie à cause de sa proximité du CET.

Tableau 2.II.5 : Résultats d'analyse des eaux d'Ain Guettara

Paramètres physico-chimiques				
Paramètre	Unité	Avant la pluie	Après la pluie	Normes algériennes des eaux de source
Odeur	-	Aucune odeur	Aucune odeur	Inodore
Apparence	-	Un peu trouble	Un peu trouble	Incolore
T	°C	17,3	14,1	25
pH	-	6,85	6,83	6,5-9
Turbidité	NTU	14,4	121,5	05
Conductivité	µs/cm	1538	1226	2800
Salinité	g/L	0,6	0,4	-
Phosphate	mg/L	0,13	0,45	0,5
NH₄⁺	mg/L	<0,01	0,42	0,5
NO₂⁻	mg/L	0,061	0,391	0,2
Chlorures	mg/L	03	2,5	500
Ca²⁺	mg/L en CaCO ₃	222,5	150	200
HCO₃⁻	mg/L	471	359	-
CaCO₃	mg/L	555	400	-
Mg²⁺	mg/L	80	60	150
Fer	mg/L	0,06	/	0,3
DBO₅	mg d'O ₂ /L	15	10	<3
DCO	mg d'O ₂ /L	28,8	96	-
Matières organiques MO	mg/L	19,6	38,66	-
DCO/DBO₅	-	1,92	9,6	-
DBO₅ / DCO	-	0,52	0,10	-
MES	mg/L	400	600	25
Paramètres bactériologiques				
Coliformes totaux	UFC (Nbr/100 ml)	>240		<10
Coliformes fécaux	UFC (Nbr/100 ml)	>240		<20
Streptocoques fécaux	UFC (Nbr/100 ml)	00		00

6. Caractérisation des eaux de la retenue collinaire Guettara

Selon la déclaration du subdivisionnaire des ressources en eau de Chetouane en 2013 en se basant sur des analyses effectuées par les services de l'Algérienne des eaux de l'unité de Tlemcen, il s'est avéré qu'une présence de pollution au niveau du petit barrage de GUETTARA causé par le phénomène de lixiviation au niveau du CET a posé plusieurs problèmes.

Donc on a procédé à faire des analyses de ces eaux pour connaître s'il y'a un risque à partir des lixiviats.

Les résultats d'analyse du petit barrage Guettara sont illustrés sur le tableau 2.II.7

Tableau 2.II.6 : Caractéristiques du petit barrage de Guettara

Retenue collinaire Guettara				
Daïra	CHETOUANE		Longueur du thalweg	4200 m
Commune	AMIEUR		Type du barrage	En terre
Dénomination de l'ouvrage	Petit barrage d'oued Guettara		Capacité	7000 000 m ³
Année de mise en service	1990		Désignation	Zaboudjat Sidi Ali Arribet
Surface du bassin versant	21,40 Km ²		Culture à irrigué	Maraîchage, arboriculture
Pluviométrie moyenne	500 mm		Mode d'irrigation	Gravitaire
Altitude du bassin versant	Max	681 m	Superficie irriguée	60 Ha
	Min	420 m		
Cordonnées	X	139,83	Etat de l'ouvrage	Mauvais
	Y	193,18		

Partie 2:Matériel et méthodes

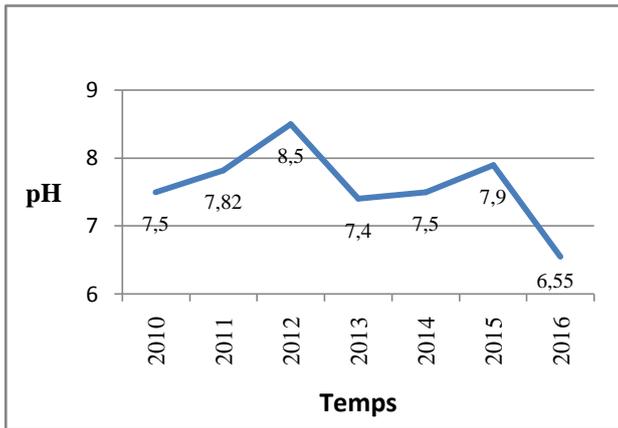
Tableau 2.II.7 : Caractérisation des eaux du petit barrage de Guettara

Paramètres physico-chimiques				
Paramètre	Unité	Avant la pluie	Après la pluie	Normes algériennes des eaux superficielles
Odeur	-	Aucune odeur	Aucune odeur	Inodore
Apparence	-	Un peu trouble	Un peu trouble	Incolore
T	°C	17,3	14	25
pH	-	7,15	6,95	6,5-9
Turbidité	NTU	5,92	5,5	05
Conductivité	µs/cm	2250	2240	2800
Salinité	g/L	1	1	-
Phosphate	mg/L	<0,01	0,03	0,5
NH ₄ ⁺	mg/L	0,58	1,28	4
NO ₂ ⁻	mg/L	0,178	0,139	0,2
Chlorures	mg/L	7,7	7,7	600
Ca ²⁺	mg/L en CaCO ₃	170	265	-
HCO ₃	mg/L	221	218	-
CaCO ₃	mg/L	530	590	-
Mg ²⁺	mg/L	86,4	78	-
Fer	mg/L	0,06	/	1
DBO ₅	mg d'O ₂ /L	10	10	7
DCO	mg d'O ₂ /L	38,4	9,6	30
DCO/DBO ₅	-	3,84	0,96	-
Matière organique MO	mg/L	19,46	9,86	-
DBO ₅ / DCO	-	0,26	1,04	-
MES	mg/L	139	192	25
Paramètres bactériologiques				
Coliformes totaux	UFC (Nbr/100 ml)	>240		<10
Coliformes fécaux	UFC (Nbr/100 ml)	>240		<20
Streptocoques fécaux	UFC (Nbr/100 ml)	21		00

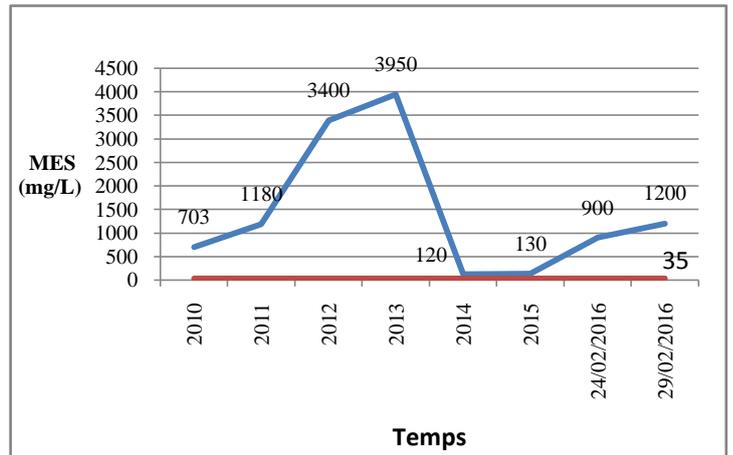
Partie 2:Matériel et méthodes

7. Variation temporelle des paramètres physico-chimique du lixiviat du CET

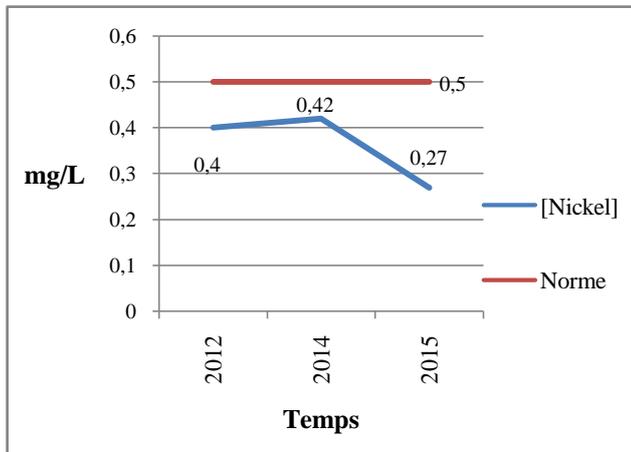
a. Variation du pH



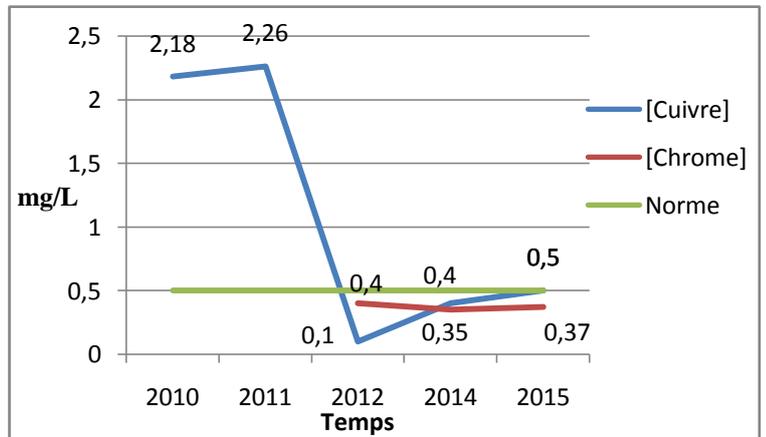
b. Variation des MES



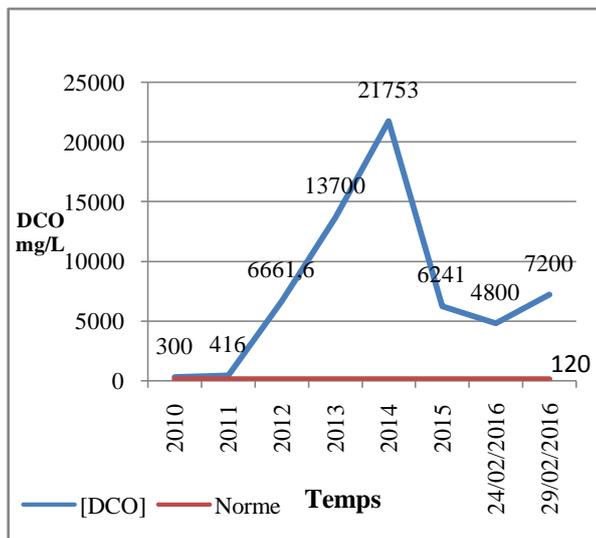
c. Variation du Nickel et chrome



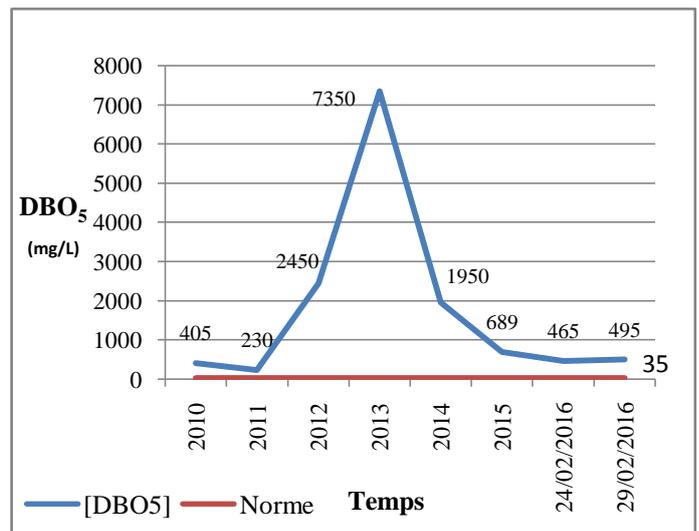
d. Variation du Cuivre



e. Variation de la DCO



f. Variation de la DBO₅



Partie 2:Matériel et méthodes

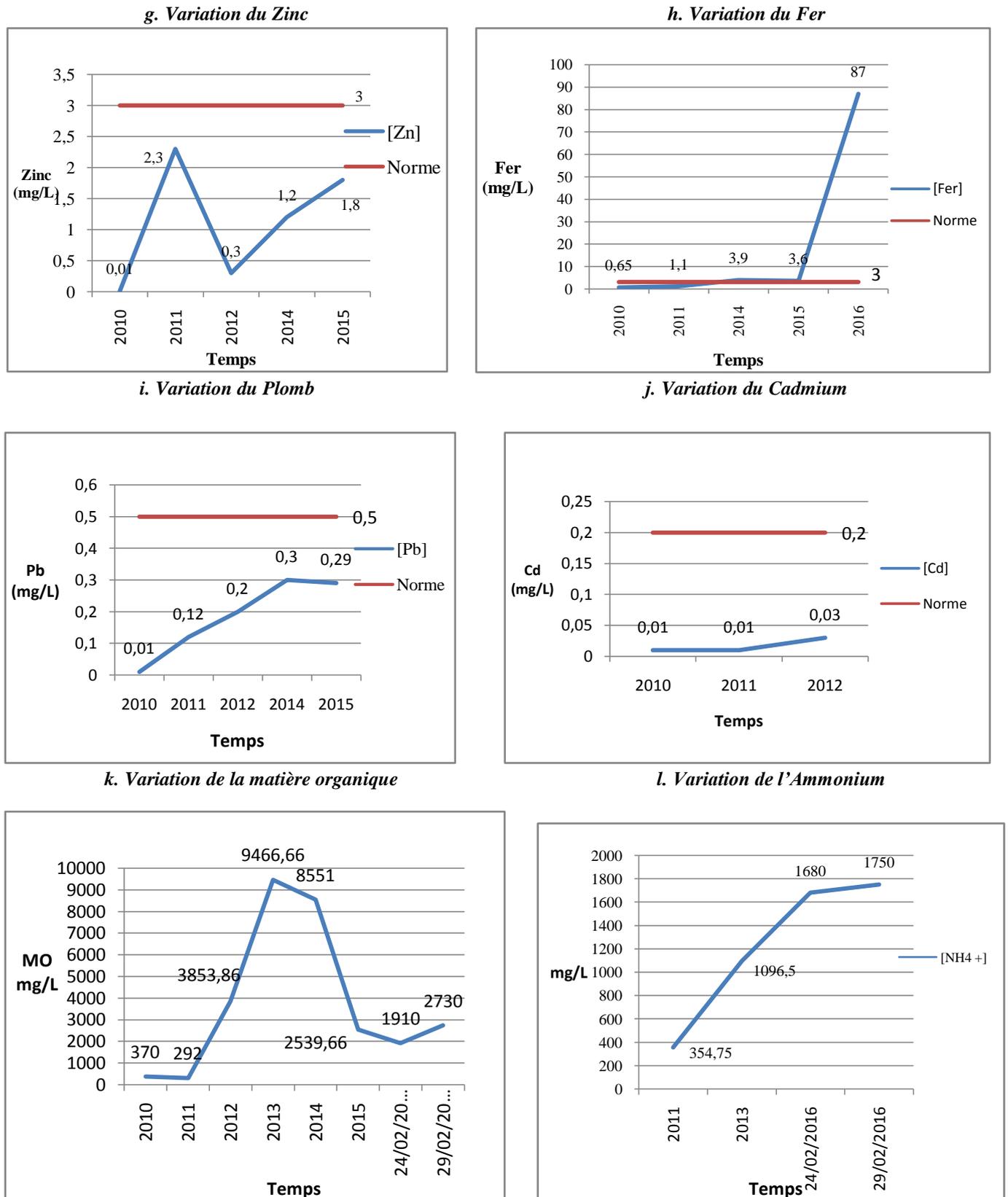
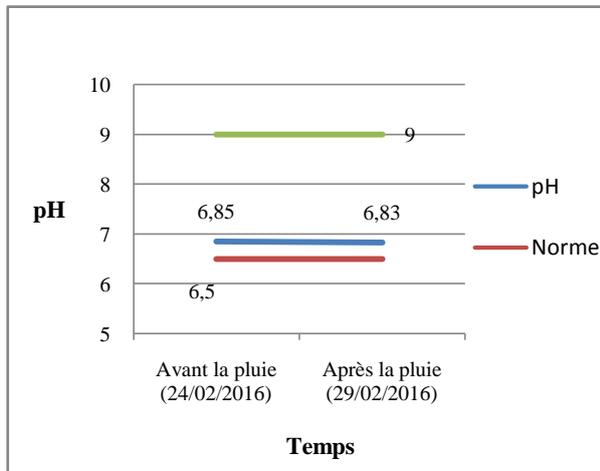


Figure 2.II.5 (a-l) : Variation des paramètres physico-chimiques du lixiviat au niveau du CET

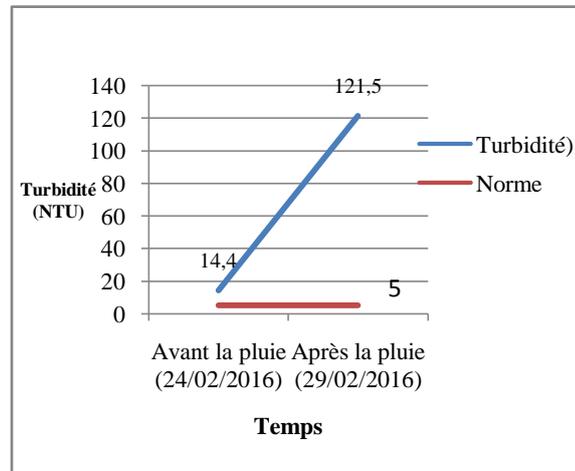
Partie 2:Matériel et méthodes

8. Variation temporelle des paramètres physico-chimiques des eaux de la source Guettara

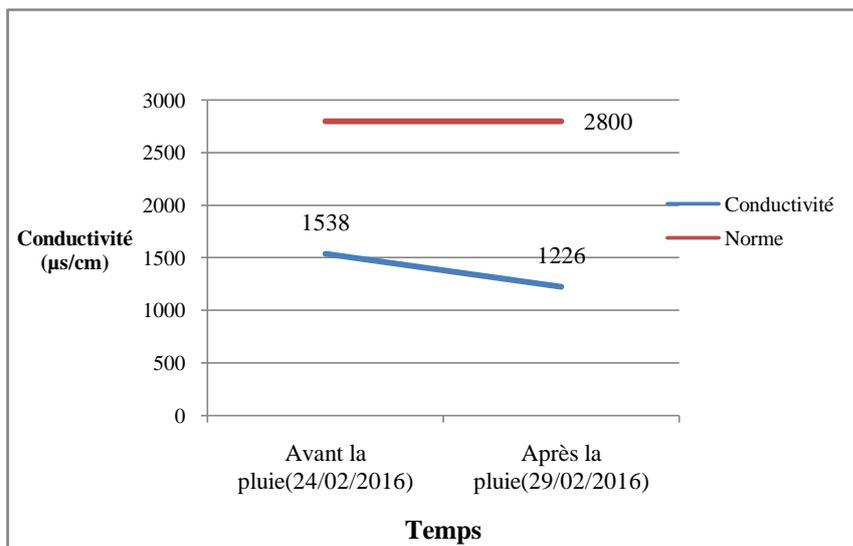
a. Variation du pH



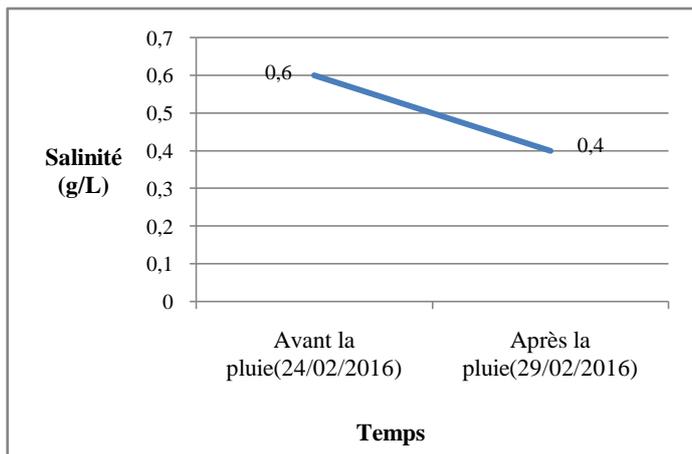
b. Variation de la turbidité



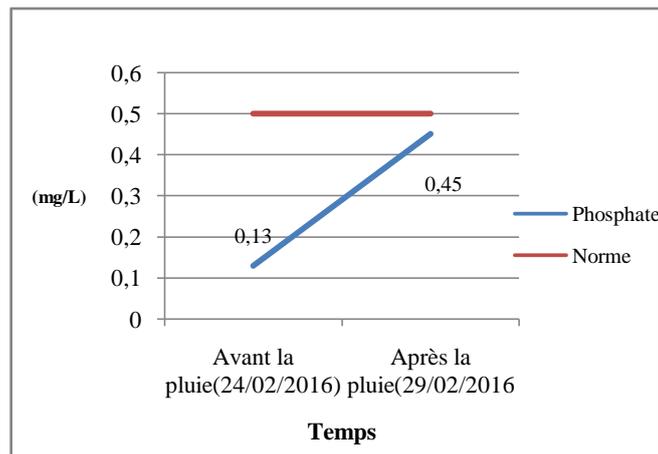
c. Variation de la conductivité



d. Variation de la salinité

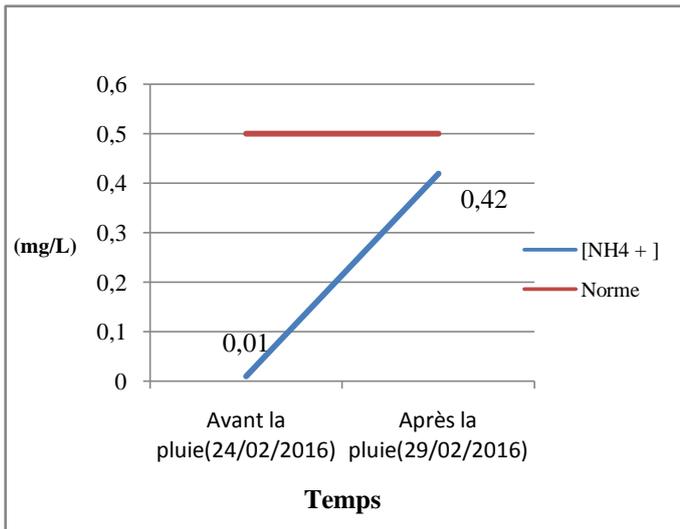


e. Variation du phosphate

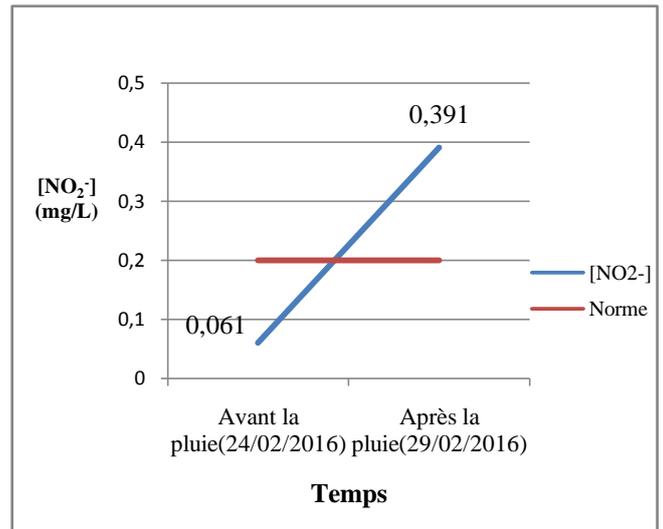


Partie 2:Matériel et méthodes

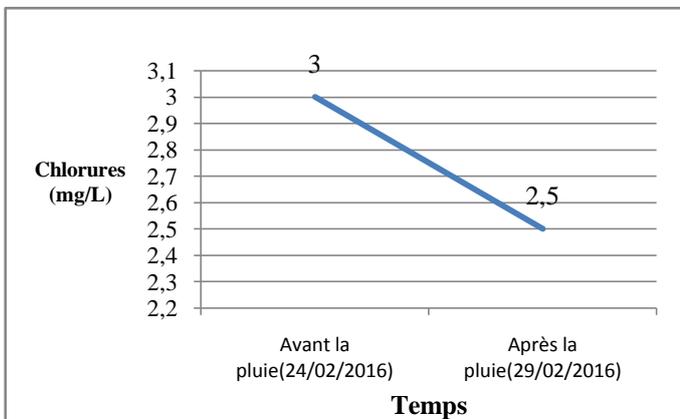
f. Variation de l'Ammonium



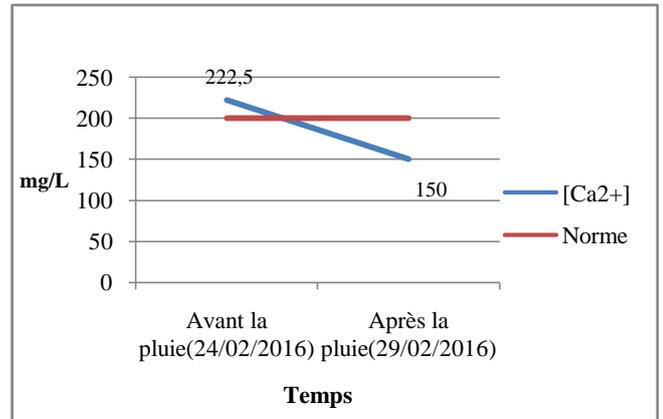
g. Variation des Nitrites



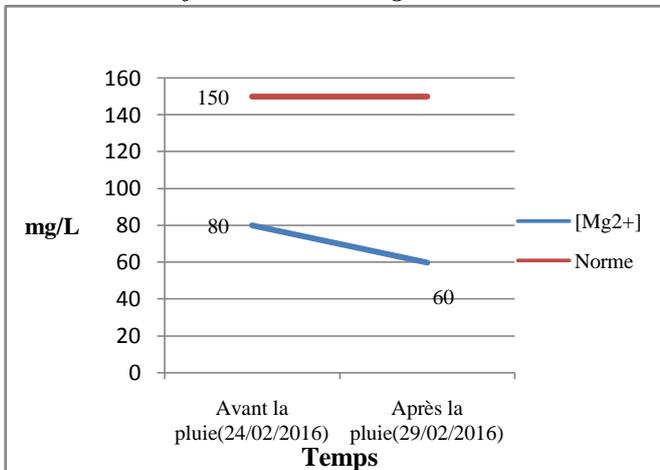
h. Variation des Chlorures



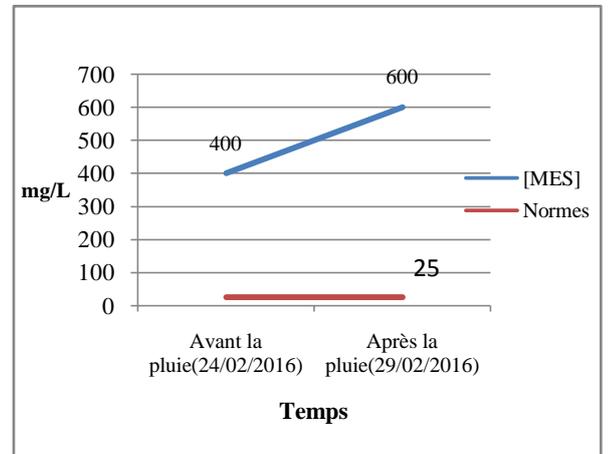
i. Variation du Calcium



j. Variation du Magnésium

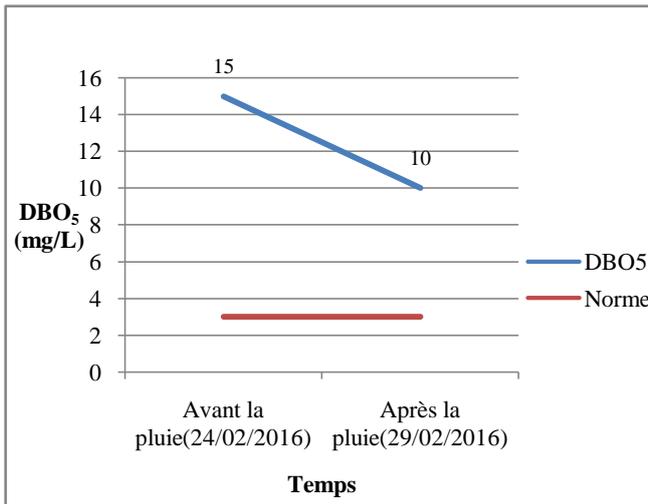


k. Variation des MES

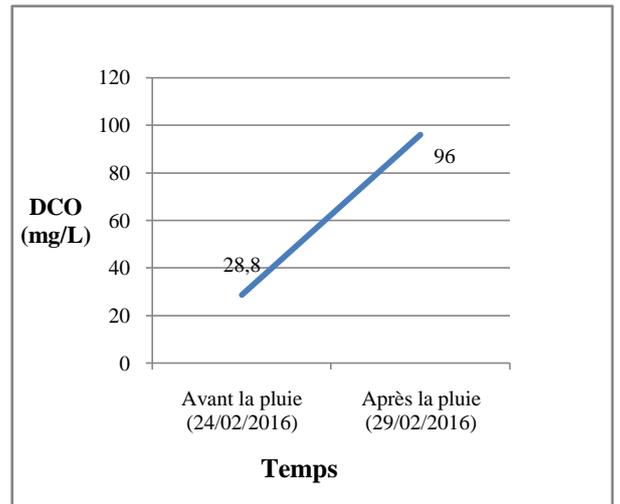


Partie 2:Matériel et méthodes

l. Variation de la DBO₅



m. Variation de la DCO



n. Variation de la matière organique

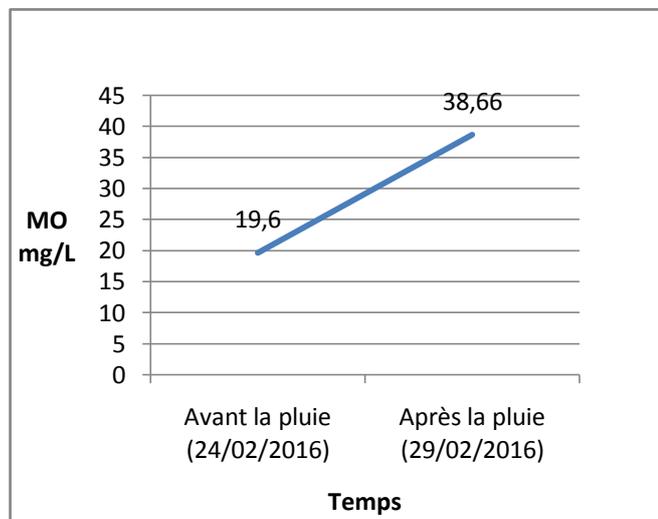
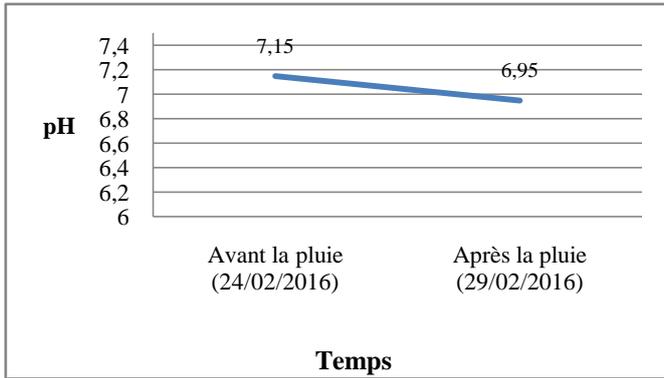


Figure 2.II.6 (a-n) : Variation des paramètres physico-chimiques des eaux de la source

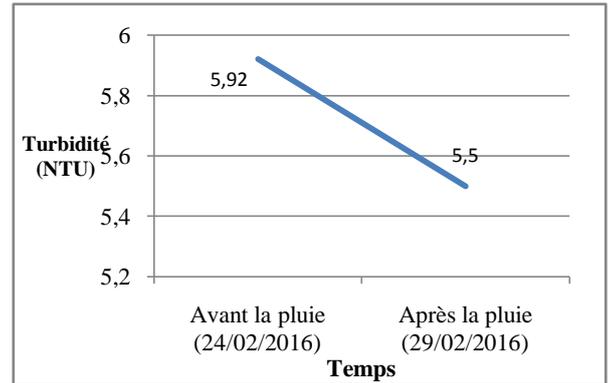
Partie 2:Matériel et méthodes

9. Variation temporelle des paramètres physico-chimiques des eaux du petit barrage Guettara

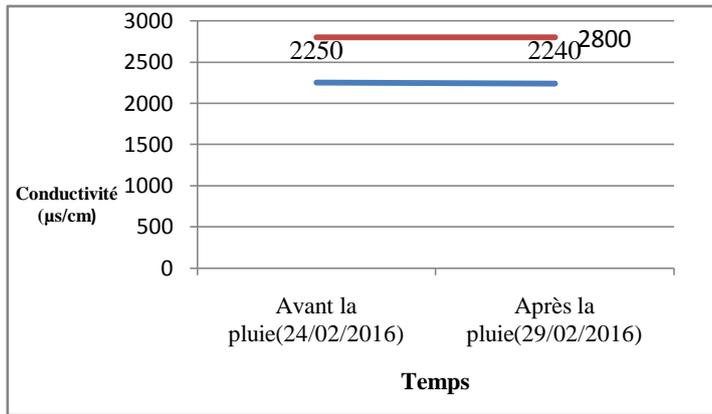
a. Variation du pH



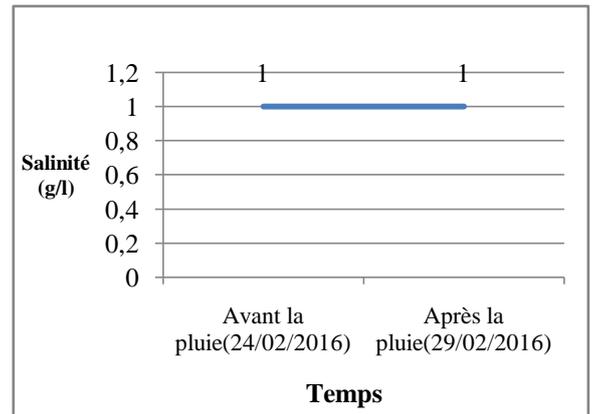
b. Variation de la turbidité



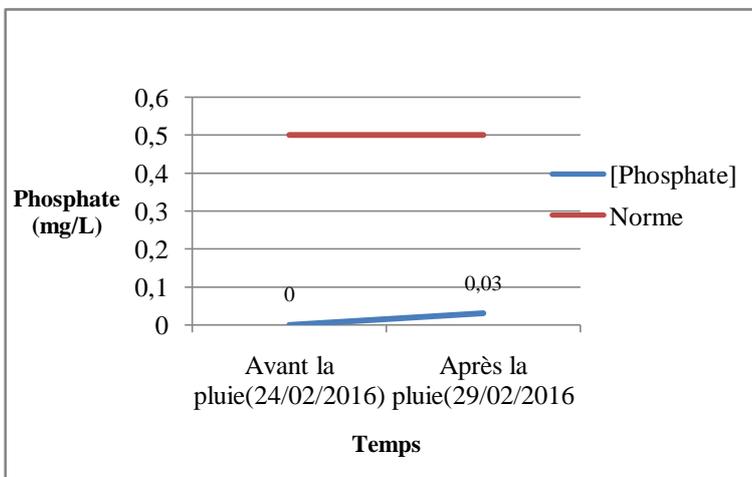
c. Variation de la conductivité



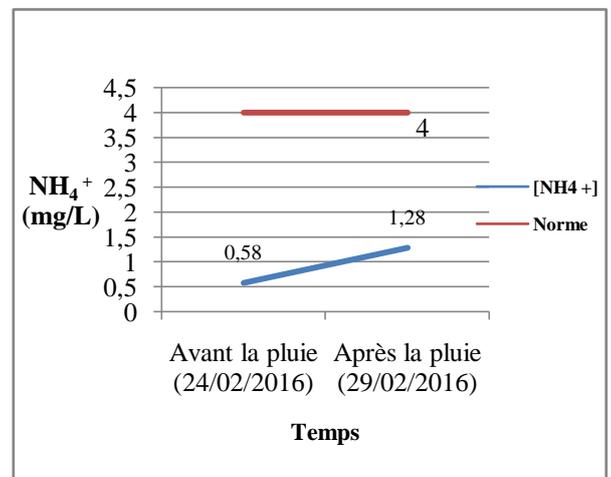
d. Variation de la salinité



e. Variation des Phosphates

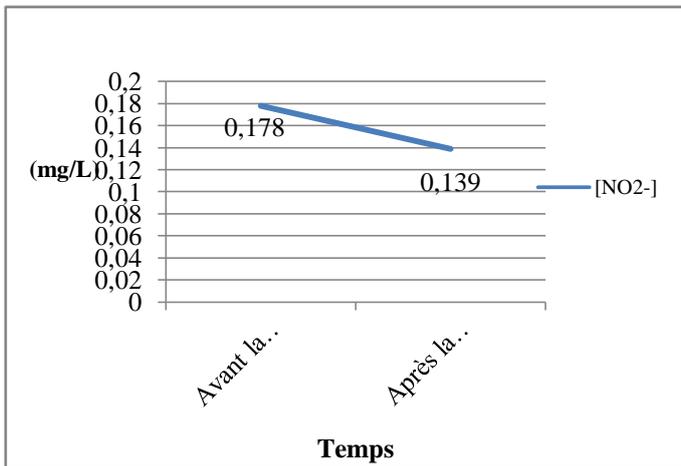


f. Variation de l'Ammonium

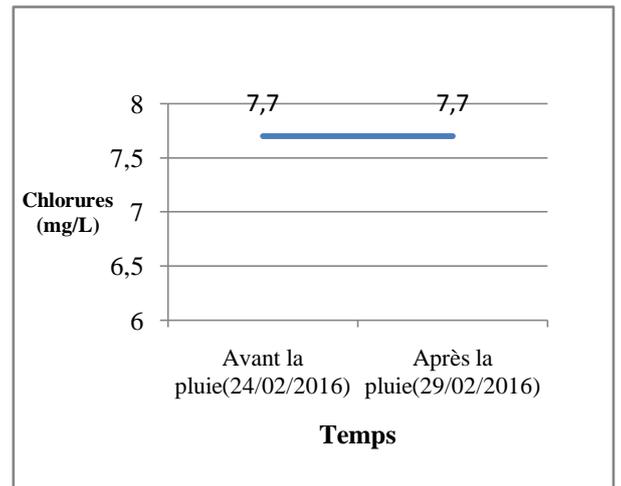


Partie 2:Matériel et méthodes

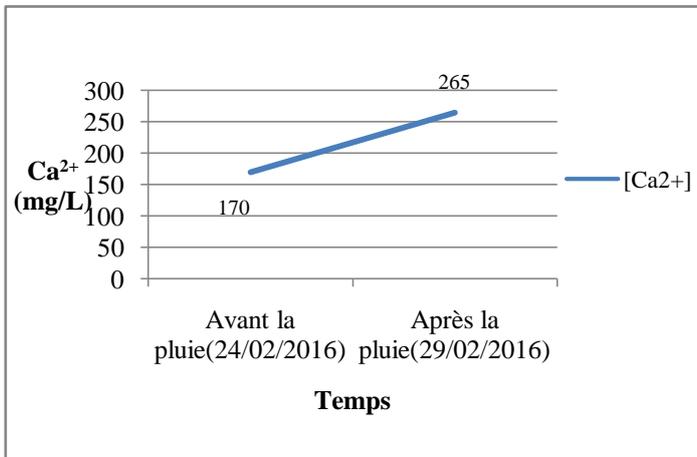
g. Variation des Nitrites



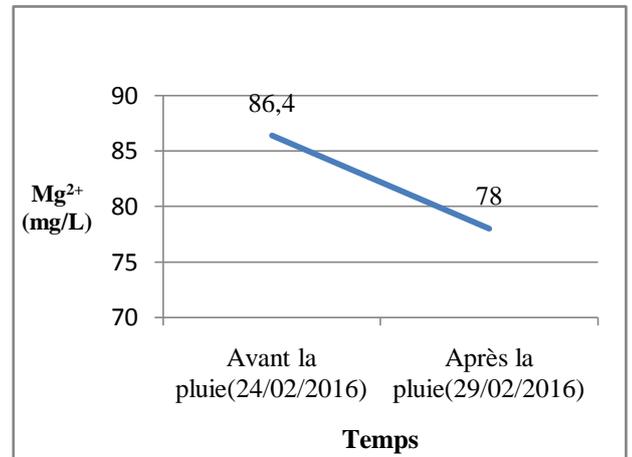
h. Variation des Chlorures



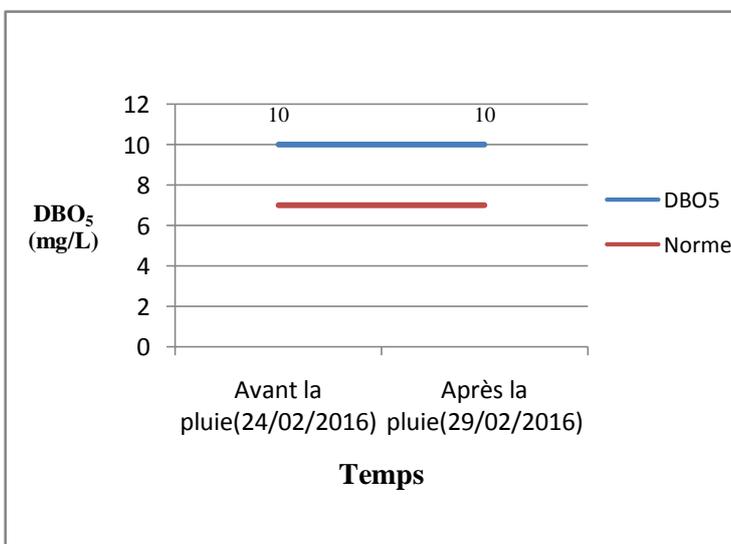
i. Variation du Calcium



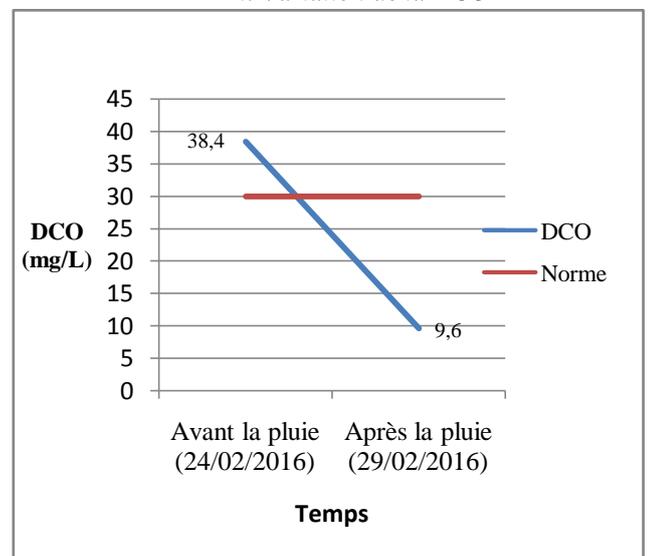
j. Variation du Magnésium



k. Variation de la DBO₅



l. Variation de la DCO



Partie 2:Matériel et méthodes

m. Variation de la matière organique

n. Variation des MES

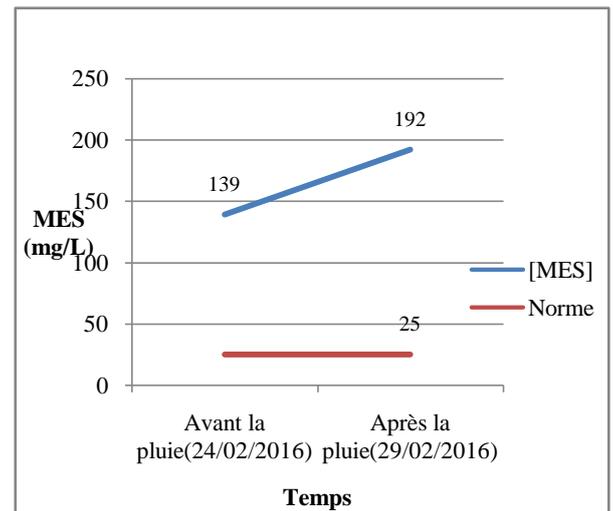
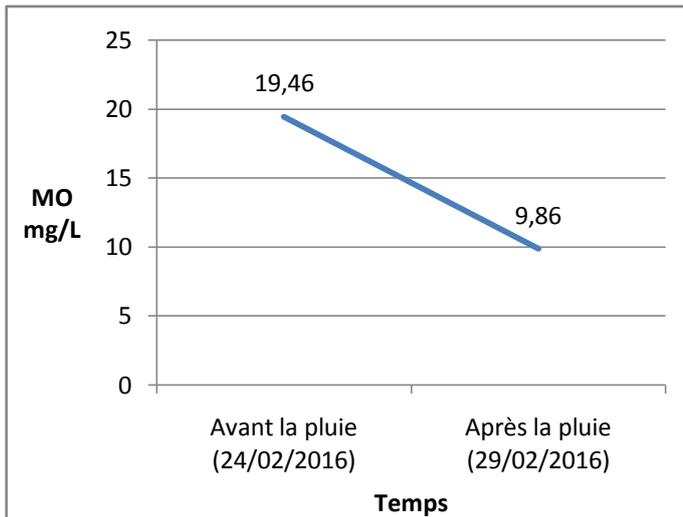


Figure 2.II.7 (a-n) : Variation des paramètres physico-chimiques des eaux de la retenue

Partie 2:Matériel et méthodes**Discussion des résultats trouvés**

Selon Parveau (1993) et Keenan et al. (1983), les lixiviats de décharge sont comparables à des rejets industriels complexes contenant à la fois des substances contaminantes organiques et inorganiques.

1. Etude de la variabilité de la DBO₅

La DBO₅ 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 du CET, nous remarquons que la valeur de la DBO₅ du lixiviat est largement élevée par rapport à la norme qui est de 120 mg d'O₂/L, ce qui indique que le traitement par lagunage n'est pas suffisant pour l'élimination de la charge polluante.

Concernant la DBO₅ des eaux du petit barrage Guettara, les valeurs sont uniformes et dépassent la norme avec une faible concentration.

La DBO₅ des eaux de la source diminue pour atteindre 10 mg d'O₂/L après les précipitations et dépasse la norme qui est de 3 mg d'O₂/L et cela indique la présence d'une légère charge polluante.

2. Etude de la variabilité de la DCO

Contrairement à la DBO₅, 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 de lixiviat varient entre 4800 mg/L et 7200 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 l'environnement.

Pour les eaux superficielles, Nous remarquons que la valeur de la DCO diminue de 38.4mg/L à 9,6 mg/L après les précipitations par dilution.

La valeur de la DCO des eaux de la source augmente de 28,8 mg/L jusqu'à 96 mg/L après les précipitations.

3. Etude du rapport DCO/DBO₅

Le rapport DCO/DBO₅ donne une première estimation de la biodégradabilité de la matière organique d'un effluent donné, on convient généralement des limites suivantes [29]:

- $DCO/DBO_5 < 2$: Effluent facilement biodégradable.

Partie 2:Matériel et méthodes

- $2 < \text{DCO}/\text{DBO}_5 < 3$: Effluent biodégradable avec des souches sélectionnées.
- $\text{DCO}/\text{DBO}_5 > 3$: Effluent pas biodégradable.

D'après le tableau 2.II.3, le rapport DCO/DBO_5 est trop élevé dans les eaux de lixiviats, ce qui indique que cet effluent n'est pas biodégradable et qu'il a une forte charge polluante qui est difficile à éliminer.

Pour les eaux de source, on remarque que le rapport DCO/DBO_5 est inférieur à 2 en période sèche donc il est biodégradable, mais en période humide le rapport est élevé ce qui implique qu'il y a une pollution causée par la présence de cheptel dans cette zone agricole. Pour les eaux de barrage le rapport de biodégradabilité élevé avant les précipitations diminue en période humide pour atteindre 0,96 à cause des dilutions et l'aération fourni par les précipitations.

4. Etude du rapport DBO_5/DCO

Le rapport DBO_5/DCO donne une indication de maturité du lixiviat [14]:

- $\text{DBO}_5/\text{DCO} > 0,5$: lixiviat jeune et instable
- $0,1 < \text{DBO}_5/\text{DCO} < 0,5$: lixiviat modérément stable.
- $\text{DBO}_5/\text{DCO} < 0,1$: lixiviat vieux et stable.

Les résultats d'analyses effectuées par le CET des années 2010 ,2011 et 2013 indiquent que les lixiviats sont jeunes est instables, et celles des années 2012 et 2015 sont assez stables. Concernant nos analyses et celles de 2014, les lixiviats sont qualifiés de vieux et stables.

5. 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 sur 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 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 Saf Saf.

Nous remarquons que les concentrations de la matière organique dans les lixiviats augmentent depuis 2010 (370 mg/L) pour atteindre le maximum en 2013(9466,66 mg/L).Ce qui laisse supposer que les lagunes au niveau du CET jouent plutôt un rôle de réservoir de stockage et non un procédé de traitement, car la dégradation de la matière organique n'est pas observée.

Partie 2:Matériel et méthodes

Concernant les eaux de surface, la pollution par la matière organique a été diluée par les précipitations, mais le cas est contraire pour les eaux de source où la concentration en matière organique a augmenté de 19,6 mg/L jusqu'à 38,66 mg/L en période humide et cela peut probablement être attribué à l'infiltration au niveau du milieu poreux (affleurement des grès tortoniens).

6. Etude de la variation de l'Ammonium

L'ion ammonium, NH_4^+ est la forme réduite de l'azote. Il provient principalement de la décomposition des protéines naturelles contenues dans le phytoplancton et les micro-organismes. Il peut être aussi issu de l'apport d'effluents urbains épurés, de rejets industriels ou agricoles. Il se trouve dans les eaux naturelles à des concentrations qui peuvent varier de 0,1 à plus de 10 mg/L, sa présence, en particulier dans les eaux de surface, peut être considéré comme un indicateur de pollution. Cependant, il constitue un élément gênant, car il interfère avec la chloration pour former des chloramines modifiant l'odeur et le goût de l'eau (goût de chlore), et il est aussi un aliment pour certaines bactéries qui peuvent ainsi proliférer dans les réseaux de distribution. Il convient donc de l'éliminer de l'eau destinée à la consommation humaine.

Dans les eaux du lixiviat les concentrations d'ammonium augmentent depuis 2011 (354,75mg/L) jusqu'à 2016 pour atteindre 1750 mg/L, ces valeurs sont très élevées et dépassent la norme.

L'analyse des tableaux 2.II.4 et 2.II.6, montre que les eaux de la source et de la retenue après la pluie sont plus chargées en Ammonium. Toutefois, ces valeurs restent faibles et ne dépassent pas les normes.

La matière organique contient souvent de l'azote organique. Assez rapidement cette espèce azotée se transforme en ammoniac (NH_3) ou en sels d'ammonium (NH_4^+), selon un processus bactériologique appelé ammonisation. Une grande quantité d'azote ammoniacale dans une eau usée veut dire que la pollution est récente, ce qui explique les fortes valeurs de l'Ammonium dans le lixiviat.

Dans notre cas, les valeurs de l'Ammonium du petit barrage ou de la source à comparer avec celles du lixiviat ne traduisent pas une influence du CET.

7. Etude des nitrites

Dans les cours d'eau, notamment canalisés, et dans les régions densément habitées ou d'agriculture intensive, les nitrites sont souvent un paramètre important de déclassement des cours d'eau.

Chez l'homme et les mammifères, la présence de nitrites dans le sang empêche l'hémoglobine de fixer convenablement l'oxygène. C'est l'une des causes de la « maladie bleue du nourrisson », c'est pourquoi la teneur en nitrites dans l'eau potable est réglementée.

Partie 2:Matériel et méthodes

D'après les analyses effectuées dans les différents points, on remarque une augmentation de la teneur en nitrites dans les eaux de source après les précipitations, en dépassant le 0,3 mg/L.

8. Etude des MES

On appelle matières en suspension les très fines particules en suspension (sable, argile, produits organiques, particules de produits polluants, micro-organismes,...) qui donnent un aspect trouble à l'eau, (turbidité) et s'opposent à la pénétration de la lumière nécessaire à la vie aquatique. En trop grande quantité elles constituent donc une pollution solide des eaux.

Les concentrations des MES dans les lixiviats observent une augmentation entre 2010 et 2013 (3950mg/L), ensuite ces valeurs dégringolent entre 2014 et 2015 pour arriver à 120mg/L. Par contre, l'échantillon de 2016 met en évidence une hausse de la teneur en MES qui atteint les 1200 mg/L. Ces résultats concordent avec ceux déjà trouvés et qui reflètent la pollution.

D'après la figure 2.II.6.m, les teneurs en MES dans les eaux du barrage Guettara dépassent la norme, il en est de même pour les eaux de la source et cela peut être due au phénomène de l'érosion de la couche superficielle des sols sous l'action dynamique de l'eau de pluie, de ruissellement ou encore d'écoulement dans les eaux.

Leur effet néfaste est mécanique, par formation de sédiments et d'un écran empêchant la bonne pénétration de la lumière d'une part (réduction de la photosynthèse), ainsi que par colmatage des branchies des poissons d'autre part. Leur effet est par ailleurs chimique par constitution d'une réserve de pollution potentielle dans les sédiments.

9. Etude des métaux lourds

Le fer est un composant essentiel de l'hémoglobine, le zinc, le cuivre et le Sélénium sont des oligo-éléments indispensables.

Tous les éléments-traces métalliques sont présents naturellement à l'état de traces dans le sol, l'activité humaine peut avoir renforcé cette présence.

D'après la figure 2.II.2 (c, d, g, h, i, j), les concentrations du Chrome, Nickel, Cadmium, Plomb et le Zinc dans les eaux de lixiviat sont faibles ne dépassant pas les normes donc elles ne représentent aucun risque sur le milieu naturel.

Il ne faut pas par contre négliger les variations des teneurs en cuivre qui enregistrent des valeurs importantes au cours des années 2010 et 2011, ensuite diminuent en 2012 pour croître de nouveau en 2014.

Il y a aussi une augmentation négligeable de la teneur en Fer entre 2014 (3,9 mg/L) et 2015 (3,6 mg/L), mais en 2016, Nous enregistrons une concentration très élevée (87 mg/L) par rapport aux années précédentes, donc il y a un risque de pollution.

Partie 2:Matériel et méthodes**10. Autres paramètres**

- Selon les résultats d'analyses, nous remarquons, que la température des trois échantillons varie selon la température ambiante du climat dont elle est de 13 à 14°C en période humide est de 16 à 17°C en période sèche.

- 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, pour les eaux de sources et de barrage les concentrations ne dépassent pas la norme.

- Le pH des trois échantillons est dans les normes.

- D'après les valeurs de la conductivité, les eaux de la source et du barrage ont une minéralisation élevée.

- La turbidité de l'eau de source est élevée et dépasse la norme qui est de 5 NTU, cela est due à l'érosion du sol et le transport des MES par l'écoulement de l'eau.

11. Composition bactériologique des eaux

Les résultats obtenus montrent que les eaux recèlent des quantités non négligeables de germes pathogènes (coliformes totaux, coliformes fécaux et streptocoques), indiquant ainsi une pollution bactériologique des eaux.

12. Synthèse

Les résultats de la caractérisation physico-chimique des lixiviats bruts de la décharge publique de Tlemcen, 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 7633,95 d'O₂ et la DBO₅ est de l'ordre de 1754,25 mg/l d'O₂,
- **une pollution minérale** : exprimée par une valeur de 0,37 mg/L de Chrome, de 0,36 mg/L de Nickel et 1,1 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.1).

Partie 2:Matériel et méthodes

Tableau 2.III.1 : Comparaison des teneurs moyennes en métaux lourds dans les lixiviats de décharges ménagères

Concentration $\mu\text{g/L}$	Décharge d'Etueffont (France) [13]	Décharge de Rabat (Maroc) [30]	Décharge d'El Jadida (Maroc) [31]	Décharge d'Alger [32]	Décharge de Tiaret [33]	Décharge de Tlemcen Moy (2012-2015)
Zinc	740	-	742,2	700	500	1100
Cuivre	270	118	157,8	450	-	330
Nickel	210	133,6	133,8	250	670	363
Chrome	270	517	156,33	500	300	373

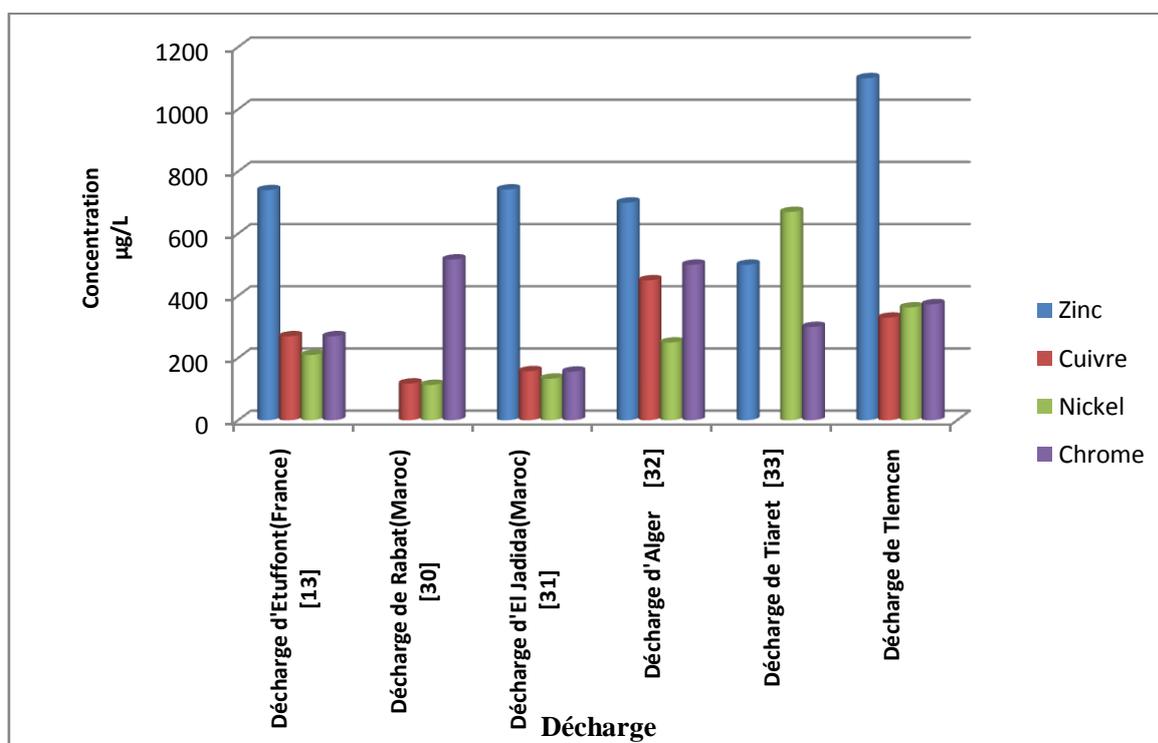


Figure 2.III.1 : Comparaison des teneurs moyennes en métaux lourds dans les lixiviats des différentes décharges ménagères.

L'examen de la figure 2.III.1, met en évidence que la teneur en Zinc dans les lixiviats de la décharge de Tlemcen est élevée par rapport aux autres décharges, et pour les autres métaux elle est la deuxième à avoir des fortes concentrations en Cuivre, Nickel et Chrome.

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

Il est primordial de gérer au mieux les infiltrations issues des zones d'activité anthropiques susceptibles de détériorer la qualité des eaux souterraines. Par ailleurs, l'essentiel des rejets fluides sont effectués dans les eaux de surface, avec des conséquences désastreuses sur les écosystèmes récepteurs. Les interconnexions entre les eaux souterraines et superficielles citées précédemment justifient pleinement l'importance d'une étude d'impact sur les deux compartiments.

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 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.

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 Tlemcen.

Les décharges d'ordures ménagères sont un système complexe, dont le fonctionnement fait appel à de nombreuses interactions. Mettre en évidence l'impact d'une décharge ne peut se cantonner à une seule et même discipline, tant les domaines impliqués sont divers. Tout d'abord c'est la géologie qui est impliquée, puisqu'une étude préalable à l'implantation d'un site est nécessaire afin de vérifier que l'imperméabilité du sol est suffisante et limitera, voire empêchera les infiltrations des lixiviats qui peuvent contaminer la nappe phréatique. Une étude hydrogéologique permet ensuite de prévoir la direction des écoulements souterrains, et donc d'identifier et de prévenir les zones à risques en cas de contamination.

En surface, les déchets peuvent être 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 puisqu'il va définir 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 qui vont s'opérer au sein du massif de déchets, générant ensuite les lixiviats, substances toxiques qui permettront pourtant à la montagne de déchets de devenir un jour un écosystème

Conclusion générale

à haute valeur écologique. Ces lixiviats sont une menace sérieuse pour l'environnement si leur devenir n'est pas contrôlé. Ils sont riches en matières organiques et minérales, présentent parfois de fortes teneurs en métaux lourds et leur rejet 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.

Ainsi, dans un premier temps, et pour tenter d'évaluer l'influence du site de stockage sur les eaux souterraines, l'utilisation de plusieurs outils complémentaires a été nécessaire. Le site du CET de Saf Saf est composé de deux zones de stockages contenue dans une géomembrane imperméable (pour les deux Casiers).

Il a fallu d'abord de mettre en évidence le fait que des infiltrations de lixiviats dans le sous-sol étaient possibles malgré l'existence de cette barrière imperméable.

Les analyses effectuées sur les eaux de la source appelée Ain Guettara et le petit barrage Guettara situés en aval du site, ont indiqué la présence d'une pollution dans les eaux de la source où les valeurs des nitrites et de la matière organique ont augmenté après les précipitations.

Pour étudier le bon fonctionnement des lagunes, nous avons procédé à des prélèvements au niveau de ces bassins pour déterminer leurs rendements épuratoires. Les valeurs de la DBO₅ et la DCO sont élevées dans les eaux de lixiviats, ce qui indique que les lagunes ne suffisent pas à épurer la totalité de la charge polluante présente. Il est donc, difficile d'assurer une totale protection de ce système malgré les nombreuses précautions prises pour les isoler dans l'objectif de supprimer totalement leurs nuisances aux milieux naturels.

Les processus de dégradation et transformation biochimique de la matière fermentescible permettent la formation de lixiviats. Cet effluent est considéré comme une source de pollution de l'environnement. Les résultats des analyses des paramètres physicochimiques de lixiviats, prélevés, ont montré que ces effluents se caractérisent par la présence des polluants organiques et minéraux avec de fortes concentrations. Il est donc recommandé dans une première étape d'une installation de traitement des lixiviats par une station d'épuration.

Conclusion générale

Pour cela la réalisation d'une station d'épuration est en étude afin d'améliorer le traitement des lixiviats ainsi que la protection de l'environnement et éliminer tout impact sur les eaux souterraines et superficielles.

En guise de recommandations, nous suggérons une attention toute particulière à travers :

- un contrôle plus régulier des lixiviats au niveau des lagunes, avec un pas de temps mensuel pour mieux cerner les variations des concentrations des matières qui les composent,
- une analyse de la qualité du sol,
- augmenter le nombre de points d'eau pour surveiller l'évolution des lixiviats et son impact sur la nappe souterraine sous-jacente (choisir des puits proches de la décharge se trouvant sur différentes profondeurs du niveau piézométrique).
- Augmenter le nombre de prélèvements au niveau de la retenue
- Procéder à des analyses des métaux lourds.

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.

ANNEXE 01

Détermination de l'alcalinité TA et TAC

Ces analyses ont été réalisées au laboratoire de l'algérienne des eaux.

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 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 primitif, si il n'y a pas de coloration ajouter quelques 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.



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

c. Résultats**• Le titre alcalimétrique TA**

S'il n'y a pas une coloration rose alors le $TA=0 \rightarrow [CO_3^{2-}] = 0 \text{ mg/L}$

• Le titre alcalimétrique complet TAC

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

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

M_{HCO_3} : masse molaire du HCO_3

M_{CaCO_3} : masse molaire du $CaCO_3$

N_{HCl} : 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'élément libre 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 (noir ériochrome 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 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_0 le volume analysé et V_1 le volume de la solution de l'EDTA versé pour le titrage.

c. Résultats

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

$$[TH] = V_1 \times N_{EDTA} \times \frac{1000}{V_0} \times M_{CaCO_3} \text{ (mg/l en } CaCO_3)$$

Dont :

N_{EDTA} : la normalité de la solution de l'EDTA

M_{CaCO_3} : la masse molaire de $CaCO_3$

Détermination de la dureté calcique

a. Mode opératoire

- Prélever 10 ml d'eau à analysée dans une fiole conique.
- Ajouter 0.4 ml de la solution de base d'hydroxyde de sodium NaOH de 0.1N et une pincé 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.



Figure 2 : Changement de couleur du rouge au violet (le 28/02/2016)

b. Résultats

La concentration du calcium est exprimée en mg/L en CaCO_3 et donné par l'expression :

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

Déduction de la concentration du magnésium

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

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

Dont :

M_{Mg} : la masse molaire du magnésium

Dosage des chlorures

Méthode de Mohr

a. Principe

Les chlorures sont dosés en milieu neutre par une solution titré de nitrate d'argent AgNO_3 en présence de chromate de potassium K_2CrO_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



Figure 3 : Changement de couleur du jaune au rouge (le 25/02/2016)

c. 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 des phosphates, ammonium et nitrites

1. Pour les phosphates

- Introduire 40 ml d'eau à analyser dans une fiole de 50 ml.
- Ajouter 1 ml d'acide ascorbique et 2 ml de la solution de réactif mélange (deux solutions préparées avant).
- Attendre 10 minutes, s'il y a une coloration bleue donc la teneur en phosphate dépasse la norme.



Figure 4 : changement de couleur indiquant la présence des phosphates (01/03/2016)

2. Pour l'ammonium

- Introduire 40 ml d'eau à analyser dans une fiole de 50ml.
- Ajouter 4 ml de solution colorée et 4 ml de la solution dichloro, la solution se colore en jaune.
- Ajuster au trait de jauge avec de l'eau distillée.
- Attendre une heure et faite la lecture dans le spectrophotomètre, si la teneur en ammonium est supérieure à la norme une coloration verte doit se développée.

3. Pour les nitrites :

- Introduire 40 ml d'eau à analyser dans une fiole de 50 ml.
- Ajouter 1 ml de la solution colorée, la solution se colore en rose.
- Ajuster au trait de jauge avec de l'eau distillée.
- Attendre 20 minutes et faite la lecture dans le spectrophotomètre.



Figure 5 : changement de couleur indiquant la présence des nitrites (le 25/02/2016)

Analyses bactériologiques Méthode du NPP (nombre plus probable)



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

5, 1, 1 : 5 tubes double 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

3, 3, 3 : 3 tubes double 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

1. Coliformes totaux

Pour la recherche des coliformes totaux, on a 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.



Figure 6 : les tubes du BCPL (le 01/03/2016)

Lecture

On remarque 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

On prend quelque goutte de l'échantillon précédemment analysé à l'aide d'une pipette stérilisée et on les met dans le milieu shoubert de couleur transparente puis on les met à l'incubateur pendant 24 heures à 44°C.



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

Lecture

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

Confirmation de la présence des coliformes fécaux

On ajoute quelque gouttes de Kovacks, on remarque l'orient rouge en anneau du tube donc on confirme la présence de l'*Escherichia coli*.

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.



Figure 8 : les tubes du milieu ROTHE (le 01/03/2016)

Lecture

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

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

On remarque que le milieu trouble et une pastille au fond du tube donc on confirme la présence des streptocoques fécaux.

**Détermination de la demande biochimique en oxygène
DBO₅****Système de mesure OxiTop**

*Les mesures de la DBO₅ 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 (DBO₅) 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 représentatifs.

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 DBO₅ 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 DBO₅ 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 CO₂ 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 1 heure), 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 DBO₅ s'exprime en mg d'O₂/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 DBO₅ 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 DBO₅ se situe en dessous de celle de la DCO.

Détermination de la demande chimique en oxygène DCO

La détermination de la DCO et des MES a été effectuée au niveau du laboratoire du traitement des eaux de la faculté de Technologie-Université de Tlemcen – Chetouane.



(Le 12/04/2016)

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 « $K_2Cr_2O_7$ » en milieu acide dans une solution portée à ébullition à reflux pendant

2 heures en présence d'ions 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 $105C^\circ$ ECO6, les équipements nécessaires sont les suivantes :

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

d) Réactifs

- Solution de dichromate de potassium ($K_2Cr_2O_7$) à 0,04 mol/L et contenant du sulfate de mercure (II),
- Solution d'acide sulfurique,
- Solution sulfate d'argent,
- Solution sulfate de fer ferreux et d'ammonium (sel de Mohr) $[(NH_4)_2Fe(SO_4)_2 \cdot 6H_2O]$ à 0,12 mol/L,
- Solution indicateur Féroïen.

e) Préparation des réactifs:**1- Solution de dichromate de potassium ($K_2Cr_2O_7$) 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 (H_2SO_2) concentré ($\tilde{n} = 1,84$),
- Laisser refroidir et ajouter 11,767 g de dichromate de potassium préalablement séché à 105 °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 (Ag_2SO_4) à 40 ml d'eau distillée ;
- Mélanger avec 960 ml d'acide sulfurique (H_2SO_2) concentré ($\tilde{n} = 1,84$) ;
- Agiter et laisser refroidir.
- Laisser reposer 1 à 2 jours.

3- Solution de sulfate de fer (II) et d'ammonium (sel de Mohr) $[(NH_4)_2Fe(SO_4)_2 \cdot 6H_2O]$ 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 (H_2SO_2) concentré ($\tilde{n} = 1,84$),
- Laisser refroidir et diluer à 1000 ml.

4- Solution d'indicateur coloré (Féroïne) :

- 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 distillé 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'O₂/L est donnée par la formule suivante :

$$\text{DCO} = 8000 * C_{\text{Fe}} * (V_{\text{T}} - V_{\text{E}}) / E$$

C_{Fe} : 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_{T} : Volume en ml de la solution de sulfate de fer (II) et d'ammonium titré pour l'essai à blanc,

V_{E} : 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 O₂.

Détermination des matières en suspension MES



(Le 13/04/2016)

a) Définition

Ce sont des particules solides très fines et généralement visibles à l'oeil nu, théoriquement, elles ne sont ni solubilisées, ni à l'état colloïdale. Elles déterminent la turbidité de l'eau. Elles limitent la pénétration de la lumière dans l'eau, diminuent la teneur en oxygène dissous et nuisent au développement de la vie aquatique.

Ces matières sont en relation avec la turbidité, leur mesure donne une première indication sur la teneur en matière colloïdale d'origine minérale ou organique.

b) Principe

L'eau est filtrée et le poids de matières retenues par le filtre est déterminé par pesées différentielles.

c) Mode opératoire

- On pèse le papier filtre soit (M_1),
- Mettre le dispositif de filtration en marche avec le volume de la prise d'essai 10 ml (V) d'eau brute et on verse le tout sur le papier filtre.
- Mettre le papier filtre dans une étuve à $(105 \pm 0,5) ^\circ\text{C}$ jusqu'à évaporation total de l'eau.
- Refroidir dans le dessiccateur puis on pèse la 2^{ème} fois le papier filtre (M_2).

d) Expression des Résultats

La teneur en MES est calculée à partir de la formule suivante :

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

ANNEXE 02

**Réglementation algérienne relative aux valeurs limites des
Rejets d'effluent liquides industriels et des eaux superficielles et souterraines.**

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

DBO₅ : Demande biologique en oxygène pour une période de cinq (5) jours

DCO : Demande chimique en oxygène

MES : Matière en suspension

ANNEXE

Objectifs de qualité des eaux superficielles et souterraines destinées
à l'alimentation en eau potable des populations

Groupes de paramètres	Paramètres	Unité	Valeur maximale	
			Eaux superficielles	Eaux souterraines
Paramètres organoleptiques	Couleur	mg/l Echelle Pt	200	20
	Odeur (taux dilution à 25°)	—	20	3
Paramètres physico-chimiques en relation avec la structure naturelle des eaux	Chlorures	mg/l Ci	600	500
	Concentration en ions hydrogène (pH)	Unité pH	≥ 6,5 et ≤ 9	≥ 6,5 et ≤ 9
	Conductivité	μS/cm à 20°C	2800	2800
	Demande biochimique en oxygène (DBO 5)	mg/l O2	7	< 3
	Demande chimique en oxygène (DCO)	mg/l O2	30	—
	Matières en suspension	mg/l	25	25
	Sulfates	mg/l SO4	400	400
	Taux de saturation en oxygène dissous	% O2	30	> 70
	Température	°C	25	25
	Ammonium	mg/l	4	0,5
Paramètres chimiques	Baryum	mg/l	1	0,7
	Bore	mg/l	1	1
	Fer dissous	mg/l	1	0,3
	Fluor	mg/l	2	1,5
	Manganèse	mg/l	1	0,05
	Nitrates	mg/l NO3	50	50
	Phosphore	mg/l	10	5
	Arsenic	μg/l	100	10
	Cadmium	μg/l	5	5
	Chrome	μg/l	100	50
	Cuivre	Mg/l	2	0,05
	Cyanures	μg/l	100	50
	Mercure	μg/l	10	6
	Plomb	μg/l	50	10
	Sélénium	μg/l	50	10
	Zinc	mg/l	5	5
	Hydrocarbures polycycliques aromatiques	μg/l	1	0,2
	Hydrocarbures dissous	μg/l	1000	10
	Phénols	μg/l	2	0,5
	Agents de surface	mg/l	0,5	0,2
Azote Kjeldhal	mg/l	3	1	
Pesticides	μg/l	1	0,5	
Paramètres microbiologiques	Escherichia coli	n/100ml	20.000	20
	Entérocoques	n/100ml	10.000	20
	Salmonelles	—	Absence dans 1000 ml	Absence dans 5000 ml

- [01] : MEDAFER F &KHEMISSI R, 2014 - Caractérisation et choix d'une filière de traitement des déchets ménagers et assimilés de la ville d'Oran (Région Ouest). Mémoire de fin d'études, Université des Sciences et de la Technologie d'Oran Mohamed Boudiaf, Faculté de Chimie-Département de Chimie Organique Industrielle. 125 p.
- [02]: BELLE E,2008 - Évolution de l'impact environnemental des lixiviats d'ordures ménagères sur les eaux superficielles et souterraines, approche hydrobiologique et hydrogéologique. Site d'étude : décharge d'Étueffont (Territoire de Belfort – France). Thèse de Doctorat, Université de Franche-Comté,250 p.
- [03]:Sidi Ould Aloueimine, 2006 - Méthodologie de caractérisation des déchets ménagers à Nouakchott (Mauritanie) : contribution à la gestion des déchets et outils d'aide à la décision, Thèse de doctorat, Université de Limoges, 195p.
- [04] : DJEMACI B, 2012- La gestion des déchets municipaux en Algérie : Analyse prospective et éléments d'efficacité, thèse de Doctorat, Université de Rouen.393 p.
- [05] : <http://www.amblans-et-velotte.fr/index.php?IdPage=1349182733>
- [06] : BERTHE C, 2006 - Etude de la Matière Organique contenue dans des lixiviats issus de différentes filières de traitement des déchets ménagers et assimilés. Thèse de Doctorat, Université de Limoges.196 p.
- [07] : <https://www.djazairess.com/fr/latribune/34960>
- [08]: DPPR/SEI/BARPI/EB/IN040623, 2005 - L'accidentologie dans les installations de stockage de déchets ménagers et assimilés, 10 p.
- [09]: DEBABES & BENOUARRED M, 2012 - Contribution au traitement des lixiviats du centre d'enfouissement technique d'El Ançor (Oran). Mémoire de Master, 2012.
- [10]: OUADJENIA.F, 2004 - Caractérisation des déchets ménagers de la ville de Mostaganem pour une meilleure filière de valorisation, Thèse de Magister, Université Mostaganem,
- [11] : Guide d'exploitation des CET pour la gestion des CET en Algérie.
- [12] : http://www.bbertholon.com/julien/cet/classe2_fichiers/image002.jpg(Consulté le 17 janvier 2016 à 18 :30 h)
- [13] : 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'Étueffont (Belfort, France), Thèse de Doctorat, Institut des Sciences de l'Environnement, Université de Franche Comté. 167 p
- [14] : GLANDIER S, 2002 - Risques sanitaires liés aux fuites de lixiviats des centres de stockage des déchets ménagères et assimilés, Mémoire de fin d'études, l'École Nationale de la Santé Publique, 92 p.
- [15] : TREBOUET D., BERLAND A., SCHLUMPJ. P., JAOUEN P et QUEMENEURF., 1998.- Traitement de lixiviats stabilisés de décharge par des membranes de Nanofiltration, Revue des sciences de l'eau, Journal of Water Science, vol. 11, n° 3, 1998, p 365-382.
- [16] : E.P.W.G/CET Tlemcen (Etablissement Public de Wilaya de Gestion des Centres D'enfouissement Technique de Wilaya De Tlemcen), 2015.
- [17] : COLIN, F., Étude des mécanismes de la genèse des lixiviats. Inventaire et examen critique des tests de laboratoire, Nancy IRH - Rapport RH 84-136, 1984.
- [18] :GOPLAN, 2006 - Rapport technique environnementale analyse des lixiviats de diverses décharges en Algérie et proposition des mesures de traitement.

- [19] : Ingenieuresellschaft Prof. Czurdaund Partner mbH, Rapport final de l'étude de faisabilité relatif à l'amélioration de la gestion de la décharge publique de Tanger, Octobre 2006, 85 pages.
- [20] : 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.
- [21]:<http://cniid.org/Les-risques-sanitaires-et-environnementaux>,18 (Consulté le 17 janvier 2016 à 19 :30 h).
- [22] : AGRANDISSEMENT DE BFI (secteur Nord) Mémoire déposé aux audiences publiques du BAPE Par la Direction de santé publique de la RRSSS de Lanaudière Service de santé environnementale, 04 Mars 2003, 33 pages.
- [23] : KEHILAY., AINA, MEZOUARIF., G. MATEJKA, D. MAMMA, Quelles perspectives pour l'enfouissement technique et le stockage éco-compatible des résidus solides dans les PED vis-à-vis des impacts sur l'hydrosphère urbaine ?, Actes des JSIRAUF, Hanoi, 6-9 novembre 2007, 10 p.
- [24] :http://www.memoireonline.com/07/13/7228/m_Impact-des-ouvrages-de-genie-civil-sur-lenvironnement-cas-de-la-decharge-finale-des-dechets-d48.html (Consulté le 17 janvier 2016 à 21:50 h).
- [25] :<http://serviceenvironnementdescramades.fr/traitement-des-dechets/traitement-des-lixiviats/> (Consulté le 23 janvier 2016 à 20:00 h)
- [26]: <http://www.simamspa.it/fr/systeme-osmose-inverse/> (Consulté le 27 janvier 2016).
- [27] : Caractérisation qualitative et quantitative des émissions des centres de stockage des déchets, 2005, Site web : www.invs.sante.fr/publications/2005/dechets/pdf/2-1.pdf
- [28] : <http://www.djazairss.com/fr/lnr/220933> (Consulté le 31 janvier 2016).
- [29] : http://www.memoireonline.com/06/11/4587/m_Reflexion-sur-la-caracterisation-physico-chimique-des-effluents-liquides-rejetes-dans-la-grande-s8.html (Consulté le 22 Mars 2016)
- [30] : Amhoud S., (1997). Apports de la géologie et de l'hydrogéologie à l'étude de l'impact de la décharge d'oued Akrech sur les ressources en eau. Ph.D. Thèse. 3ème cycle, Univ. Mohamed V. Rabat. Maroc, 204 p.
- [31] : Chofqi A. (2004). Mise en évidence des mécanismes de contamination des eaux souterraines par les lixiviats d'une décharge incontrôlée (El Jadida Maroc) : Géologie, hydrogéologie, Géo- électrique, Géochimie et Epidémiologie. Univ-Chouaib Doukkai Fac des sci. El Jadida.
- [32] : Kerbachi R., Belkacemi M., (1994). Caractérisation et évolution des lixiviats de la décharge de Oued Smar à Alger.T.S.M- L'eau, N°11, p.615-618.
- [33] : MEHDI MEKAIKIA Mokhtaria, Courrier du Savoir N°08, Caractéristiques de la décharge publique de la ville de Tiaret et son impact sur la qualité des eaux souterraines, Faculté des Sciences Agronomiques et Vétérinaires, Université de Tiaret, Algérie, Juin 2007, pp.93-99.