

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE
MINISTRE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE
SCIENTIFIQUE



UNIVERSITE SALAH BOUBNIDER, CONSTANTINE 03
FACULTE DE GENIE DES PROCEDES
DEPARTEMENT DE GENIE DES PROCEDES DE L'ENVIRONNEMENT

N° d'ordre :... ..

Série :... ..

Mémoire

PRESENTE POUR L'OBTENTION DU DIPLOME DE MASTER
EN GENIE DES PROCEDES
OPTION : GENIE DES PROCEDE DE L'ENVIRONNEMENT

CARACTERISATION ET TRAITEMENT DES LIXIVIATS

Présenté par :

- **LAKHAL Ramzi**
- **MENACER Aziz**

Dirigé par :

Mr. Drif Seif Eddine

Session : Juin

2017-2018

**Annexe de l'arrêté n° 933 du 28 juillet 2016
Fixant les règles relatives à la prévention et la lutte contre le plagiat**

République Algérienne Démocratique Populaire

Établissement de l'enseignement supérieur :

Formulaire de déclaration sur l'honneur

**Relatif à l'engagement pour respecter les règles d'authenticité scientifique
dans l'élaborations d'un travail de recherche**

Je soussigné,

(étudiant,enseignantchercheur,chercheurpermanent)

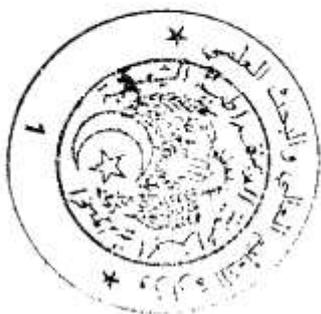
.....
Détenteur d'une carte d'étudiant N°délivrée le.....

Inscrit à la Faculté.....Département.....

Et chargé de préparer un mémoire de fin d'étude, master, magistère, thèse de doctorat.

Soustré :

.....
Déclare sur l'honneur, m'engager à respecter les règles scientifiques, méthodologiques,
et les normes de déontologie professionnelle et de l'authenticité académique requise
dans l'élaboration du projet de recherche suscité.



(Lieu), le.....

Signature

Dédicace

Je dédie aimablement ce modeste travail a :

Ceux qui m'ont soutenu tout a long de mes études ; qui m'ont
Toujours poussé vers le chemin de savoir.ma source d'amour
D'affection ; les deux êtres les plus chers au monde ; mes parents.

Toutes les deux familles **LAKHAL** et **MENACER**.

Tous mes cousins et cousines. Tous mes ami(e)s et toutes les ingénieures des
laboratoires

Ma promotion et tous ceux qui j'ai oublié involontairement.

RAMZI

AZIZ.

Remerciements

Remercier, c'est le plaisir de souvenir de tous ceux qui, par leurs encouragements, leur disponibilité, leur amitié et leur Compétences, ont su créer ambiance de travail qui m'a permis de finaliser ce mémoire.

Je tiens à remercier mon encadreur : **Mr. Drief seif eddin**

Pour ses aides, ses remarques et ses conseils.

Mes remerciements vont également aux étudiants de ma promotion

Enfin, mes derniers remerciements vont à l'ensemble de la famille enseignante de département : DEPARTEMENT DE

GINIE ENVIRENEMENT

A tous ceux qui du pres ou de loin, ont contribue a la réalisation de ce mémoire

SOMMAIRE :

Introduction générale.....	1
 Chapitre I : Généralités sur les déchets et leurs gestions	
I.1.Introduction.....	3
I.2.Définition d'un Déchet.....	3
I.3. Gestion des déchets.....	3
I.4. Centre d'enfouissement technique (CET).....	5
I.4.1. Définition.....	5
I.4.2. Les différents types de CET.....	5
I.4.3. Nuisances générées par un CET.....	6
I.4.4. Dégradation des déchets dans les CET.....	6
I.4.4.a. Présentation d'un centre d'enfouissement technique.....	6
 Chapitre II : Généralités sur les lixiviats	
II. Lixiviats.....	9
II.1. La lixiviation et les lixiviats de décharges.....	9
II.2. Production des lixiviats.....	9
II.3. Chimie des lixiviats.....	10
II.4. Lixiviation en gestion environnementale.....	10
II.5. Composition des lixiviats.....	11
II. 6. Phénomènes mis en jeu lors de la production de lixiviats.....	13
II.7. Différents paramètres influant sur les lixiviats.....	15
II.7.1. Influence du climat et de l'hydrogéologie sur le lixiviats.....	15

II.7.2 Influence de la surface d'exploitation et de la hauteur des déchets sur les lixiviats.....	15
II.7.3. Influence du compactage sur les lixiviats.....	16
II.7.4. Influence de la couverture sur les lixiviats.....	16
II.8. Age des lixiviats.....	16
II.8.1. Lixiviats jeunes.....	16
II.8.2. Lixiviats stabilisés.....	17
II.8.3. Lixiviats intermédiaires.....	17
II.9. Impact du lixiviats sur l'environnement et la santé humaine.....	18
II.9.1. Sur l'environnement.....	18
II.9.2. Sur la santé humaine.....	19
II.10. Réglementation relative aux lixiviats.....	19

Chapitre III : Procédés de traitement des lixiviats

III.1. Procédés physico-chimiques.....	21
III.1.1. Coagulation-floculation.....	21
III.1.1.1.Coagulation.....	22
a. Définition.....	22
b. Notion de charges électriques et de double couche.....	22
c. Facteurs influençant la coagulation.....	23
III.1.1.2. Floculation.....	25
a. Définition de la floculation.....	25
b. Flocculant.....	25
c. Mécanismes régissant le phénomène de floculation.....	26
III.1.2. Précipitation chimique.....	26

a. Précipitation par le MAP (Mg/NH ₄ ⁺ /PO ₄ ³⁻ : Magnésium/Ammonium/Phosphate).....	27
b. Précipitation par la chaux.....	27
III.1.3. Autres Traitements.....	27
III.1.3.1. Filtration sur charbon actif.....	27
III.1.3.2. Oxydation par l'ozone.....	28
III.1.3.3. Traitement membranaires.....	28
a. Osmose inverse.....	28
b. Nanofiltration (NF).....	29
c. Ultrafiltration.....	29
d. Microfiltration (M.F.).....	29
III.2. Traitement biologiques.....	30
III.2.1. Lagunage.....	30
III.3. Combinaisons de traitements.....	31

Chapitre IV : Etude expérimentale du traitement Des lixiviats du CET de ELHARIA

IV.1. Caractérisation des lixiviats.....	35
IV.1.1. Centre technique d'enfouissement d'ELHARIA (ben badis).....	35
IV.1.2. Point de prélèvement des lixiviats.....	36
IV.1.3. campagne de prélèvement d'échantillon des lixiviats.....	37
IV.1.4. Méthode d'analyse des paramètres de pollution.....	37
IV.2. Caractérisation des lixiviats d'ELHARIA.....	38
IV.2.1. Interprétation.....	39
IV.3. Traitement des lixiviats d'ELHARIA.....	44
IV.3.1. Traitement par coagulation – floculation.....	44

IV.3.1.1. Optimisation de la dose de coagulant.....	45
IV.3.1.2. Optimisation du pH.....	46
IV.3.2. combinaison de la coagulation-adsorption sur charbon actif	47
IV.3.2.1. optimisation de la dose de charbon actif.....	47
IV.4. Caractérisation du lixiviat après traitements.....	50
IV.5. Discussions des résultats.....	50
VI.6 Comparaison des résultats avec des autres sites.....	51
Conclusion générale	53

Liste des figures

Liste des figures

Figure I.1	la chaine de la gestion des déchets.....	4
Figure I.2	évaluation du déchet dans un CET.....	7
Figure I.3	une coupe dans une cellule d'enfouissement.....	8
Figure II.1	Les différentes voies de décomposition anaérobie de la matière organique.....	13
Figure III.1	Schématisation de la double couche et du potentiel Zêta.....	23
Figure IV.1	CET d'Elharia sur Google carte.....	36
Figure IV.2	Schéma de la décharge montre le point de prélèvement.....	36
Figure IV.3	Évolution de l'élimination de la DCO en fonction de la masse de $FeCl_3$	45
Figure IV.4	Évolution de l'élimination de la DCO en fonction du pH.....	46
Figure IV.5	Traitement par coagulation –floculation a différent pH.....	47
Figure IV.6	Évolution de l'élimination de la en fonction de la masse de charbon actif.....	48
Figure IV.7	Dégradation de la couleur après traitement par coagulation-floculation.....	49

Liste des tableaux

Liste des tableaux

Tableau I.1: Nuisances générées par un CET.....	6
Tableau II.1: Caractéristiques physico-chimique d'un lixiviats moyen.....	12
Tableau II.2: Classement des lixiviats selon l'âge de la décharge.....	18
Tableau II.3: Valeurs limites appliquées aux rejets d'effluents liquides dans le milieu naturel.....	20
Tableau III.1: Efficacité de certains traitements uniques et combinés.....	32
Tableau III.2: Avantages et inconvénients des différents procédés.....	34
Tableau IV.1 : caractéristiques du casier réalisé.....	38
Tableau IV.2 : Principe et références des méthodes d'analyse.....	37
Tableau IV.3 : caractérisation des lixiviats d'ELHARIA.....	41
Tableau IV.4 : Influence de la dose du coagulant ($FeCl_3$) à pH = 5.....	45
Tableau IV.5 : Influence du pH (dose du coagulant m = 1.5 g).....	46
Tableau IV.6: Influence de la dose de charbon actif (pH = 5 et dose du coagulant ($FeCl_3$) m=1.5).....	48
Tableau IV.7 : présentation de la caractérisation des lixiviats après traitements.....	50
Tableau IV.8 : Comparaison avec le site d'Ouled-Fayet (Alger).....	51

Abréviations

CET : Centre d'enfouissement technique.

ED : Eau des Déchets

AGV : Acide Gras Volatile

pH : potentiel Hydrogène

COT: Carbone organique total

DBO : Demande Biochimique en Oxygène.

DBO₅ : Demande Biochimique en Oxygène pendant 5 jours.

DCO : Demande Chimique en Oxygène.

DCO_i : Demande Chimique en Oxygène initiale

DCO_f : Demande Chimique en Oxygène finale

MES : Matière en suspension.

MVS : Matière volatile sèche

NO₃⁻ : ions des Nitrates

NO₂⁻ : ions des Nitrites

SO₄⁻² : ions des Sulfates

PO₄³⁻ : ions des Ortho phosphates

NTU: Turbidité unité NTU (Nephelometric Turbidity Unit).

BRM : Bio réacteur à membranes.

ERT : Evapotranspiration Réelle

NF : Nano Filtration

UF : Ultra Filtration

MF : Micro Filtration

OI : Osmose Inverse

Introduction Générale

A l'origine, la mise en décharge constituait la technique d'élimination des déchets la plus utilisée dans le monde, facile à mettre en œuvre et relativement peu coûteuse. Dans les pays en développement, il s'agit principalement de décharges non contrôlées et à ciel ouvert, où tous les types de déchets (urbains, industriels hospitaliers et agricoles) sont rejetés à l'état brut et mélangé. L'un des problèmes majeurs associés à cette mise en décharge est la production d'effluents liquides riches en matières organiques et minérales appelés lixiviats ou communément "jus de décharge".

Les lixiviats de décharge sont des eaux usées complexes résultant de la percolation de l'eau de pluie à travers les déchets mais également de processus biologiques, physiques et chimiques ayant lieu au sein même de la décharge. Leur composition révèle notamment de hautes valeurs de conductivité, DCO, DBO₅, anions, cations, ammoniac, métaux lourds... et dépend de nombreux facteurs : composition des déchets, âge de la décharge, conditions météorologique, etc. Ils doivent impérativement être traités avant d'être rejetés dans l'environnement. Des techniques nouvelles de traitement des lixiviats ont fait leurs apparitions telle que les procédés membranaires, les procédés biologiques et les procédés physico-chimiques. Toutefois, l'efficacité de ces processus à l'échelle industrielle est limitée, principalement à cause de la forte charge polluante des lixiviats concernés. Un prétraitement approprié est nécessaire pour surmonter ces limitations. La précipitation chimique est la plus largement utilisée en raison de sa simplicité d'utilisation.

L'Algérie est classée pays en voie de développement, ce qui signifie en pleine Évolution économique, industrielle mais aussi démographique. En 2017, l'Algérie comptait 40,9 millions d'habitants, soit 17,2 habitants/km². Cependant ce chiffre reflète mal une répartition homogène : on estime que 96% de la population vit sur 17% du territoire essentiellement dans le nord du pays. [1]

Le problème majeur auquel est confronté le citoyen et les collectivités locales, est celui de la gestion des déchets urbains, car la croissance démographique l'urbanisation et le changement du niveau de vie conduisent forcément à l'augmentation des quantités de déchets rejetés. [1]

Introduction Générale

La décharge IBN BADIS est un Centre d'Enfouissement Technique construit selon des normes d'hygiène et de protection de l'environnement, afin d'éliminer au mieux les déchets et d'éviter au maximum les nuisances qu'ils engendrent. [2]

Dans cette étude, nous nous intéressons à la caractérisation et le traitement des lixiviats générés au niveau du C.E.T IBN BADIS. Ces traitements consistent en des Procédés physico-chimiques qui permettent de minimiser ou d'éliminer totalement la pollution et ses conséquences sur l'environnement et l'homme en particulier.

I.1.Introduction :

La gestion des déchets solides municipaux est l'un des problèmes cruciaux auxquels sont confrontées les autorités municipales des villes des Pays en développement. L'organisation de la collecte des déchets dans les quartiers et leur élimination, dans des conditions adéquates, ne sont que peu souvent assurées ce qui augmente les risques sanitaires auxquels sont soumises les populations.

I.2.Définition d'un Déchet :

La notion de déchet est très différente suivant l'approche que l'on adopte: réglementaire, environnementale, économique ou fonctionnelle .Dans notre cas, nous allons considérer l'approche réglementaire qui définit le déchet comme «tout résidu d'un processus de production, de transformation ou d'utilisation, toute substance, matériau, produit ou plus généralement tout meuble abandonné ou destiné à l'abandon par son détenteur» [3]. Mais depuis l'année 2001 et la parution de la Loi algérienne N°01-19 relative à la gestion, au contrôle et à l'élimination des déchets, la définition officielle est devenue : «tout résidu d'un processus de production, de transformation ou d'utilisation et plus généralement toute substance, ou produit et tout bien meuble dont le propriétaire ou le détenteur se défait, projette de se défaire, ou dont il a l'obligation de se défaire ou de l'éliminer» [3].

Autrement dit, un objet est déchet non pas seulement lorsque son détenteur le destine volontairement à l'abandon, mais également si, pour une raison de santé publique, son élimination est nécessaire [4].

I.3. Gestion des déchets :

La gestion des déchets dans les pays en développement (PED) rencontre de très nombreuses difficultés, tant du point de vue technique, économique, que méthodologique et organisationnel.

Les causes de ces difficultés sont connues, en premier lieu l'exode rural et la métropolisation des villes avec ses conséquences dans le domaine de l'habitat, de l'éducation, de la santé et de l'environnement, et en deuxième lieu la mauvaise gouvernance . Ainsi les collectivités locales qui sont en charge de la gestion des déchets sont confrontés à des problèmes de planification, de gestion et de financement.

La gestion des déchets, une des branches de la rudologie appliquée, regroupe la collecte, le transport, le traitement (le traitement des rebuts), la réutilisation ou l'élimination des déchets, habituellement ceux issus des activités

Dans le respect des principes définis plus haut à savoir, prévention, valorisation, transparence et organisation, le chef d'établissement définit une politique de gestion déchets qui implique :

- Le recensement de tout produit et matières entrant dans l'établissement
- L'inventaire exhaustif
- Le choix de la filière de traitement
- L'information et la formation des agents
- Les mesures de prévention
- Les conditionnements des déchets
- Les lieux de collecte
- Les lieux de stockage sur site
- Les contrats d'enlèvement avec les prestataires de services
- Les protocoles de sécurité
- Les ressources humaines nécessaires

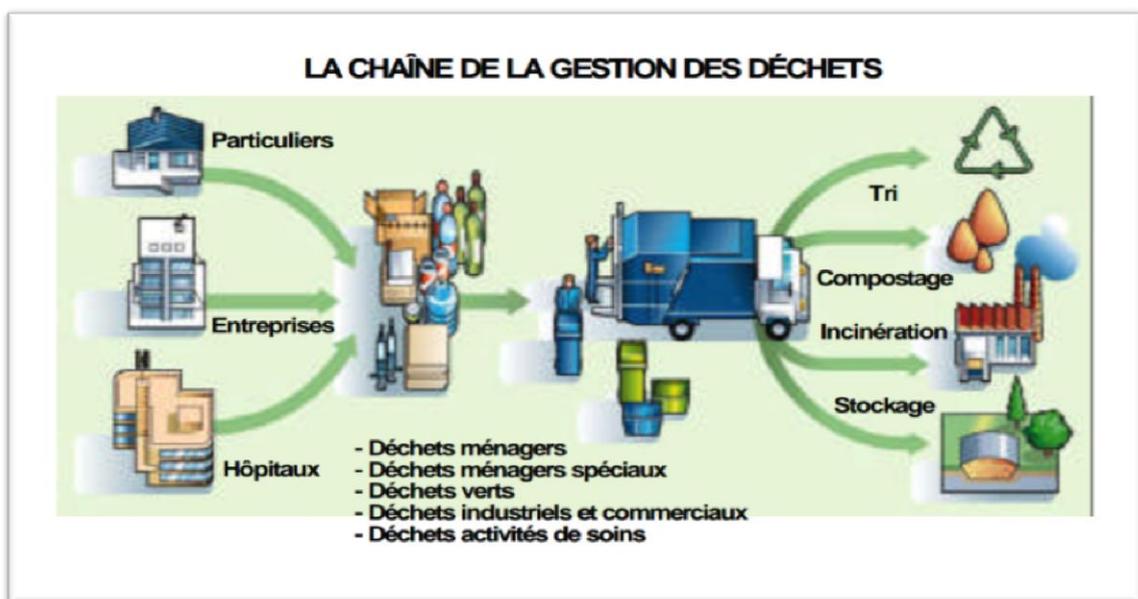


Figure I.1 la chaîne de la gestion des déchets

I.4. Centre d'enfouissement technique (CET) :**I.4.1. Définition :**

un CET est un ensemble composé de casiers, indépendants sur le plan hydraulique, où chaque casier est considéré un site d'élimination des déchets par dépôt des déchets dans la terre (sous-sol), cette terre est dotée par des barrières actives et passives pour assurer le drainage des lixiviats, « jus des déchets », dans des conduites vers des bassins spécifiques, qui a pour but de protéger le sol et la nappe phréatique contre la contamination par la charge polluante (organique) contenue dans les lixiviats. [2]

on définit les centres d'enfouissement technique comme «un site d'élimination des déchets par dépôt des déchets sur ou dans la terre (c'est-à-dire en sous-sol), y compris :

- Les décharges internes (les décharges où un producteur de déchets procède lui-même à l'élimination des déchets sur le lieu de production).

- Les sites permanents (pour une durée supérieure à un an) utilisés pour stocker temporairement les déchets, à l'exclusion :

- Des installations où les déchets sont déchargés afin de permettre leur préparation à un transport ultérieur en vue d'une valorisation, d'un traitement ou d'une élimination en un endroit différent.

- Du stockage des déchets avant valorisation ou traitement pour une durée inférieure à trois ans en règle générale.

- Du stockage avant élimination pour une durée inférieure à un an [5].

I.4.2. Les différents types de CET : [2]

- CET de classe I : pour les déchets dangereux (ex : boues de station d'épurations industrielles, déchets d'équipements électriques et électroniques (DEEE),...)
- CET de classe II : pour les déchets ménagers et assimilés « déchets assimilés » regroupent les déchets activités économiques.
- CET de classe III : pour les déchets inertes sont principalement des déchets minéraux produits par l'activité de construction (BTP, industrie de fabrication de produits de construction) : béton, tuiles et briques, agrégats d'enrobés, vitrage, ... etc.

I.4.3. Nuisances générées par un CET :

Le tableau I.1 présenter les Nuisances générées par un CET

Tableau I.1: Nuisances générées par un CET [2]

Nature des nuisances	Organique	Effets
Envols	Papiers, plastique ...	Gène visuel désagrément
Odeurs	Déchets, biogaz	Désagréments pour les riverains
Animaux	Attrait nutritif des déchets	Bruit, déjections sur habitations des riverains, vecteurs de maladies
Incendies	Déchets incandescents	Danger pour les personnes sur le site, nuisances olfactives
Explosions	Accumulation de biogaz	Danger pour les personnes sur le site
Dégradation paysagère	Implantation d'une décharge	Appauvrissement paysager, mauvais pour les riveraines et le tourisme
Pollution du sol et des eaux	Lixiviats	Dégradation du milieu naturel, transmission de maladies ...
Effet de serre	Biogaz (CH ₄ – CO ₂)	Modification du climat
Risque sanitaires	Microorganismes	Diarrhées, allergies, maladies de peau

I.4.4. Dégradation des déchets dans les CET :

I.4.4.a. Présentation d'un centre d'enfouissement technique

Un centre d'enfouissement technique constitue un réacteur complexe avec des flux de solides, de liquides et de gaz. Les déchets, les lixiviats et les biogaz constituent les trois compartiments du système. Ils sont indissociables et interagissent tout au long de la dégradation des déchets [6].

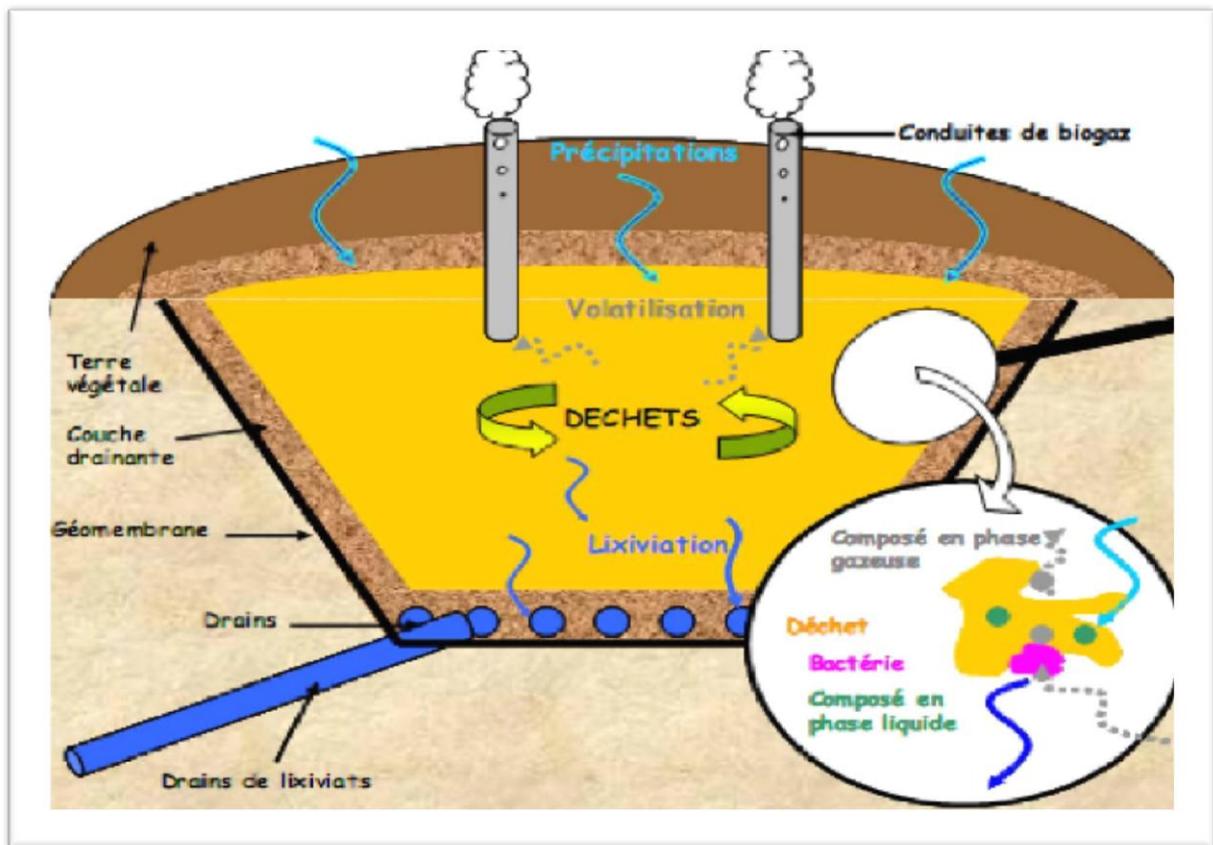


Figure I.2 évaluation du déchet dans un CET

Les décharges sont des zones sur lesquelles on dépose des déchets domestiques et des déchets industriels

Ces vingt dernières années, on a passé de la décharge sauvage à la décharge contrôlée.

Maintenant, on ne dit plus décharge, on dit centre d'enfouissements technique de classe II (les déchets ménagers et assimilés), quand on y reçoit des déchets domestiques ou industriels banals et classe I. quand on y reçoit des déchets industriels dangereux.

Les décharges, au début étaient faites en dépit du bon sens, et surtout, sans aucun souci de protection des eaux souterraines ou des sols, sans aucune précaution, non plus quant aux gaz de fermentation qui s'en échappaient ...il n'est pas tout à fait sûr que la formation de gaz fut même suspectée.

On ne peut pas passer sous silence le fait que la plupart des pays industrialisés ont long temps failli au plan de gestion de leurs déchets et cela a conduit, qu'en bien des endroits, la situation de certains entassements est non seulement catastrophique, mais a fait ingérable.

Les décharges contrôlées apportèrent un mieux, principalement en matière d'imperméabilisation du substrat récepteur et de protection des eaux souterraines.

Maintenant, le tri sélectif, le classement des déchets selon leur capacité de recyclage, leur devenir ou le fait qu'il faille les considérer comme des déchets ultimes (en théorie, les seuls qu'on peut mettre en décharge) ont beaucoup fait avancer la question de leur gestion.

Les solutions techniques d'imperméabilisation des sols, de récupération des biogaz ou de traitement des eaux de lixiviation ont beaucoup amélioré, la qualité du stockage dans les centres d'enfouissement.

Bien entendu, les exigences techniques ne sont pas les mêmes selon que l'on traite des déchets industriels dangereux ou de déchets domestiques banals, des déchets hospitaliers non hygiénistes ou des restes de gazon.

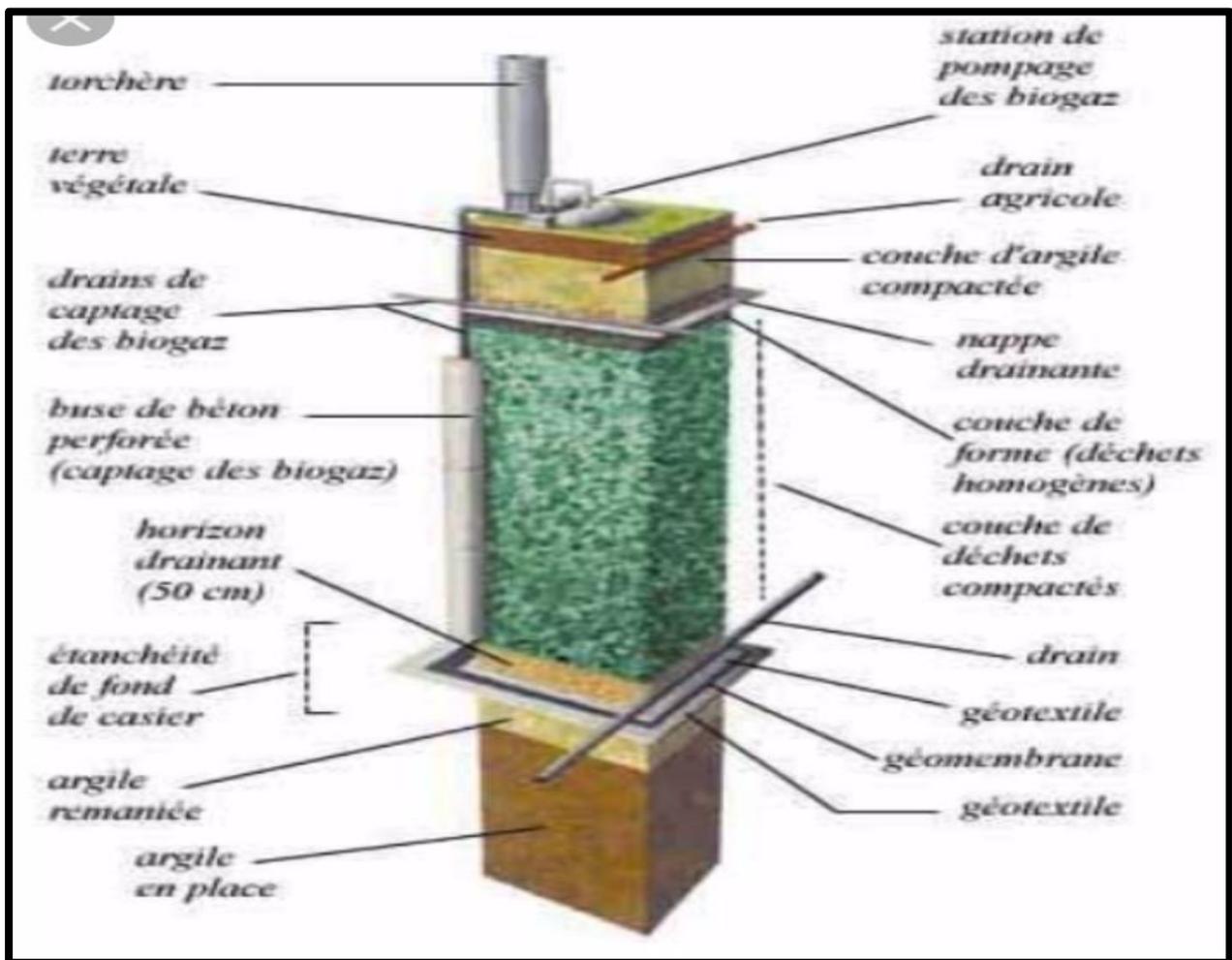


Figure I.3 : une coupe dans une cellule d'enfouissement

II. Lixiviat :

II.1. La lixiviation et les lixiviats de décharges :

La lixiviation est une technique d'extraction de produits solubles. Elle consiste à faire passer lentement un liquide à travers un solide en poudre. Le liquide ainsi obtenu est appelé lixiviats.

La lixiviation est très utilisée dans l'industrie minière et dans le domaine de l'altération des matériaux du fait que cette dernière soit le phénomène de lessivage d'éléments solubles.

En gestion environnementale, le phénomène de lixiviation est le processus au cours duquel l'eau s'infiltre dans un site de stockage et se charge de matières dangereuses comme les métaux lourds, finissant ensuite dans la nappe phréatique par ruissellement. Le phénomène est très présent dans toutes les anciennes décharges ménagères et industrielles où les déchets n'ont pas été stockés dans un environnement imperméable ou avec un processus de traitement du ruissellement.

Le lixiviat de décharge est donc défini comme étant l'eau qui percole à travers les déchets en se chargeant bactériologiquement et chimiquement de substances minérales et organiques. Ce « jus de décharge » résulte donc de la solubilisation de composés lors de la percolation non uniforme et intermittente de l'eau à travers la masse de déchets. [7]

La genèse du lixiviat est donc la conséquence de l'infiltration dans la masse de déchets des eaux de pluie, des eaux de ruissellement, des 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. Ce percolât est donc un effluent complexe caractéristique de la décharge dont il est issu [8]. Cette pollution qui peut continuer 30 – 50 ans après la clôture du site, voire même perdurer toute la vie de celui-ci, est essentiellement de type organique, azoté et minéral. [9]

II.2. Production des lixiviats :

La production des lixiviats varie selon :

- la nature du déchet (plus ou moins soluble, hétérogène et toxique, poudreux ou vitrifié...) ; il s'agit souvent d'ordures ménagères, de déchet industriel, de déchets de construction, de cendres ou mâchefers ou de poussières issues de filtration.

- la vitesse de percolation de cette eau, et selon le chemin parcouru par elle dans les déchets.
- La quantité de précipitation (ou la fréquence de phénomène d'inondation ou remontée de nappe) sur le lieu d'implantation du site d'enfouissement ou à son amont ;
- La surface au sol, en effet pour le même tonnage un site étendu produira plus qu'un site avec une hauteur de déchet plus importante.
- La forme du site (qui facilite ou non le ruissellement et la stagnation des eaux).

Les déchets organiques doivent être humides pour pouvoir se dégrader, la mise en place d'une couverture étanche (type géo membrane) doit être accompagnée d'une humidification artificielle du massif de déchet par recirculation des lixiviats par exemple. [10]

II.3.Chimie des lixiviats :

La composition chimique des lixiviats varie fortement selon le type de déchet enfoui (déchets biodégradables ou non biodégradables, organiques ou inorganiques, toxique ou écotoxique ou pas. [10]

Les lixiviats sont généralement caractérisés par les paramètres comme le pH, la conductivité, l'azote global (forme ammoniacale majoritaire), la DBO, la DCO et leurs contenus en métaux et métalloïdes toxiques ou indésirables. La DBO et la DCO sont les paramètres qui indiquent la concentration en matière organique. Typiquement sur les lixiviats en provenance de déchets de type ordure ménagère, il y a une phase après la mise en place du déchet de production de lixiviats acides avec des pH compris entre 4,5 et 7,5 ce qui tend à solubiliser les métaux; en phase de vieillissement le massif de déchet va produire un pH plus basique compris entre 7,5 et 9 et la concentration en métaux diminue. [10]

II.4. Lixiviation en gestion environnementale :

Comporter comme un bioréacteur. La présence d'humidité accélère la biodégradation, avec formation de méthane en condition anoxique. Le phénomène de lixiviation désigne le processus de percolation d'eau dans un sol pollué (ex : sol agricole pollué par des pesticides ou nitrates) ou au travers d'un site de stockage (ex : décharge industrielle, municipale...). Lors de cette percolation, l'eau se charge de matières toxiques et/ou écotoxiques comme des nitrates, pesticides, dioxines, furanes, métaux lourds et certains métalloïdes toxiques (arsenic par exemple). Sauf en cas d'étanchéité totale d'un confinement, le lixiviats finit par aboutir dans la nappe phréatique, ou dans un cours d'eau ou une nappe superficielle (par ruissellement,

capillarité, etc.). Les toxiques peuvent alors être concentrés et/ou bio disponibles pour les racines des arbres et autres plantes, les champignons, certains animaux qui peuvent le bio-accumuler, et contribuer à sa concentration dans la chaîne alimentaire.

Ce phénomène concerne tout déchet non-inerte, et toutes les anciennes décharges de déchets ménagers et/ou banals ou industriels ou radioactifs et partout où des déchets n'ont pas été stockés dans un environnement totalement confiné ou naturellement imperméable ou avec un système efficace de récupération et traitement des lixiviats. Les couches de déchets forment un milieu poreux plus ou moins complexe et hétérogène selon le type de déchet. La décharge peut alors se tenter de calculer à quelle vitesse et en quelles quantités le lixiviat sera produit, ce type de milieu semble pouvoir être grossièrement modélisé et si l'on connaît les principaux paramètres du substrat de déchets (porosité, perméabilité, courbe de rétention, température, volume, pH, etc.). L'absence d'oxygène peut renforcer la toxicité de certains composés (le mercure est par exemple alors méthyle en méthyl mercure beaucoup plus toxique).

La phytolixiviation est une technique permettant d'extraire des métaux lourds par des substances chimiques complexant et puis de les phytofixer dans des casiers filtrants. [11]

II.5. Composition des lixiviats :

La composition du lixiviat est fortement liée aux mécanismes physico-chimiques et biologiques se déroulant dans la décharge. Les principaux paramètres influençant la composition du lixiviat sont [8, 12 et 13] :

- 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 ;
- l'âge de la décharge.

La gamme de la composition des lixiviats d'ordures ménagères est très large et varie beaucoup d'une décharge à une autre et est parfois contradictoire à long terme.

La fraction minérale est constituée essentiellement de sels : chlorures, sulfates, bicarbonates de potassium, sodium et ammonium, alors que la partie organique est liée à l'âge de la décharge. Si

les jeunes décharges sont caractérisées par la dominance des acides gras volatils (AGV), surtout les acides acétiques, propioniques et butyriques, ce sont des substances assimilées aux composés fulviques et humiques qui prédominent dans les lixiviats âgés [14 et 15] :

➤ **Les principaux groupes de polluants caractérisant le lixiviats**

Les lixiviats de la plupart des enfouissements contiennent des concentrations en contaminants qui dépassent le critère de qualité pour les eaux de surface et les eaux potables et qui présentent ainsi un risque environnemental élevé. Ces contaminants se classent en quatre groupes de polluants à savoir [8 et 16] :

- 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.

Le tableau (II.1) nous donne quelques caractéristiques physico-chimiques pour lixiviats. [17]

Tableau II.1. Caractéristiques physico-chimique d'un lixiviats moyen [17]

PARAMETRES	TENEURS	POLLUTION ENGENDREE
DCO	5000 mg/l	Pollution organique
DBO ₅	2500 mg/l	
COT	1700 mg/l	
Fe^{2+}	900 mg/l	Pollution due aux Métaux lourds
Mn^{2+}	25 mg/l	
Zn^{2+}	10 mg/l	
Autres métaux	< 10 mg/l	
Co; Ni; Cu; Cr; Pb; As; Hg		
Na^+ ; K^+	3000 mg/l	pollution saline
Ca^{2+} ; Mg^{2+}	2000 mg/l	
Cl^- ; SO_4^{2-}	5000 mg/l	
Phosphore total	700 mg/l	
MES totales	500 mg/l	pollution environnementale
Couleur	Noirâtre	
Odeur	Nauséabonde	

II. 6. Phénomènes mis en jeu lors de la production de lixiviats :

D'une manière générale, la formation du lixiviat à partir des déchets met en jeu une grande diversité de phénomènes, résultant essentiellement du mode d'exploitation du centre de stockage (hauteur de déchets, nature et qualité des déchets, surface exploitée, compactage, âge des déchets et de l'infiltration des eaux).

Ces différents phénomènes peuvent se répartir en deux catégories :

□ Les mécanismes physico-chimiques : l'évolution du pH, du pouvoir tampon, de la salinité et du potentiel d'oxydo-réduction des percolats est le résultat des mécanismes chimiques de solubilisation, complexation, oxydo-réduction, adsorption, neutralisation et transfert de matière. [18]

□ Les processus biologiques : grâce à l'action biochimique des enzymes sécrétées par les micro-organismes du milieu lors des différentes phases (hydrolyse, acétogénèse, acidogénèse, méthanogénèse), la fraction organique de déchets est dégradée. [19]

La figure II.1 résume le déroulement des différentes phases.

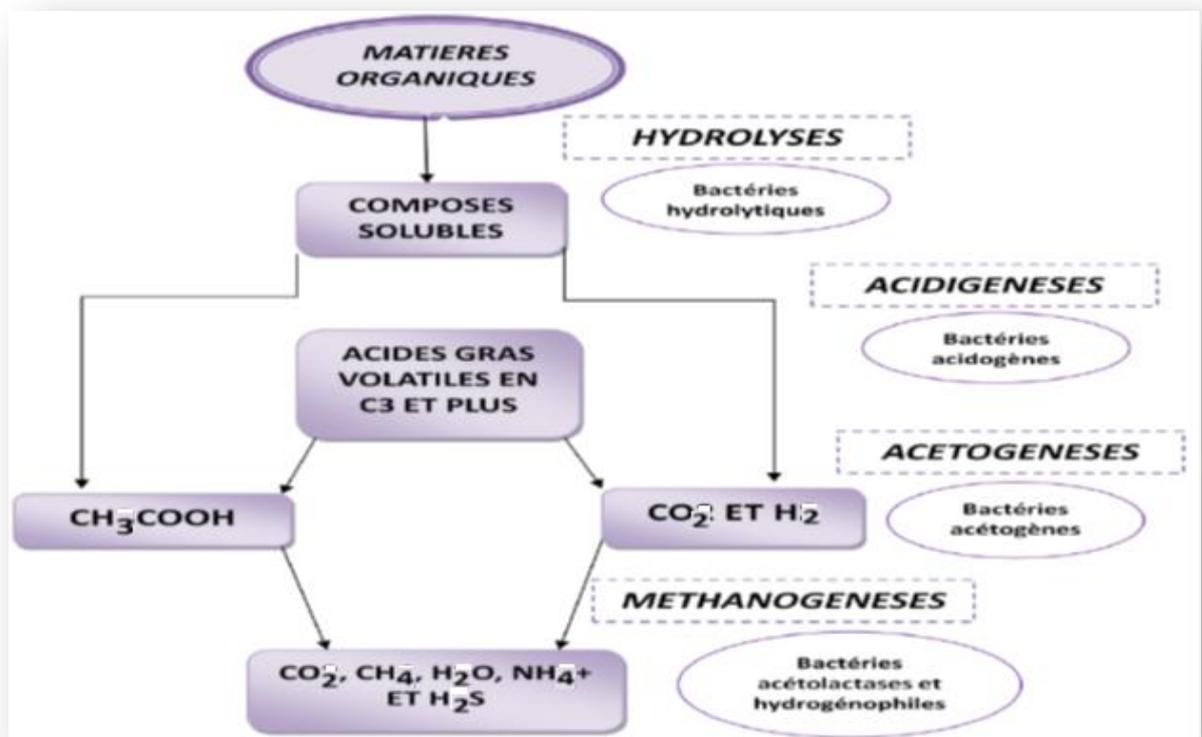


Figure II.1 Les différentes voies de décomposition anaérobie de la matière organique

L'Hydrolyse : C'est le passage des conditions anaérobies aux conditions aérobies : chute du potentiel d'oxydoréduction, apparition d'acides carboxyliques et augmentation rapide de la charge organique. L'attaque de la matière organique par les enzymes bactériennes conduit à un mélange de sucres simples (osides) et d'acides aminés libres qui pourront servir de nutriments dans la phase suivante.

L'acidogénèse : C'est la formation des acides gras volatils (AGV) devenant prépondérants dans la structure organique des lixiviats, à partir des produits d'hydrolyse. Il se produit une diminution du pH, une complexation des espèces métalliques, une consommation de l'azote et du phosphore pour la croissance de la biomasse avec production de CO₂ et de H₂.

L'acétogénèse : Les acides gras volatils et les alcools sont transformés en acide acétique, CO₂ et H₂.

La méthanogénèse : Les métabolites intermédiaires sont transformés en CH₄ et CO₂. Le pH remonte sous le contrôle de la capacité tampon des carbonates. Le potentiel redox est à sa valeur minimale, les espèces métalliques sont complexées et précipitent. La charge organique diminue fortement en liaison avec l'augmentation de la production de biogaz.

Puis vient la dernière phase qui est celle de la maturation (ou stabilisation) qui met fin aux phénomènes de biodégradation, avec stabilisation de la matière organique et chute de la production de biogaz. Il y a métabolisation très lente des produits peu biodégradables avec formation des molécules complexes de type acides humiques.

II.7. Différents paramètres influant sur les lixiviats :

II.7.1. Influence du climat et de l'hydrogéologie sur le lixiviats :

Dans la pratique, il a été remarqué que d'une région à l'autre, les conditions météorologiques, notamment la pluviométrie et l'évapotranspiration, peuvent varier du simple au double : quant à l'hydrogéologie autre facteur d'influence sur la quantité d'eau entrant et sortant de la décharge ; elle agit par deux moyens différents :

- L'hydrologie de surface se rapportant à l'influence des cours d'eau et du ruissellement sur le site.

- L'hydrogéologie de surface se rapportant plutôt à l'influence des systèmes aquifères et leurs mouvements dans le sol et aux alentours du site.

Si les principaux facteurs d'influence sur la quantité de l'eau entrante ou sortante de la décharge sont effectivement :

Le climat, l'hydrologie de surface et l'hydrogéologie, ces trois paramètres sont aussi important quant à la composition et à la concentration du lixiviats. En effet, l'eau provenant de l'une de ces sources et s'infiltrant au sein de la décharge, permet à la fois, la solubilisation plus ou moins complète des éléments solubles et l'entraînement mécanique des substances insolubles dans le lixiviats final. [20]

II.7.2 Influence de la surface d'exploitation et de la hauteur des déchets sur les lixiviats :

Plus la surface d'exploitation est importante, plus l'influence de la pluviométrie se fait sentir. De plus, plus longtemps cette exploitation durera et plus longtemps elle sera exposée à l'influence des précipitations.

Parallèlement, la hauteur des déchets dans une décharge peut influencer sur la quantité de lixiviats produites.

En général, les décharges plus profondes absorbent plus d'eau avant la lixiviation mais produisent aussi des lixiviats sur une plus longue période de temps que les décharges moins profondes de surface similaire.

De même, une grande hauteur de déchets permet d'atténuer l'influence des fluctuations climatiques extérieures sur la température interne de la décharge. En effet, une décharge profonde ou une hauteur de déchets importante se comporte comme une masse calorifugée ce qui permet de maintenir la température du milieu dans les limites compatible avec le développement de certaines bactéries régissant la biodégradation (méthanogènes).

Par contre, les phénomènes anaérobies deviennent prépondérants, si la hauteur des déchets est importante, car la pénétration de l'oxygène atmosphérique au sein de la décharge devient difficile. La dégradation des déchets sera plus lente, le processus anaérobie étant plus lent que le processus aérobie. [20]

II.7.3. Influence du compactage sur les lixiviats :

Si le compactage présente certains avantages dans l'exploitation d'une décharge, il n'en est pas de même, en ce qui concerne la décomposition des déchets. En effet un compactage important diminue la surface d'échange entre les déchets et les bactéries et ralentit alors la décomposition des déchets rallongeant ainsi la durée de vie du flux potentiel des polluants contenus dans les lixiviats. [21]

II.7.4. Influence de la couverture sur les lixiviats :

La couverture finale d'une décharge constitue un écran plus ou moins imperméable à la pénétration des eaux météorologiques.

Nous pouvons citer comme autres paramètres influant sur les lixiviats :

- ✓ La composition des déchets enfouis.
- ✓ Le bilan hydrique.
- ✓ Le mode de l'exploitation de la décharge.
- ✓ L'âge de la décharge.

II.8. Age des lixiviats :

La synthèse des résultats d'analyses sur une trentaine de lixiviats a permis de classer ceux-ci en trois grandes familles [24]:

II.8.1. Lixiviats jeunes

Qui présentent :

- Une charge organique élevée (DCO > 20 g/l).
- Une biodégradabilité moyenne (DBO5 /DCO > 0,3).
- Un pH de l'ordre de 6,5.
- Une concentration en acide carboxylique importante qui présente plus de 80% de la charge organique.
- Une teneur en métaux élevée (jusqu'à 2g/l).
- Un rapport COT/DCO voisin de 0,3.

II.8.3. Lixiviats intermédiaires :

Au cours du temps la composition des percolats évolue, de celle typique des lixiviats jeunes vers celle des lixiviats stabilisés. Ils présentent notamment :

- Une charge organique avec une DCO comprise entre 3 et 15 g/l.
- Une biodégradabilité assez faible (DBO_5 / DCO voisin de 0,2).
- Une concentration en acides carboxyliques représentant 20 à 30% de la charge organique.
- Un pH voisin de la neutralité.

II.8.2. Lixiviats stabilisés

Qui présentent :

- Une charge organique assez faible ($DCO < 2\text{g/l}$).
- Une biodégradabilité très faible ($DBO_5 / DCO < 0,1$).
- Une absence d'acides carboxyliques.
- Une teneur en métaux faible $< 50\text{mg/l}$.
- Un pH légèrement supérieur à 7,5.
- Un rapport COT / DCO de l'ordre de 0,4 qui indique la présence de composés difficilement oxydables.

En principe la teneur en métaux baisse avec l'âge de la décharge et le poids moléculaire des constituants des lixiviats à tendance à augmenter. [24]

Le tableau (II.2) donne le classement de lixiviats selon l'âge de la décharge.

Tableau II.2 : Classement des lixiviats selon l'âge de la décharge. [24]

	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 O₂.L⁻¹)	> 20	3 à 15	< 2
Biodégradabilité (DBO₅ / DCO)	Moyenne > 0,3	Assez faible 0,1 a 0,3	très faible <0,1
Concentration en acides organiques	Forte > 80% de la DCO	Moyenne 20 à 30 % de la DCO	Nulle
Charge organique	Prédominance des acides gras volatils	Réduction des acides gras volants	Prédominance des macromolécules

II.9. Impact du lixiviats sur l'environnement et la santé humaine :

II.9.1. Sur l'environnement :

Les lixiviats sont chargés bactériologiquement et surtout chimiquement de substances tant minérales qu'organiques. Ils peuvent se mélanger aux eaux de surface comme aux eaux souterraines et donc constituer un élément polluant tant par leur aspect quantitatif que qualitatif.

L'eau traversant la couche de déchets va se charger en substances polluantes telles que la matière organique soluble résultant de l'activité biologique de la décharge, des constituants inorganiques comme les métaux lourds (provenant notamment des piles) et des germes qui peuvent être dangereux pour la santé et l'environnement.

Le plus grand risque lié à la production de lixiviats est la contamination de la nappe phréatique. Cela aurait pour conséquence de polluer les puits d'eau de consommation et donc de priver la population d'un élément vital à sa survie. Signalons également que la pollution des réserves d'eau potable par des micro-organismes pathogènes est susceptible de provoquer des épidémies.

Les risques liés au biogaz peuvent être séparés entre risques pour les humains (toxicité des substances traces, asphyxie pour les opérateurs sur le terrain, explosion du méthane, incendies) et risques de pollution de l'atmosphère (les gaz majeurs sont des gaz à effet de serre).

Au-delà de ces considérations, les lixiviats doivent être traités comme des substances dangereuses. Il est nécessaire d'en organiser la collecte et le traitement afin de limiter au maximum les conséquences sur l'environnement et la santé publique. [25]

II.9.2. Sur la santé humaine:

Le lixiviat peut migrer dans les eaux souterraines et de surface créant un panache de contamination. Le danger survient lorsque ce lixiviat entre en contact ou est absorbé en quantité significative par des individus d'une population exposée, comme le cas des métaux toxiques contenus dans les déchets peuvent diffuser par lixiviation dans les sols puis dans les eaux souterraines.

Le métal également peut être absorbé par les plantes entrant par ce canal dans la chaîne alimentaire des composés cancérigènes tels que le benzène et les chlorures de polyvinyle. Peuvent être également présents dans un cas comme dans l'autre, les risques sanitaires peuvent être graves. [25]

II.10. Réglementation relative aux lixiviats :

Le Tableau (II.3) présente les critères minimaux applicables aux rejets d'effluents liquides dans le milieu naturel (Arrêté du 9 septembre 1997 modifié par l'Arrêté du 31/12/01). [4]

Les lixiviats ne peuvent être rejetés dans le milieu naturel que s'ils respectent les valeurs présentées dans le Tableau (II.3). La dilution et l'épandage (sauf cas particulier) des lixiviats sont interdits

Tableau II.3 Valeurs limitent appliquées aux rejets d'effluents liquides dans le milieu naturel. [4]

Critère	Valeur limite (mg/l)	
Matières en suspension totale	< 100	(si flux journalier max < 15kg)
	< 35	(si flux journalier max > 15kg)
Carbone organique total	< 70	
Demande chimique en oxygène	< 300	si flux journalier max (< 100kg)
	< 125	(si flux journalier max > 100kg)
Demande biologique en oxygène	< 100	(si flux journalier max < 30kg)
oxygène	< 30	(si flux journalier max > 30kg)
Azote total mensuelle,	< 30	(concentration moyenne si flux journalier max > 50kg)
Phosphore total mensuelle,	< 10	(concentration moyenne si flux journalier max > 15kg)
Phénols	< 0.1	(si le rejet journalier > 1g)
Métaux totaux (Pb, Cu, Cr, Ni, Zn, Mn, Sn, Cd, Hg, Fe, Al)	<15	
Cr (VI)	< 0.1	(si le rejet journalier > 1g)
Cd	< 0.2	
Pb	< 0.5	(si le rejet journalier > 5g)
Hg	< 0.05	
As	<0.1	
Fluor	< 15	(si le rejet journalier > 150g)
Cyanures libres	< 0.1	(si le rejet journalier > 1g)
Hydrocarbures totaux	< 10	(si le rejet journalier > 100g)
Composés organiques halogénés	< 1	(si le rejet journalier > 30g)

Introduction

Les lixiviats des emplacements municipaux de décharge de déchets solides sont souvent définis en tant que des eaux usées dangereuses et fortement polluées. Les lixiviats peuvent contenir de grandes quantités de matière organique (biodégradable, mais également réfractaire à la biodégradation) :

Des lixiviats de décharge ont été identifiés en tant que sources potentielles de contamination d'eaux de surface, ils peuvent aussi s'infiltrer à travers des sols et des sous-sols, causant la pollution des eaux souterraines.

Plusieurs processus, tirés de la technologie d'eau usée et d'eau potable, ont été appliqués pour le traitement des lixiviats de décharge, tels que la dégradation biologique anaérobie et/ou aérobie, d'oxydation chimique, la coagulation-précipitation, l'adsorption par charbon actif, la photo-oxydation et des processus membranaires

Par conséquent, une combinaison de procédé physico-chimique et biologique est souvent exigée pour le traitement efficace de ces eaux usées fortement polluées [26].

Les lixiviats ne peuvent être rejetés en milieu naturel que s'ils respectent les normes de rejets admissibles, il convient de les traiter. L'installation doit donc disposer à cet effet des moyens nécessaires ou, à défaut, faire traiter les lixiviats dans une station de traitement ou dans une station d'épuration collective, urbaine ou industrielle. Un traitement préalable peut dans le cas échéant être nécessaire.

Les procédés les plus courants dans le domaine du traitement des lixiviats sont :

III.1. Procédés physico-chimiques :

III.1.1. Coagulation-floculation:

Les procédés de coagulation et de floculation facilitent l'élimination des MES et colloïdales. Celle-ci est réalisée dans une étape ultérieure de séparation solide liquide: décantation, flottation ou filtration [27].

La floculation-coagulation a été utilisée pour le déplacement des composés organiques non-biodégradables et des métaux lourds du lixiviats de décharge. Le procédé de coagulation déstabilise les particules colloïdales par l'addition d'un coagulant. Pour augmenter la dimension particulaire, la coagulation est habituellement suivie de la floculation des particules instables. Cette technique facilite le déplacement des solides en suspension et des particules colloïdales d'une solution. L'approche générale pour cette technique inclut l'ajustement de pH et comporte

l'addition des sels de ferrique/aluminium comme coagulant pour surmonter les forces répulsives entre les particules [28].

III.1.1.1.Coagulation :

a. Définition :

La charge électrique et la couche d'eau qui entourent les particules hydrophiles tendent à éloigner les particules les unes des autres et, par conséquent, à les stabiliser dans la solution.

Le but principal de la coagulation est de déstabiliser ces particules pour favoriser leur agglomération [29].

b. Notion de charges électriques et de double couche :

Le concept de la double couche ionique a permis d'exprimer dans la pratique l'importance des forces répulsives de nature électrostatique par la mesure de la potentielle électrocinétique de Freundlich ou potentiel zêta, qui mesure la charge électrique superficielle des colloïdes [30].

Les colloïdes présents dans l'eau brute sont très généralement chargés négativement (imperfections du réseau cristallin, ionisation des groupements chimiques périphériques, ...).

Dans la théorie de la double couche, la coagulation est l'annulation du potentiel Zêta.

L'appareil permettant la mesure de la potentielle électrocinétique est le Zétamètre [27].

La stabilité des suspensions colloïdales est due :

- Aux forces de répulsion induites par un potentiel zêta élevé.
- Adsorption d'un polymère non ionique.

Les particules microscopiques et colloïdales sont stabilisées par la formation de couches électriques, solidaires de la particule, comme ces dernières ont toutes la même charge, elles se repoussent mutuellement et gardent leur individualité. L'épaisseur de la charge électrique et sa densité sont influencées par la concentration et la valence des ions en solution.

Si une trop grande quantité de coagulant est ajoutée, la surface de la particule va se trouver chargée positivement (un potentiel zêta positif) et la particule va se disperser à nouveau, pour des eaux usées urbaines une dose de 50mg/l de CaCl_2 à un pH de 6,5 sont nécessaires pour éviter l'apparition d'un potentiel zêta positif [20].

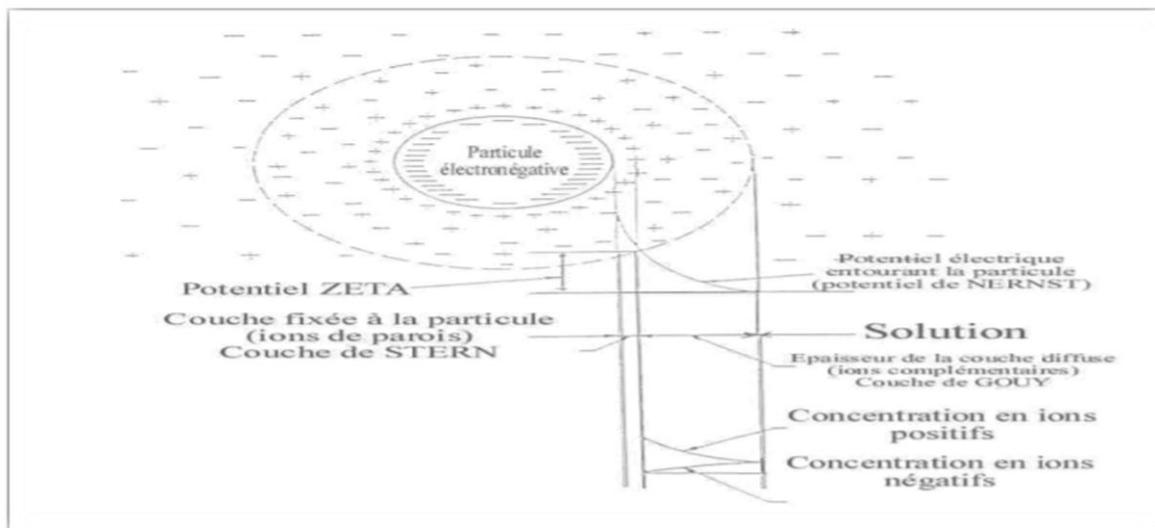


Figure III.1 Schématisation de la double couche et du potentiel Zêta [27].

c. Facteurs influençant la coagulation :

Afin d'optimiser la coagulation, il faut tenir compte de plusieurs variables en interrelation, comme le pH, les sels dissous, la température de l'eau, le coagulant utilisé, les conditions de mélange, la turbidité et la couleur [29].

Les coagulants métalliques (tels que FeCl_3 , $\text{Fe}(\text{SO}_4)_3$, $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$, CaCl_2 , ...) sont particulièrement sensibles au pH et à l'alcalinité. Si le pH n'est pas dans la zone optimale, la clarification est mauvaise, les ions métalliques peuvent se dissoudre, plus la dose de coagulant diminue, et plus le floc devient sensible aux variations du pH [31].

• Influence du pH :

Lors de la coagulation Le paramètre le plus important à prendre en considération est la variation du pH. Pour chaque eau, il existe un intervalle de pH pour lequel la coagulation a lieu rapidement, intervalle qui est fonction du coagulant utilisé, de sa concentration et de la composition de l'eau à traiter.

Pour les sels de Fer et d'aluminium, les plages de pH optimales s'étendent respectivement de 4 à 6 et de 5 à 7, pour certaines eaux, il faut par fois corriger le pH à l'aide de divers produits (acides, chaux ou soude) [29].

• Influence des sels dissous :

Les influences exercées par les sels dissous sont la modification de l'intervalle de pH optimal, la durée de la floculation, la quantité de coagulant utilisée, mais aussi la quantité résiduelle de coagulant [29].

• Influence de la température :

L'influence de la température de l'eau sur la coagulation a été peu étudiée, néanmoins il a été établi que lorsque la température est proche de 0°C, les floccs décantent difficilement.

Une diminution de la température de l'eau entraîne une augmentation de sa viscosité ; c'est ce qui explique les difficultés de décantation du flocc [29].

• Influence du coagulant :

Le choix du coagulant peut influencer les caractérisations de la coagulation.

Le choix du coagulant et la concentration optimale, pour une eau donnée, ne peuvent être déterminées qu'après avoir effectué des essais en laboratoire [29].

• Influence de la turbidité :

Si en règle générale, la dose des sels de métaux augmente avec la turbidité, il est bien connu que les eaux très turbides flocculent rapidement, on peut par ailleurs faire les constatations suivantes :

- Il faut ajouter une concentration minimale de coagulant pour obtenir une quantité de boues minimale.
- Lorsque la turbidité augmente, il faut augmenter la concentration du coagulant. Cette dernière ne varie toute fois pas de façon linéaire en fonction de l'augmentation de la turbidité.
- La coagulation des eaux très chargées, telles que les lixiviats de décharges, est toujours difficile car elles exigent des concentrations de coagulant plus importantes que des eaux moins chargées : telles que les eaux usées urbaines [29].

• Influence de la vitesse d'agitation :

L'injection du coagulant doit être extrêmement énergique pour qu'il se disperse rapidement et uniformément, une fois la solution homogène, la vitesse d'agitation doit être diminuée pour obtenir de bons floccs décan table, soit des conditions optimales d'agitation rapide de 300 tr/min pendant 2 min qui sera suivie d'une agitation lente à une vitesse de 50 tr/min pendant 20 min [29].

- **Coagulation de la couleur :**

En générale, la couleur d'une eau est due à la décomposition de matières organiques contenues dans l'humus des sols. Elle dépend donc d'une grande variété de composés organiques, dont les substances humiques, lesquelles sont des polymères dont la masse moléculaire varie de 800 à 50000 [29].

Des études ont révélé que 90 % des particules responsables de la couleur avaient un diamètre supérieur à 3.5 nm. On peut dire que les particules responsables de la couleur sont de natures organiques, hydrophiles, petites et chargées négativement [29].

III.1.1.2. Flocculation :

a. Définition de la flocculation :

La flocculation est le transport et la mise en contact des particules déstabilisées qui s'associent et forment des flocons plus volumineux par rapport à l'état initial. La flocculation a pour but d'accroître par une agglomération, le volume, le poids et la cohésion de l'agglomérat formé. [20].

b. Flocculant :

Le flocculant clarifie l'eau en se combinant avec les particules en suspension de façon à permettre à ces particules d'être rapidement et facilement séparées de l'eau. Toutes les industries rejetant des effluents turbides utilisent les flocculants telles que l'industrie des mines, les usines de papeterie et autres.

- **Adjuvants de flocculation :**

Les polymères organiques (silice activée) et polymères naturels (starches, algues) sont les premiers à avoir été utilisés. Mais l'utilisation d'adjuvants de flocculation synthétiques permet de minimiser la production de boues. Si l'on combine ces adjuvants de flocculation avec différentes techniques de séparation, on peut produire des boues denses qui seront directement traitées dans des unités de déshydratation [32].

c. Mécanismes régissant le phénomène de floculation :

• Floculation péri cinétique :

Les colloïdes présents dans l'eau entrent en collision avec les molécules de l'eau qui s'agitent sous l'influence du gradient thermique.

Il en résulte un déplacement des particules par mouvement Brownien, on peut exprimer le taux de variation de la concentration des particules à l'aide de l'équation suivante [33] :

$$-dN/dt = (4 * \alpha * K_b * T_a / 3 * \mu) * N^2 \dots\dots\dots \text{(équation III.1)}$$

Avec :

N : nombre de particules à un instant t.

T_a : température absolue [K]

K_b : constante de Boltzmann (K_b = 1.38 * 10⁻²³ J/K)

μ : viscosité dynamique [Pa.s]

α : facteur qui rend compte de l'efficacité des collisions (nombre de collisions effectives/nombre de collisions total, une collision effective étant une collision qui entraîne l'agglomération de deux particules).

• Floculation ortho cinétique :

En déplaçant les particules fluides, l'agitation de l'eau provoque une différence de vitesse liée à l'énergie dissipée. Cette phase est dominée par un gradient de vitesse G [33].

$$G = (P / V_f * \mu)^{1/2} \dots\dots\dots \text{(équation III.2)}$$

Avec :

P : puissance d'agitation [W].

G : gradient de vitesse [t⁻¹]

μ: viscosité dynamique [Pa.s].

V_f : volume [m³]

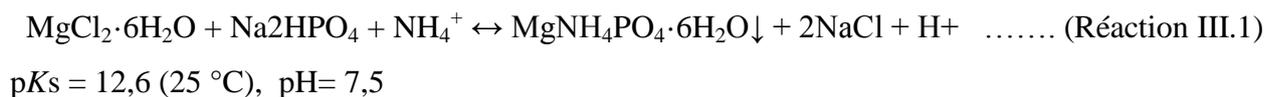
III.1.2. Précipitation chimique

Compte tenu de sa capacité, sa simplicité et son coût peu élevé, la précipitation chimique est un procédé très conseillé dans le traitement des eaux polluées telles que les lixiviats, car elle permet la réduction de la masse non biodégradable (DCO), de l'azote et des métaux lourds [34].

La précipitation chimique consiste à transformer les ions dissous dans l'eau en solide insolubles en utilisant des précipitants chimiques, généralement des hydroxydes, MAP ($\text{Mg}/\text{NH}_4^+/\text{PO}_4^{3-}$: Magnésium, Ammonium, Phosphate) ou de la chaux, en fonction de ce qu'on cherche à éliminer.

a. Précipitation par le MAP ($\text{Mg}/\text{NH}_4^+/\text{PO}_4^{3-}$: Magnésium/Ammonium/Phosphate)

Le procédé s'effectue selon la réaction suivante [20]



L'ajout de MAP dans des proportions (M/A/P : 1/1/1) donne de très bons résultats, jusqu'à 50% d'abattement de la DCO et 90% de réduction du $\text{NH}_3\text{-N}$. De plus avec ce procédé le problème des boues ne se pose plus, puisque elles sont réutilisées comme fertilisant dans l'agriculture [34].

b. Précipitation par la chaux :

• Action sur les métaux lourds :

Son efficacité principale est d'entraîner par précipitation une élimination des métaux sous forme d'hydroxydes métalliques. Les métaux concernés sont : Cd, Cr, Cu, Hg, Ni, Pb, Sn et Zn. La précipitation se fait suivant la réaction suivante [31] :



Dans une étude faite par F.Çeçen et coll. il a été démontré qu'une dose de 8g/l de chaux permettait d'éliminer 46% de Pb(II), 51% de Ni(II), 72% de Cu(II), 78% de Fe(II), et jusqu'à 98% de Mn(II). [34]

III.1.3. Autres Traitements

III.1.3.1. Filtration sur charbon actif.

Parmi les techniques de traitement passées en revue ci-dessus, l'adsorption est la méthode la plus généralement appliquée pour le déplacement des composés organiques récalcitrant du lixiviats de décharge. Fondamentalement, l'adsorption est un procédé de transfert de masse par lequel une substance est transférée à partir de la phase liquide à la surface d'un solide, et devient limite par des interactions physiques et/ou chimiques.

En raison de ses propriétés physiques inhérentes, grande superficie, structure microporeuse, capacité élevée d'adsorption et réactivité de surface, l'adsorption utilisant le charbon actif granulaire (GAC) ou le charbon actif par poudre (PAC) avait suscité une attention considérable pour le déplacement des polluants organiques et inorganiques de l'eau usagée souillée.

Le traitement du lixiviat de décharge en utilisant une adsorption séparée de GAC, une alumine activée granulaire (GAA) et/ou un chlorure ferrique (FC) a été également effectué.

Parmi les trois adsorbants étudiés, GAC s'est avéré l'adsorbant le plus efficace pour le déplacement des métaux lourds (Cd(II), de Cu(II), de Cr(III), de Mn(II), de Pb(II) et de Zn(II)). Environ 80 –96% métaux lourds avec une première concentration de 184 mg/l pouvaient être enlevés à une gamme de pH de 6 –7,7 avec 2 g/l de GAC. [27]

III.1.3.2. Oxydation par l'ozone :

L'ozone est un gaz instable obtenu par l'activation électronique de l'oxygène. Le processus en est le suivant: l'activation électronique de l'oxygène et sa dissociation partielle sous forme d'oxygène radicalaire sont obtenues au moyen d'un champ électrique dérivant d'un potentiel

L'ozone, oxydant puissant, détruit les molécules organiques réfractaires, suivant sa concentration et rend biodégradable une partie de la pollution. Il est en général associé aux ultraviolets, au peroxyde d'hydrogène ou à d'autres catalyseurs

III.1.3.3. Traitement membranaires :

a) Osmose inverse.

Avec des flux élevés et la capacité de fonctionner la température large finie et pH s'étendent, RO sont un autre traitement physico-chimique alternatif pour le lixiviat stabilisé. Dans l'application de RO, n'importe quel dissolvant qui contient des cations en métal est passé par une membrane de telle manière que les concentrations en métal soient réduites.

Avec le taux du rejet 98- 99% pour les contaminants organiques et inorganiques, le RO peut être utilisé pour le déplacement des métaux lourds, des matériaux de suspension colloïdale et des solides dissous du lixiviats de décharge. [1]

Elle utilise les propriétés de membranes semi-perméables à travers lesquelles l'eau migre, alors que tous les solutés sont rejetés, à l'exception de quelques molécules organiques très voisines de l'eau (faible masse molaire, polarité forte). [27]

b) Nanofiltration (NF) :

En raison de ses propriétés uniques entre les membranes de l'ultrafiltration (UF) et de l'osmose inverse (OI), la NF a trouvé un endroit dans le déplacement des composés organiques récalcitrant et des métaux lourds du lixiviat de décharge. Ce processus de traitement a la capacité d'enlever des particules avec un poids moléculaire plus haut que 300 aussi bien que les substances inorganiques par des interactions électrostatiques entre les ions et les membranes. La signification de cette membrane se situe dans ses frais extérieurs, qui permettent aux corps dissous chargés plus petits que les pores de membrane d'être rejetés, avec de plus grands corps dissous et sels neutres. [27]

Il s'agit d'une variante des membranes d'O.I. d'introduction assez récente caractérisée par :

- un passage des sels monovalents relativement élevé: 30 à 60 %,
- un passage des sels bivalents beaucoup plus faible: 5 à 15 %,
- un passage des solutés organiques du même type que les membranes d'osmose. [27]

c) Ultrafiltration :

Les membranes d'ultrafiltration, de structure plus lâche (asymétrique ou composite), ne permettent plus de rejeter que les solutés les plus grossiers (macromolécules) et a fortiori tous éléments particuliers tels que les virus et bactéries.

Elles sont communément caractérisées par leur "point de coupure": taille de la protéine de plus faible masse molaire rejetée par la membrane. On trouve ainsi des membranes industrielles à point de coupure allant de 2 10³ à 10⁵ daltons. [27]

d) Microfiltration (M.F.)

Ces membranes n'altèrent plus du tout la composition de la solution; seuls les matières en suspension, colloïdes, bactéries ...sont rejetés (filtrés).

Dans ce cas, les phénomènes décrits ci-dessus comme conséquence du rejet des solutés (pression osmotique - concentration de polarisation) disparaissent et l'on retrouve à leur place les phénomènes de filtration sur milieux poreux peu épais: colmatage par accumulation d'un gâteau, ou colmatage interne aux pores. [27]

• Résines échangeuses d'ions

Un échangeur d'ions est un solide insoluble (des macromolécules portant des groupements ionisables) qui, au contact d'une solution ionique, peut échanger les ions qu'il contient avec d'autres ions de même signe présents dans la solution.

On les utilise sous forme de grain très fin. Pour accélérer les échanges et atteindre l'état d'équilibre en un temps aussi court que possible, par présentation d'une surface maximum de contact avec la solution ;

Actuellement, on réalise des échangeurs d'ions organiques grâce à la stabilité de certains polymères synthétiques face au caractère acide, basique, oxydant ou réducteur de nombreuses solutions ioniques. Les caractéristiques parfaitement reproductibles de ces échangeurs d'ions artificiels ont permis de connaître avec précision le phénomène d'échange et de développer de nombreuses applications. [27]

III.2. Traitement biologiques :**III.2.1. Lagunage****➤ Lagunage naturel (aérobie)**

Le rayonnement solaire est la source d'énergie qui permet la production de matière vivante par les chaînes alimentaires aquatiques (chaînes trophiques).

L'épuration des effluents est réalisée essentiellement par des bactéries aérobies dont l'oxygénation est assurée par l'action chlorophyllienne de végétaux qui participent aussi à la synthèse directe de la matière organique

- les microphytesou algues microscopiques. Ce sont essentiellement des algues vertes ou bleues difficilement séparables,

- les macrophytesou végétaux macroscopiques qui comprennent des formes libres (ex. lentilles d'eau) ou fixées (ex. roseaux). Les jacinthes d'eau peuvent. [27]

➤ Lagunage aéré

L'apport d'oxygène est essentiellement assuré de façon artificielle: aérateurs mécaniques flottants ou fixes, insufflation d'air. En l'absence d'un compartimentage bien délimité le réacteur biologique peut se rapprocher d'un système à mélange intégral. Les équilibres biologiques sont

voisins de ceux du procédé classique par boues activées bien qu'un certain développement algal soit inévitable.

La concentration en micro-organismes est faible et la décantation du floc bactérien très médiocre. Les lagunes aérées sont souvent suivies de vastes lagunes de décantation (éventuellement équipées de systèmes d'évacuation des boues). [27]

➤ **Lagunage anaérobie**

Dans ces lagunes, le rendement d'épuration escompté dépend essentiellement du développement d'une fermentation méthanique. Il n'est, de ce fait, applicable que sur des effluents à forte concentration et, le plus souvent, à titre de prétraitement avant un deuxième stade d'épuration de type aérobie. Dans ceux-ci se développent des phénomènes de fermentation anaérobie avec minéralisation de la matière organique et dégagement de CO₂, CH₄ (et éventuellement H₂S). Ces dépôts sont particulièrement importants en l'absence de brassage et sur des effluents contenant beaucoup de matières en suspension décantables. [27]

III.3. Combinaisons de traitements

L'hétérogénéité, la composition changeante d'une saison à une autre et d'une région à une autre, font des lixiviats de décharges des eaux très difficiles à traiter, c'est pour cela qu'un traitement à lui seul peut être insuffisant, d'où le besoin de combiner deux ou plusieurs traitements afin de dépolluer au mieux ces eaux, le Tableau III.1 résume la différence de l'efficacité de certains traitements physico-chimiques uniques et lorsqu'ils sont combinés avec d'autres [35] :

Tableau III.1. Efficacité de certains traitements uniques et combinés [35]

Treatment unique	Résultat	Traitements combinés	Résultats
Coagulation	-43% de DCO	+ oxydation par le H ₂ O ₂	-73% de DCO
		+ ozonation	-78% de DCO
		+ ozonation + stripping ammonium	-48% de DCO -100% de NH ₄
		+ nanofiltration	-80% de DCO
		+ photo oxydation (UV)	-64% de DCO
Osmose inverse	96 % de DCO	+ boue active	-99% de DCO
		+ UASB	-99% de DCO
		+ evaporation	-88% de DCO
Nanofiltration	>65% de DCO	+ coagulation	-80% de DCO
		+ adsorption sur charbon actif	-97% de DCO
		+ adsorption sur charbon actif +ozonation	-99% de DCO
Ultrafiltration		+ adsorption	-97% de DCO
Adsorption sur charbon actif		+nitrification	-55% de DCO -93% de NH ₄ ⁺
		+ BRM	-65% de DCO
		+ précipitation (chaux) +traitement aérobie	-92% de DCO
Ozonation		+ adsorption	-90% de DCO

➤ **Bioréacteur à membranes (BRM)**

C'est une technique de pointe qui associe étroitement un réacteur biologique à des membranes de microfiltration ou d'ultrafiltration. Les membranes ont un rôle de barrière physique absolu et remplace le clarificateur dans la chaîne de traitement classique. L'installation est de petite dimension. Ce système permet de traiter la quasi totalité de la DBO₅, jusqu'à 80 % de la DCO, 95 % de l'azote ammoniacal et la totalité des micro- organismes. Restent les métaux et les sels Les points forts du BRM sont les suivants :

- ✓ Possibilité de travailler avec des concentrations importantes en biomasse dans le bioréacteur assurant des rendements accrus et une compacité des ouvrages.
- ✓ Haut niveau d'automatisation assurant une fiabilité et une facilité de fonctionnement.
- ✓ Qualité de l'eau traitée constante quelles que soient les variations de la charge [20].

Le Tableau III-2 illustre les avantages et les inconvénients des différents procédés de traitement des lixiviats

Tableau III.2: Avantages et inconvénients des différents procédés

	Procèdes	Avantages	Inconvénients	Sous-produits
Procédés biologiques	Lagunage aéré	Élimination de la DBO5 et de l'azote.	Dénitrification difficile, Encombrement important.	Boues biologiques en excès.
	Boues actives	Élimination de la DBO5 et de l'azote global.	Consommation énergétique pour l'apport de l'oxygène.	Boues biologiques en excès.
	Bioréacteur à membranes	Élimination de la DBO5, azote, DCO résiduelle, MES, bactéries virus. Faible encombrement.	Consommation énergétique.	Boues biologiques en excès
	Cultures fixée	Élimination de la DBO5 et de l'azote. Faible consommation énergétique	Faible rendement épuratoire.	
Procédés physico chimiques	Coagulation-floculation	Débit de traitement. Réduction de 40 à 50 % de la DCO dure. Agglomération des MES	Production importante de boues (20 % du volume traité)	Boues
	Précipitation	Précipitation des métaux, diminution des MES, élimination d'une partie de la matière organique.	Production de boues d'hydroxydes métalliques.	Boues
	Filtration sur charbon Actif	Élimination de la DCO résiduelle, réduction des organo-halogénés et de la couleur.	Renouvellement des absorbeurs.	
	Ozonation (H2O2 ET/OU UV)	Élimination de la DCO, décoloration et augmentation du caractère biodégradable.	Sensibles aux variations de charges. Consommation énergétique.	
Procédés thermiques	Évaporateur	Concentration maximale de la pollution. Utilisation de biogaz.	Dissipation partielle à l'atmosphère. Dépend de la qualité et de la quantité du biogaz.	Concentrat
	Evapocondensateur	Concentration maximale de la pollution et condensation des vapeurs. Utilisation du biogaz	Dépend de la qualité et de la quantité du biogaz.	Concentrat
	Sécheur isoflash	Élimination de la charge polluante du lixiviats. Utilisation du biogaz	Consommation énergétique	Extrait sec pulvérulent
Procédés membranaires	Nanofiltration	Rétention de la DCO dure, des sels, des métaux.	Coût parfois très élevé. Dépendance à un « tiers traiteur ».	Rétentats de nanofiltration.
	Osmose inverse	Rétention de la DCO dure, des sels, des métaux et des nitrates.		Rétentats d'osmose (saumures).
Autre	Traitement en station d'épuration externe	Pas d'investissement sur site.		

Les lixiviats d'un centre d'enfouissement technique sont de compositions diverses. Selon les saisons, la pluviométrie, la nature des déchets, ils vont avoir des caractéristiques biologiques et chimiques sensiblement différentes.

Dans ce chapitre, à caractériser les lixiviats du CET d'ELHARIA à travers la détermination des paramètres globaux (T^0 , pH, conductivité, MES, MVS, DCO, DBO₅, DBO₅/DCO, PO₄³⁻, SO₄²⁻, NO₃⁻, NO₂⁻, et à traiter ces derniers par le procédé de Coagulation-Floculation

IV.1. Caractérisation des lixiviats:

IV.1.1. Centre technique d'enfouissement d'ELHARIA :

Centre d'enfouissement technique est situ au Nord-Est de l'ancienne décharge sauvage au lieu-dit gachgouch, a 05 km à l'Est de la commune de ben badis.

Il est éloigné de la ville de Constantine d'environ 40 km. [23]

• Superficie du CET	78Ha
• Superficie de la zone d'activité	41Ha
• Nombre de casiers prévus	10 Casiers
• Durée de vie du CET	30 ans

Jusqu'à 2018 il y'a 1 seul casier réalisé dans le centre d'enfouissement technique de l'ELHARIA

Le CET sera exploité pour le traitement de déchets ménagers provenant de six (06) communes à savoir (Constantine, El khroub, ain smara, ouled rahmoune, ain abid, ibn badis).

Tableau IV.1 : caractéristiques du casier réalisé [23]

Superficie du 1^{er} casier	3 Ha
Volume du casier	200.000 m³
Quantité journalière des déchets	700 Tonnes /jour
Nombre de lagune	03
Volume de chaque lagune	6 000 m³

La figure IV.1 représente le site de prélèvement sur Google carte.

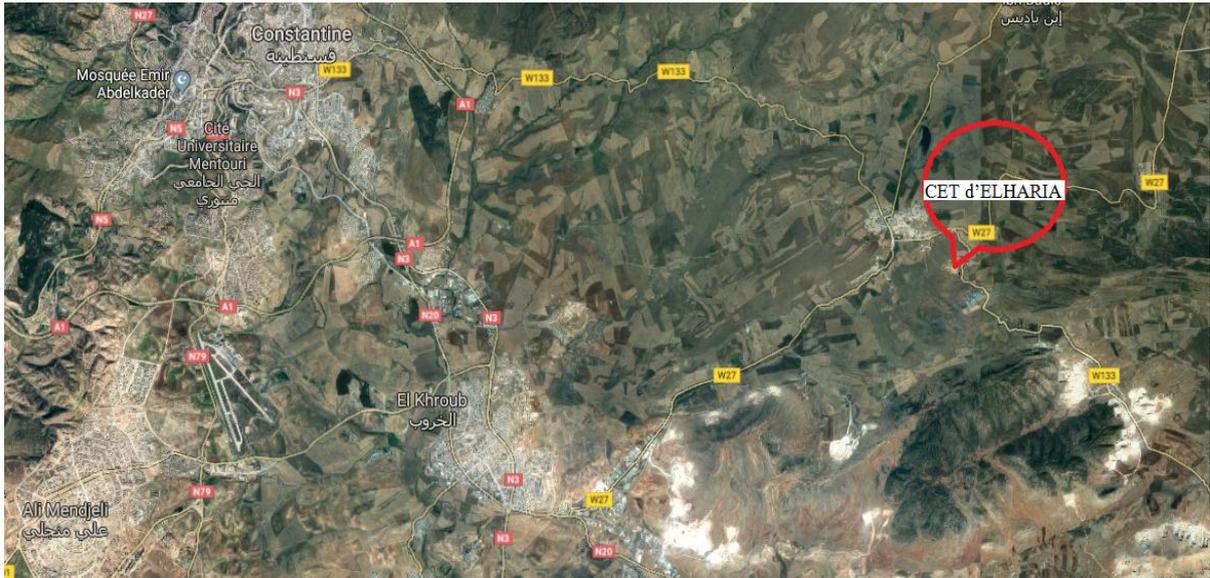


Figure IV.1 : CET d'ELHARIA sur Google carte

IV.1.2. Point de prélèvement des lixiviats :

Pour notre étude nous avons retenu un point de prélèvement de lixiviats situé au niveau de lagune N°01 pour faire le traitement physico-chimique par coagulation-floculation et mesuré les caractérisations de ces lixiviats.

La Figure IV.2 présente un schéma de la décharge avec le point de prélèvement.

Les lixiviats ont été analysés en respectant les conditions classiques de conservation des échantillons. Le prélèvement se fait dans de récipient en polyéthylène de capacité suffisante pour notre étude (20L). Le récipient est rempli puis transporté au laboratoire où il est stocké au réfrigérateur à 4°C de manière à limiter toute activité biologique.

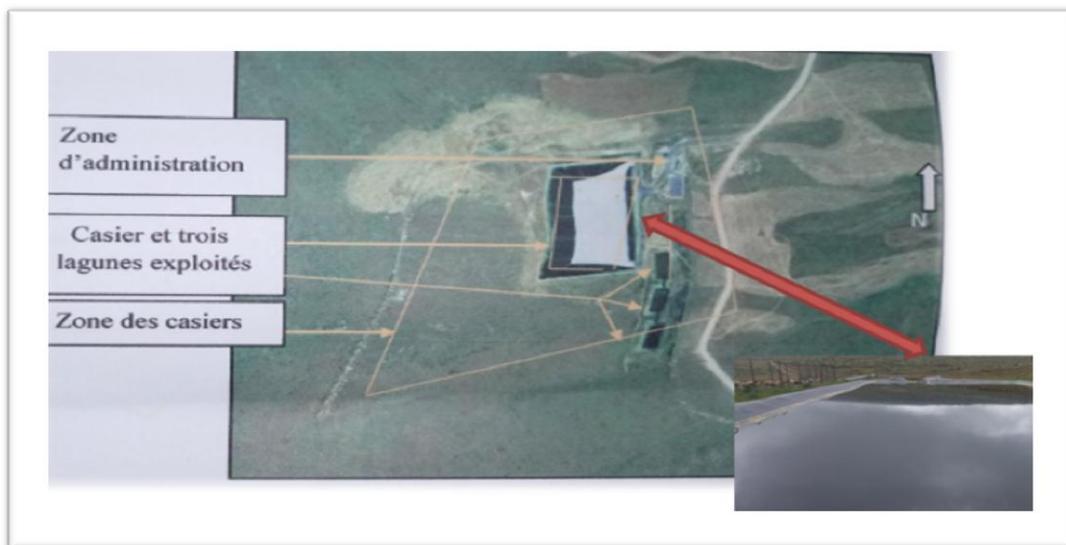


Figure IV.2: la décharge montre le point de prélèvement

IV.1.3. campagne de prélèvement d'échantillon des lixiviats :

Afin d'effectuer une caractérisation des lixiviats, nous avons réalisé la campagne de prélèvement échantillon de CET d'ELHARIA, effectuée le: 27/02/2018 (après une période pluviale), puis sont transportés au laboratoire où ils seront conservés au réfrigérateur à 4°C de manière à limiter toute évolution biologique.

IV.1.4. Méthode d'analyse des paramètres de pollution :

Les paramètres analysés pour caractériser les lixiviats d'ELHARIA, les méthodes et les normes sont portés en annexe I et résumés dans le Tableau IV.2

Tableau IV.2 : Principe et références des méthodes d'analyse

Paramètre	Principe de la méthode	Référence de la méthode
pH	pH-mètre	NFT 90-008
Température	Thermométrie	–
Conductivité	Conductivité-mètre	–
Potentiel redox	pH-mètre	NFT 90-008
DCO	Bichromate de potassium	ISO 6060-1989
DBO ₅	Manométrique (DBO mètre)	–
NH ₄ ⁺	Colorimétrique	ISO 7150/1-1984
NO ₃ ⁻	Colorimétrique	ISO 7890-3-988
NO ₂ ⁻	Colorimétrique	ISO 6777-1984
PO ₄ ³⁻	Colorimétrique	ISO 6878/1-1986
SO ₄ ²⁻	Colorimétrique	–
MES	Filtration et Séchage à 105°C	NFT 90-015
MVS	Calcination a 550°C	–
		–

IV.2. Caractérisation des lixiviats d'ELHARIA :

Les analyses physico-chimiques que nous avons effectuées sur les lixiviats de la décharge d'ELHARIA sont représentés dans le Tableau IV.3

Tableau IV.3 : caractérisation des lixiviats d'ELHARIA

Paramètre	Valeur
Couleur	Marron foncée
Odeur	Nauséabonde
pH	8.05
Température (°C)	22
Turbidité (NTU)	54
Potentiel Redox (mv)	-90.5
Conductivité (µs/cm)	475
DCO (mgO ₂ /l)	9030
DBO ₅ (mgO ₂ /l)	1400
DBO ₅ /DCO	0.16
NO ₂ ⁻ (mg/l)	1.304
NO ₃ ⁻ (mg/l)	6.709
SO ₄ ²⁻ (mg/l)	338.98
PO ₄ ³⁻ (mg/l)	0.0329
MES (mg/l)	10.20
MVS (mg/l)	0.796

IV.2.1. Interprétation :

❖ La couleur :

Le lixiviat étudiée arboraient une couleur marron foncé, ceci doit être dû essentiellement aux MES et à la présence des ions de sulfure dont le pouvoir colorant est élevé.

❖ L'odeur :

Le lixiviat dégage une odeur nauséabonde, très prononcée pour le lixiviat jeune, cette odeur peut être due :

- ✓ A la présence d'ammoniac.
- ✓ Au soufre qui participe de près à l'émanation de ces odeurs due à la formation du gaz H₂S.
- ✓ A la décomposition de la matière organique présente dans l'effluent dont la macération se poursuit (fermentation anaérobie).
- ✓ Et aussi a la température du milieu.

❖ Le pH :

Ce paramètre caractérise un grand nombre d'équilibres physico-chimique et dépend de facteurs multiples, dont l'origine de l'eau.

La valeur moyenne trouvée du pH est de 8.05, Cette valeur explique que nous somme dans une étape de méthanogènes, qui favorise l'autoépuration, et on peut dire que ces lixiviats évoluent d'un lixiviat jeune vers un lixiviat stabilisé.

Le pH trouvé est de l'ordre de 8, alors le traitement proposé est la coagulation-floculation combiné avec adsorption sur charbon actif. [30]

❖ La Température :

Le lixiviat jeune présente une température moyenne élevée de 23^oC du aux réactions exothermiques du réacteur. [30]

Cependant le lixiviat intermédiaire possède une température au voisinage de la température ambiante. Et pour celle du lixiviat vieux elle est légèrement inférieure à la température ambiante.

Ces températures favorisent le développement de la flore mésophile mais restent inférieures à la norme de rejet qui est de 30^oC. [30]

❖ Conductivité électrique :

La conductivité mesure la capacité de l'eau à conduire le courant entre deux électrodes. La plupart des matières dissoutes dans l'eau se trouvent sous forme d'ions chargés.

La mesure de la conductivité permet donc d'apprécier la quantité de sels dissous dans l'eau. La conductivité est également fonction de la température de l'eau : elle est plus importante lorsque la température augmente.

Nous avons trouvés à des valeurs très élevées dues à la concentration élevée en sels dissous et à la quantité des substances minérales dans ces lixiviats.

❖ Demande chimique en oxygène (DCO) :

La DCO exprime la quantité d'oxygène nécessaire pour oxyder la matière organique biodégradable ou non d'une eau à l'aide d'un oxydant fort, le bichromate de potassium sous des conditions données [29].

L'analyse de cet échantillon a montré que la DCO atteint une valeur moyenne de 9030mg/l.

Sachant que la DCO moyenne des eaux urbaines est de l'ordre de 160 mg d'O₂/l, la valeur obtenue pour cet échantillon est chargé en matière organique oxydable. [30]

❖ Demande biochimique en oxygène (DBO₅) :

La DBO exprime la quantité d'oxygène nécessaire à la dégradation de la matière organique biodégradable d'une eau, par le développement de micro-organismes, dans des conditions données. Les conditions communément utilisées sont 5 jours à 20°C, à l'abri de la lumière et de l'air [29].

Les valeurs de la DCO dans le lixiviat varient de 400 à 90000 mg d'O₂/l, celle de la DBO₅, de 250 à 28000 mg d'O₂/l. [30]

La moyenne valeur de la DBO₅ est de 1400 mg d'O₂/l de cet échantillon. On remarque que cette valeur est élevée par rapport à la norme qui est de 35 mg/l pour le rejet dans un milieu naturel. Ces teneurs indiquent la présence d'une concentration importante en matière organique biodégradable. [30]

Le domaine de variation des ces deux paramètre dépend aussi bien de la nature de la décharge et son mode de gestion que de l'étape de fermentation que traversent les déchets.

❖ Le rapport DBO₅/DCO :

Le rapport DBO₅/DCO qui évolue dans le temps indique le caractère organique d'un milieu, et son degré de biodégradabilité, il donne des informations sur l'âge de la décharge, c'est-à-dire la nature des transformations biochimiques qui y règnent. La valeur moyenne de ce rapport est de 0.16.

- ✓ Un pH moyen de l'ordre de 8.05
- ✓ Une charge organique élevée avec une DCO de valeur moyenne de 9.030g d'O₂/l.
- ✓ Une biodégradabilité moyenne de 0,16.

Nous sommes dans le cas de lixiviats intermédiaires.

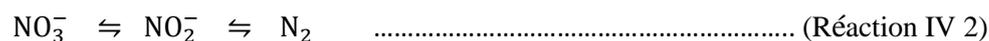
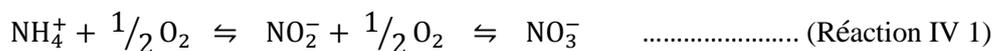
❖ Les nitrates et nitrites (NO₃⁻, NO₂⁻) :

La concentration moyenne mesurée pour les nitrates est 6.709mg/l, et la concentration de nitrites est 1.304 mg/l.

Les valeurs sont très faibles pour les nitrites et moyennement faible pour les nitrates, ceci peut s'expliquer par la faible présence du NH₄⁺.

Le processus de dénitrification commencé et c'est un procédé qui repose sur l'élimination de nitrate en produisant des nitrites.

Les nitrites constituent une étape importante dans la métabolisation des composés azotés, ils s'insèrent dans le cycle de l'azote entre les ions ammonium (NH₄⁺) et les nitrates. Leur présence est due, soit à l'oxydation bactérienne de l'ammoniaque, soit à la réduction des nitrates, ils ne représentent qu'un stade intermédiaire et sont facilement oxydés en nitrates. La réaction chimique suivante résume le phénomène d'oxydation :



❖ Les sulfates SO₄²⁻ :

Le lixiviat véhicule une concentration élevée en sulfates, La valeur moyenne pour cet échantillon est 338.98 mg/l.

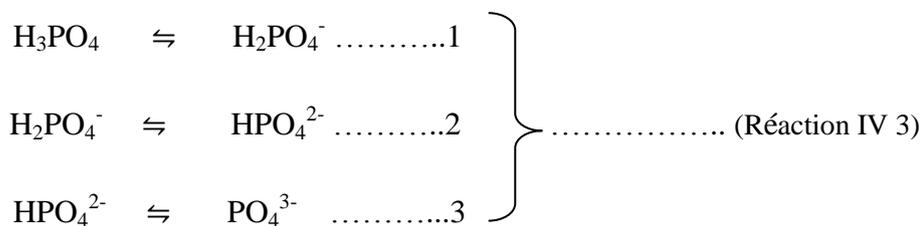
❖ Les Orthophosphates PO_4^{3-} :

Le phosphore est présent dans les lixiviats sous différentes formes :

- ✓ Phosphore organique : comme les phospholipides, les phosphoprotéines.
- ✓ Phosphore minéral: dérivé de l'acide phosphorique comme les orthophosphates (PO_4^{3-} , H_2PO_4^- et HPO_4^{2-}).L'ensemble des formes organiques et minérales constitue le phosphore total.

Les phosphates correspondent en fait aux ortho-phosphates car l'ion phosphate, n'existe en solution que pour des pH basiques. [30]

En effet, l'acide phosphorique est susceptible de s'ioniser de différentes façons:



La présence de phosphore dans les eaux entraîne un développement important des algues microscopiques et macroscopiques.

Le résultat obtenu en orthophosphate de cette prélèvement du CET d'ELHARIA est de 0.0329 mg/l.

Nous remarquons que ces valeurs sont très faibles par rapport à la norme des rejets des centres d'enfouissement qui est de 10 mg/l. [30]

❖ Matière en suspension (MES) :

Ces produits peuvent être d'origine minérale (sables, limons, argiles, ...) ou organique (produits de la décomposition des matières végétales ou animales, acides humiques ou fliques par exemple). A ces composés s'ajoutent les micro-organismes tels que bactéries, plancton, algues et virus. [27]

En générale, la turbidité de l'eau est causée par des particules de matière inorganique (particules de glaise et d'argile) alors que sa couleur est imputable à des particules de matière organique et d'hydroxyde de métal (le Fer par exemple) [29].

Les lixiviats de la décharge d'ELHARIA ne sont pas chargés en MES (10.20 mg/l), ces valeurs sont acceptable par rapport à la norme de rejet qui est de 35 mg/l.

❖ Matière volatile sèche (MVS) :

On entend par matières volatiles sèches la partie des matières en suspension susceptibles d'être volatilisées à 550 °C. Les MVS sont généralement assimilées aux matières organiques en suspension.

Conclusion:

- Les valeurs caractéristiques des paramètres physico-chimiques pour les lixiviats examinées, montrent que ces percolâtes ne véhiculent pas de fortes pollutions.
- Ces variations importantes des caractéristiques des lixiviats sont attribuées à plusieurs raisons tel que la composition variable des déchets enfouis, l'âge de la décharge, l'hydrogéologie du site et le climat spécifique du site.

IV.3.Traitement des lixiviats d'ELHARIA :

La coagulation floculation est un procédé très utilisé pour le traitement des eaux potables et des eaux usées, plusieurs études l'ont utilisé pour le traitement des lixiviats de décharge avec une meilleure optimisation des paramètres.

Des études ont prouvé que les sels ferriques montrent une meilleure efficacité que les sels d'aluminium en termes d'abattement de la DCO. [20]

IV.3.1.Traitement par coagulation – floculation :

- **Matériels et Méthodes**

On a utilisé un Jar test équipé de 4 béchers d'un litre. Le stock des lixiviats est retiré du réfrigérateur, laissé pendant environ 2 heures à la température ambiante et agité pour remettre les particules décantées en suspension. Les essais sont réalisés sur 500 ml de lixiviat. Le pH est ajusté par ajout, à l'aide de pipettes, d'acide sulfurique. On procède ensuite en trois phases successives :

- **Une phase initiale avec une agitation rapide de 300 tr/min pendant une minute :**

C'est dans cette phase où l'on déverse le coagulant. Le coagulant utilisé est le FeCl_3 . On a utilisé ce coagulant pour les bons résultats qu'il a donné lors des études antérieures. [20]

- **Une phase lente où la vitesse d'agitation est réduite jusqu'à 45 tr/min pendant 20 minutes :**

- **Et une phase finale de repos d'une heure :**

Elle correspond à la décantation des floccs. Le prélèvement du surnageant se fait ensuite à l'aide d'une seringue à 1cm de l'interface air-eau.

Enfin, on procède à l'analyse du surnageant en vue de mesurer l'efficacité de ce traitement, le rendement ou abattement de DCO est calculé par la formule suivante :

$$R (\%) = \frac{DCO_i - DCO_F}{DCO_i} \times 100$$

Avec :

- DCO_i : demande chimiques de l'effluent avant traitement
- DCO_F : demande chimiques de l'effluent après traitement.

IV. 3.1.1. Optimisation de la dose de coagulant :

Les résultats de la coagulation par le $FeCl_3$ résumés dans le tableau IV.4, la figure IV.2 illustre le rendement d'élimination de la DCO. (Pour un pH théorique de 5)

Tableau IV.4: Influence de la dose du coagulant ($FeCl_3$) à pH = 5

N° tube	pHi	DCOi (mg O ₂ /L)	FeCl ₃ (g/l)	DCOf (mg O ₂ /L)	R %
1	5	9030	2	3112.5	65.53
2	5	9030	2.5	1705	81.11
3	5	9030	2.6	1072.5	88.12
4	5	9030	2.8	1455	83.88
5	5	9030	3	885	90.19
6	5	9030	3.2	1342.5	85.13
7	5	9030	3.4	3175	64.84
8	5	9030	3.5	2030	77.52
9	5	9030	4	2462.5	72.73
10	5	9030	4.5	6532.5	27.65
11	5	9030	6	2810	68.88

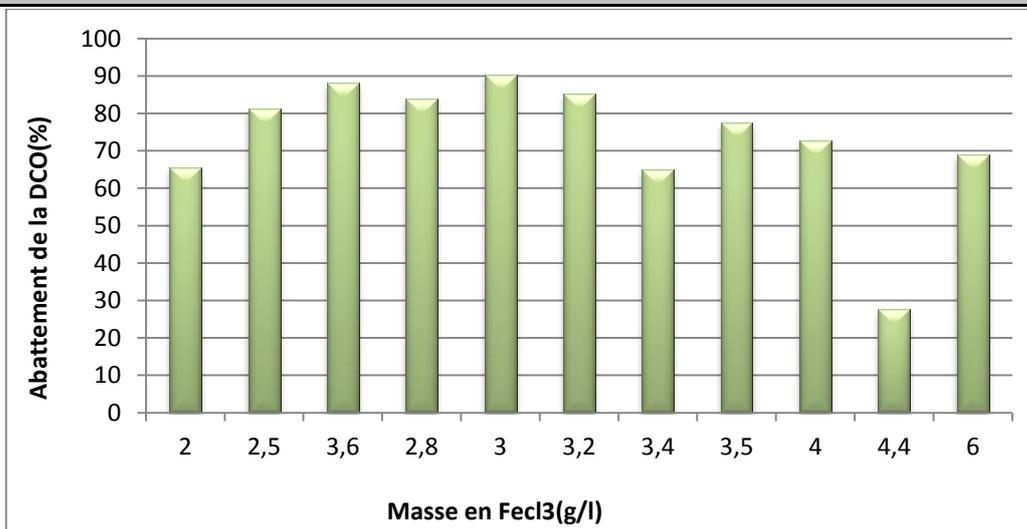


Figure IV.3 : Évolution de l'élimination de la DCO en fonction de la masse de $FeCl_3$

Nous constatons qu'une efficacité maximale d'élimination de la DCO de 90,19 % a été obtenue avec la dose de 3 g/l.

IV.3.1.2. Optimisation du pH :

Dans cette partie nous allons étudier l'influence du pH sur la dose optimal. Pour cela, nous avons varié le pH initial de l'effluent de 4 à 7 comme montre le tableau IV.5 et les figures IV.4, IV.5.

Tableau IV.5 : Influence du pH (dose du coagulant m = 3 g/l)

N° tube	pHi	DCOi (mg O2/L)	Fecl ₃ (g/l)	DCOf (mg O2/L)	R %
1	4	9030	3	2167.5	75.99
2	5	9030	3	970	90.19
3	6	9030	3	2460	72.75
4	7	9030	3	4295	52.43

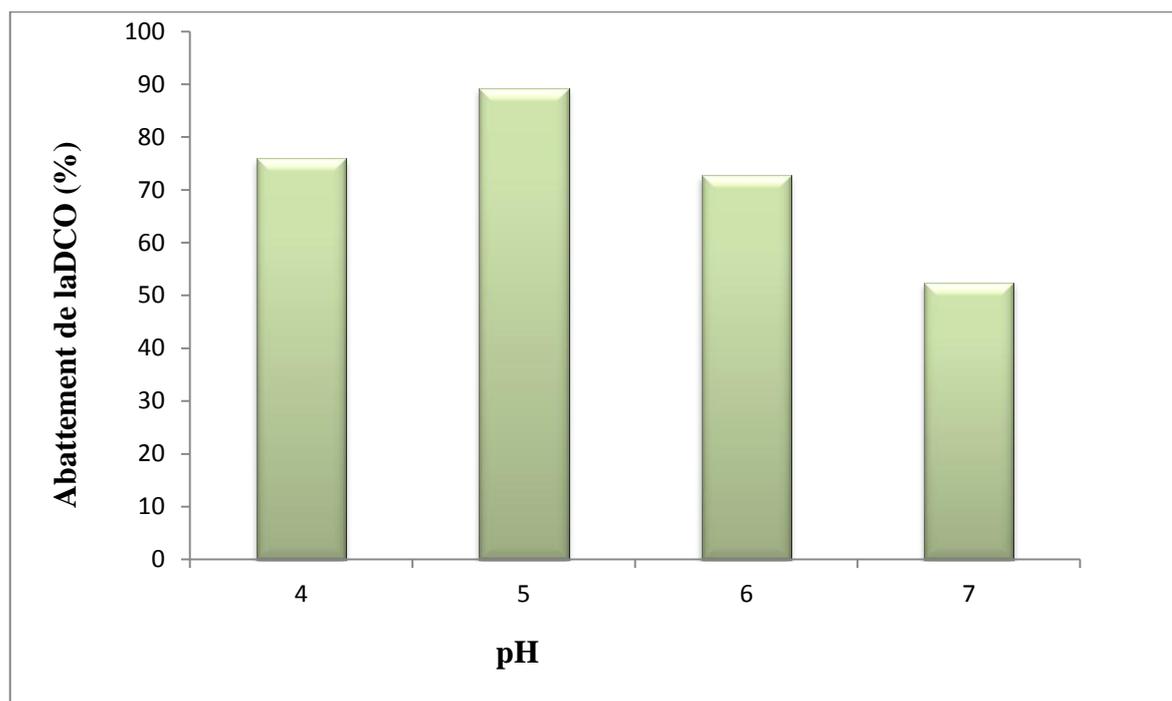


Figure IV.4: Évolution de l'élimination de la DCO en fonction du pH

Un examen des résultats permet de conclure qu'une meilleure efficacité du procédé a été obtenue à un pH de 5. Donnée un rendement d'élimination de la DCO jusqu'à 90,19%.

C'est presque le même résultat obtenu dans la première étape, donc nous avons confirmé le pH théorique de 5.



Figure IV.5 : Traitement par coagulation –floculation à différent pH

IV.3.2. combinaison de la coagulation-adsorption sur charbon actif :

IV.3.2.1. optimisation de la dose de charbon actif :

Après la détermination de la dose optimale de coagulant et l'optimisation du pH, nous avons traité 2 litres de lixiviat par coagulation floculation en fixant les paramètres optimaux (dose 3 g/l, pH 5) en vu de prélever le surnageant et lui faire subir une adsorption sur charbon actif. En effet, nous avons ajouté pour 4 bécher contenant chacun 500 ml de lixiviat traité des masses variables de charbon actif, les résultats sont regroupés dans le tableau IV.6

Tableau IV.6: Influence de la dose de charbon actif (pH =5et dose du coagulant (FeCl₃) = 3g/l)

N° tube	pHi	DCOi (mgO ₂ /L)	Fecl ₃ (g/l)	Charbon actif (g/l)	DCOf (mgO ₂ /L)	R %
1	5	9030	3	3	2525	72.03
2	5	9030	3	4	2412.5	73.28
<u>3</u>	<u>5</u>	<u>9030</u>	<u>3</u>	<u>5</u>	<u>690</u>	<u>92.36</u>
4	5	9030	3	6	900	90.03

DCOi : demande chimiques en Oxygène avant traitement par coagulation-floculation et traitement combiné

DCOf : demande Chimique en Oxygène après traitement par coagulation-floculation et traitement combiné

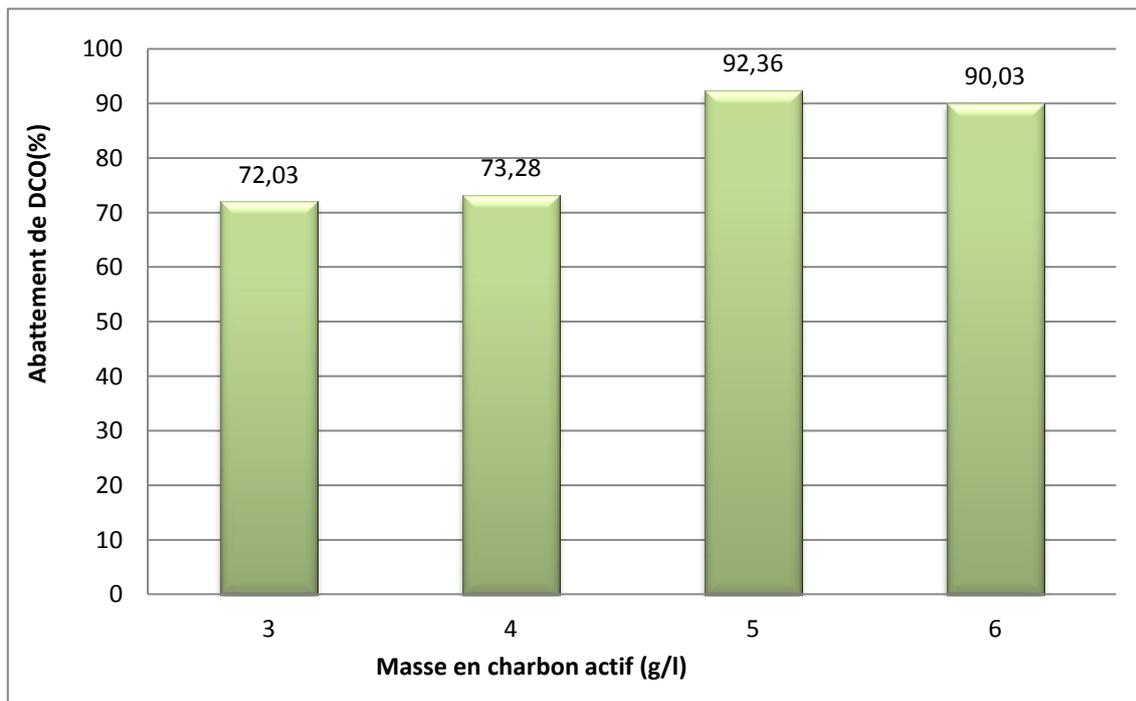


Figure IV.6 : Évolution de l'élimination de l'abattement de DCO en fonction de la masse de charbon actif

L'application du traitement combiné (coagulation –adsorption sur charbon actif) sur le lixiviat montre une meilleure efficacité qu'avec le traitement par coagulation seule.

Cependant un abattement de 92,36 % de la DCO a été atteint et une couleur très claire a été obtenue avec une dose de charbon actif de 5 g/l.

La DCO finale du lixiviat traité étant de 690 mg/l, valeur qui n'est pas loin de la norme de rejet 120 mg/l. [4]

La figure ci-dessous montre la dégradation de la couleur des lixiviats après traitement par coagulation et après traitement combiné.

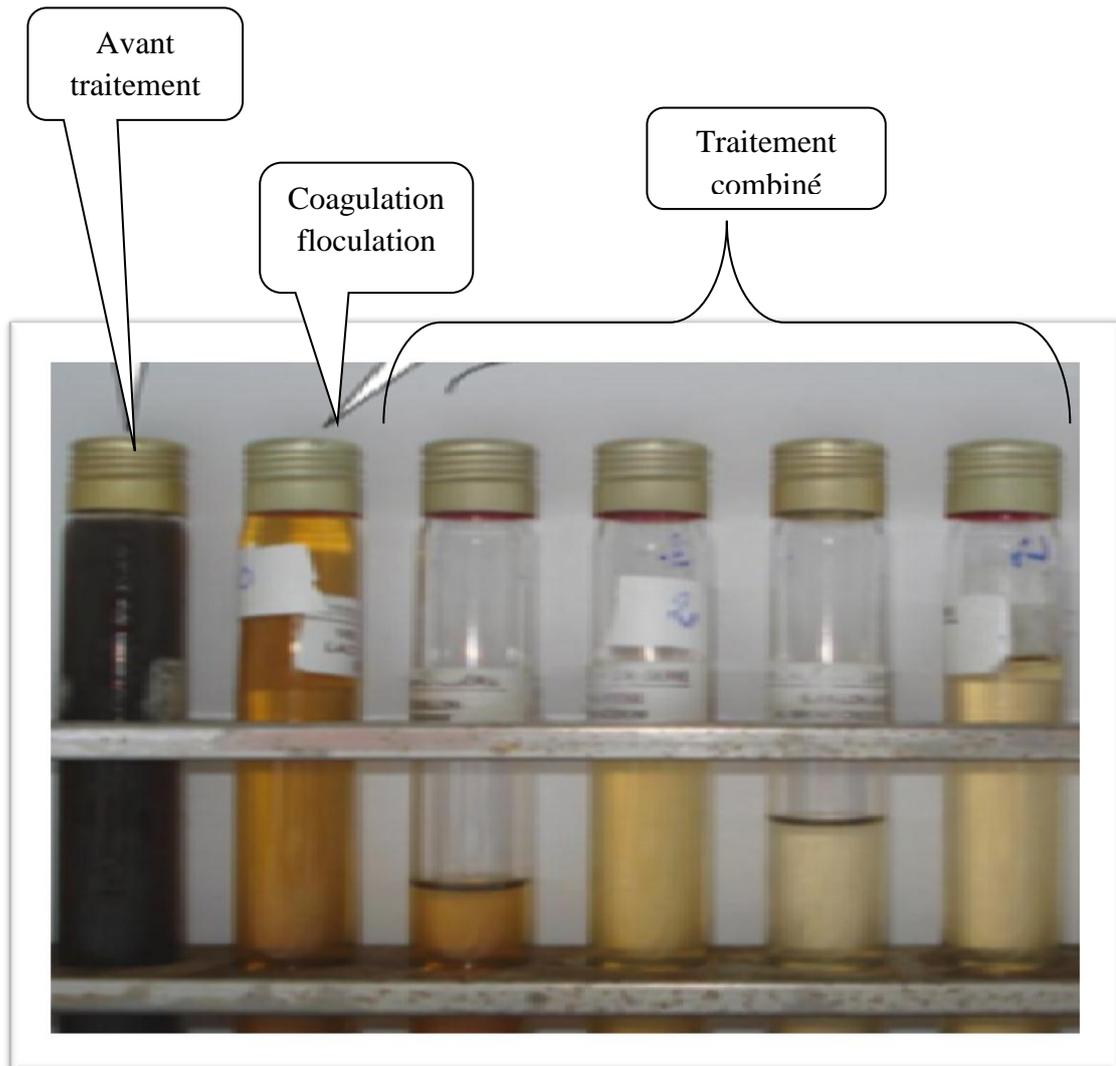


Figure IV.7 : Dégradation de la couleur après traitement par coagulation-floculation et traitement combiné

IV.4. Caractérisation du lixiviat après traitements :

Tableau IV.7 : présentation de la caractérisation des lixiviats après traitements

Paramètre	Avant traitement	Après traitement combiné
Couleur	Marron foncée	Marron Claire
Odeur	Nauséabonde	Faible odeur
pH	8.05	2.82
Température (°C)	22	-
Turbidité (NTU)	54	12
Potentiel Redox (mv)	-90.52	57
Conductivité (µs/cm)	475	1738
DCO (mgO ₂ /l)	9030	690
DBO ₅ (mgO ₂ /l)	1400	40
DBO ₅ / DCO	0.16	0.06
NO ₂ ⁻ (mg/l)	1.304	0.070
NO ₃ ⁻ (mg/l)	6.709	1.280
SO ₄ ²⁻ (mg/l)	338.98	142.62
PO ₄ ³⁻ (mg/l)	0.0329	0.012
MES (mg/l)	10.28	-
MVS (mg/l)	0.796	-

IV.5. Discussions des résultats:

La coagulation a donné un rendement, après optimisation du pH et de la dose du coagulant, supérieur à 90%.

Et après le traitement combiné (coagulation –adsorption sur charbon actif) a donné une meilleure efficacité qu’avec le traitement par coagulation seule d’après 92.36%.

Les boues issues du procédé sont nauséabondes, ces dernières doivent faire l’objet d’un traitement ou incinération avant rejet dans le milieu naturel.

IV.6 Comparaison des résultats avec des autres sites :

Pour avoir un aperçu global sur la pollution des lixiviats dans notre site d'étude, il est utile de comparer nos résultats avec ceux obtenus en d'autres sites en Algérie.

Le tableau IV.8 donne des résultats obtenus à un site à Alger.

Le tableau IV.8 : comparaison avec le site d'Ouled-Fayet (Alger)

Paramètre	El-Haria (Constantine)	Ouled-Fayet (Alger) [36] (Alger, 2008)
Couleur	Marron foncée	Noirâtre
Odeur	Nauséabonde	Nauséabonde prononcé
PH	8.05	6.59
Température (°C)	22	27
Turbidité (NTU)	54	-
Potentiel Redox (mv)	-90.5	-
Conductivité (µs/cm)	475	42600
DCO (mgO₂/l)	9030	78000
DBO₅ (mgO₂/l)	1400	48000
DBO₅/DCO	0.16	0.6
NO²⁻ (mg/l)	1.304	44.21
NO³⁻ (mg/l)	6.709	229.39
SO₄²⁻ (mg/l)	338.98	4190
PO₄³⁻ (mg/l)	0.0329	247.84
MES (mg/l)	10.20	512
MVS (mg/l)	0.796	297.47

On remarque que la DCO trouvée dans notre site est de l'ordre de 9030 mgO₂/l, et celle trouvée dans le site d'Ouled-Fayet est de 78000 mgO₂/l, ainsi que le rapport DBO₅/DCO trouvé est inférieur au rapport trouvé dans e site d'Alger.

Les concentrations nitrites et nitrates sont presque incomparable avec l'autre site. Ainsi que les MES dans les lixiviats d'Alger sont très élevés par rapport aux lixiviats de notre site d'étude.

La comparaison des résultats obtenus dans notre site avec celles d'Ouled-Fayet nous montre que le niveau de pollution des lixiviats d'El-Haria est acceptable par rapport à l'autre site.

CONCLUSION GENERALE

La question de la gestion des déchets reste très délicate même de nos jours. En ce qui concerne les déchets ménagers en Algérie, la mise en décharge ou en C.E.T semble être la plus appropriée vue la haute biodégradabilité de ces derniers.

Cependant, toute solution n'est pas définitive et les C.E.T n'échappent pas à cette règle : Le C.E.T est un écosystème qui est en constante évolution tout au long de la dégradation des déchets solides et produisant en parallèle d'autres éléments dits « dérivés » sous forme gazeuse (biogaz : CH_4 et CO_2 essentiellement), ou liquide (lixiviats de décharges). Ces dérivés ont des impacts très nuisibles pour l'homme ainsi que pour l'écosystème environnant.

Notre étude a porté sur la caractérisation et le traitement physico-chimique des lixiviats en voie de stabilisation du C.E.T de ELHERIA. Ces lixiviats véhiculent une pollution organique, minérale et azotée.

Nous avons trouvé quelques paramètres de pollution analysés dépassent les normes de rejet dans un milieu récepteur, d'où la nécessité de traiter et de diminuer au maximum tous les polluants. Pour cela, nous avons utilisé deux procédés : la coagulation-floculation et la combinaison avec l'adsorption sur charbon actif.

Le procédé de coagulation-floculation a donné un abattement de 90,19% de la charge organique. Cependant l'effluent obtenu après traitement est très acide et ne peut être rejeté en l'état dans la nature sans régulation de pH.

En combinant la coagulation – floculation et l'adsorption sur charbon actif, une nette diminution de la coloration et de la DCO est obtenue avec un rendement de plus de 92 % ($\text{DCO}_f = 690 \text{ mg d'O}_2/\text{L}$). De plus, le pH de l'effluent après traitement nécessite un ajustement avant son rejet dans l'environnement.

A noter qu'un traitement d'appoint, tel que le traitement biologique, l'oxydation avancée ou la filtration sur charbon actif en grain (CAG), rendrait nos lixiviats sans doute satisfaisants aux normes d'admission dans un milieu récepteur ($\text{DCO} = 120 \text{ mg d'O}_2/\text{L}$).

En terme de gestion environnementale des C.E.T, la solution qui nous paraît la plus évidente, reste la mise en place d'une unité de traitement in situ, qui permettrait d'éviter les

Conclusion générale

risques encourus lors du transport de ces eaux (risque de rupture de canalisation,...) vers des unités de traitements extérieures (telle qu'une station d'épuration par exemple).

Enfin, le problème des déchets ne concerne pas seulement les gens du domaine technique et de gestion, mais il est aussi important pour toute la société, et ce, en respectant un mode de consommation qui minimise la génération des déchets et l'instauration d'une politique de développement durable.

Détermination de la demande chimique en oxygène (D.C.O)

Par photométrie

Principe :

Il repose sur l'oxydation a chaud en milieu sulfochromique concentre des matières organiques de l'échantillon et sur le dosage du chrome hexavalent résiduel par spectrophotométrie

Appareillage :

- Bloc chauffant a 148°C capable de recevoir des tubes bouchés avec joint téflon
- Spectrophotomètre (a double faisceau BECKMAN UV- 160A)
- Balance de précision

Réactifs :

- Solution de dichromate de potassium a 2,45 g/l ($8,33 \cdot 10^3$ mole/l)
- Solution de sulfate d'argent 6,6 g/l (préparée dans l'acide sulfurique)
- Acide sulfurique concentré (d=1,83)
- Sulfate de mercure cristallisé

Mode opératoire :

- Dans un tube introduire successivement
 - 1 ml de solution de sulfate d'argent
 - 0,04 g de sulfate de mercure cristallisé
 - 1 ml de solution dichromate de potassium
 - 2 ml d'échantillon (l'eau distillée pour le blanc)
- Après fermeture hermétique et homogénéisation les tubes sont places dans le bloc chauffant pendant 2h a 148°C
- La mesure de la DCO est effectuée sur un spectrophotomètre (a double faisceau BECKMAN UV-160A) a une longueur d'onde de 525 nm (le dosage final de l'oxydant résiduel se fait par mesure de l'absorbance, par rapport a l'eau distillée, du mélange réactionnel refroidi (T=20°C))

La teneur la DCO est déduite du graphe d'étalonnage N°1

La formule de calcul ($Y = 0,0004 X$) $X = Y/0,0004$

X : C (mg/l) de DCO et Y : valeur absorbé

Détermination de la Demande Biochimique en Oxygène

NFT 90-103

Principe:

L'échantillon d'eau introduit dans une enceinte thermo-statée est mis à incuber en présence d'air. les micro-organismes présent consomment l'oxygène dissous qui est remplacé en permanence par l'oxygène en provenance du volume d'air situé au dessus de l'échantillon.

L'anhydride carbonique (CO₂) formé est piégé par l'hydroxyde de potassium.

Cette détermination en oxygène crée une dépression qui est enregistrée par une élévation du niveau de mercure.

Méthodes instrumentales :

Mode opératoire:

Prise d'essai dépend de la charge de l'échantillon, celle-ci dépend de l'origine de l'échantillon industriel ou urbain, de la couleur, de l'odeur et de la charge en matières en suspension.

Voici le volume de l'échantillon d'après la DBO présumée

La charge	DBO Présume mg/l	Péris d'essai	facteur	La charge	DBO Présumée Mg/l	Prise d'essai	Facteur
Très Faible	0 - 40	432	1	Très Faible	0 - 35	428	0.1
Moyenne	0 - 80	365	2	Faible	0 - 70	360	0.2
Plus que La Moyenne	0 - 200	250	5	Moyenne	0 - 175	244	0.5
Un peu Chargée	0 - 400	164	10	Plus que La Moyenne	0 - 350	157	1.0
Chargée	0 - 800	97	20	Chargée	0 - 700	94	2.0
Très Chargée	0 - 2000	43.5	50	Très Chargée	0 - 1400	56	4.0
Très Chargée	0 - 4000	22.7	100				

Dosage des Matières en suspension (MES) : méthode de filtration

Les matières en suspension (MES) constituent l'ensemble des particules minérales et/ou organiques présentes dans une eau naturelle ou polluée. Elles peuvent être composées de particules de sable, de terre et de sédiment arrachées par l'érosion, de divers débris apportés par les eaux usées ou les eaux pluviales très riches en MES, d'êtres vivants planctoniques (notamment les algues). Elles correspondent à la concentration en éléments non dissous d'un échantillon.

On obtient les matières en suspension par une méthode de filtration.

➤ **Mode opératoire :**

- On prend un papier filtre et on le pèse (P_0).
- On place un entonnoir sur un bécher et on place dessus le papier filtre.
- On verse une quantité de boue dans ce dispositif (au niveau de laboratoire de l'école nationale polytechnique on a pris un volume de 100 ml).
- Après filtration, on met le papier filtre dans une coupelle en aluminium qu'on va placer dans une étuve à 105°C jusqu'à déshydratation.
- Après cela on place ce filtre dans un dessiccateur pour enlever toute humidité restante et puis on refait la pesée (P_1).

On calcule la concentration des MES en utilisant la formule ci-dessous :

$$MES \text{ (mg/l)} = \frac{(P_1 - P_0)}{V} \times 1000$$

Après avoir pesé et mesuré les MES, le papier filtre contenant les MES est mis au four à 550°C pendant 2 heures.

Détermination des MVS

Principe : les matières organiques ont la propriété d'être minéralisées à haute température :

Matières Organiques(C, H, O, N...) $\text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O} + \text{NH}_3 + \text{H}_2\text{S} \dots$

Les molécules produites par calcination de la MO sont sous forme gazeuse à haute température et vont donc se volatiliser.

C'est pour cette raison que l'on détermine la teneur en MO par calcination à 550°C et par pesée du résidu (les cendres) qui représente les matières minérales. Par différence entre la masse de matières sèches initiale et la masse de matières minérales restante, on détermine la masse de matières organiques.

On peut donc écrire :

$$\text{MES} = \text{Matières organiques (MVS)} + \text{Matières minérales (MM)}$$

On calcule la concentration des MVS en utilisant la formule ci-dessous :

$$\text{MVS (mg/l)} = \text{MES} - \text{MM}$$

Dosage des nitrites (NO_2^-) : Méthode de ZAMBELLI

Principe :

L'acide sulfanilique en milieu chlorhydrique, en présence d'ion ammonium et de phénol (= réactif de ZAMBELLI), forme avec les ions nitrites un complexe coloré jaune dont l'intensité est proportionnel à la concentration en nitrites.

Réactif :

- Réactif de ZAMBELLI
- Ammoniaque
- L'eau distillée

Appareillage :

- Spectrophotomètre (a double faisceau BECKMAN UV- 160A)

Mode opératoire :

Le complexe coloré jaune adsorbe à la longueur d'onde 435 nm, alors l'intensité qui est proportionnel à la concentration des nitrites peut être évaluée par une méthode spectrophotométrique. On réalise alors une gamme étalon à partir d'une solution étalon de nitrite à 0,0023 g/l :

Numé de fiole	T	1	2	3	4	5
Solution étalon (ml)	0	0.1	0.5	1	1.5	2
Eau distillée (ml)	5	4.9	4.5	4	3.5	3
Réactif de ZAMBELLI	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2

Attendre 10 minutes et ajouter :

Ammoniaque pure (ml)	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2
Concentration en nitrite en mg/l	0	0.046	0.23	0.46	0.69	0.92
D.O. mesurée	0	0.0178	0.1118	0.2232	0.336	0.454

On prélève 5 ml d'eau a analysé (lixiviats) auquel on ajoute 0,2 ml de réactif de ZAMBELLI.

Puis après 10 min on ajoute 0,2 ml d'ammoniaque.

La teneur en nitrites est déduite du graphe d'étalonnage N°2

Dosage Des Nitrates (NO₃⁻) : Méthode au réactif Sulfophénique**(Norme AFNOR NF T 90 102)****Principe :**

En présence de salicylate de sodium et après traitement en milieu alcalin, les nitrates donnent du

paranitrosalicylate de sodium coloré en jaune et susceptible d'un dosage colorimétrique.

Réactifs :

- Acide sulfurique
- Ammoniac.
- Phénol.

Préparation du réactif sulfophénique :

Dissoudre 12 g de phénol dans 144 ml d'acide sulfurique dans un bain- marie.

Appareillage :

- Photomètre UV- visible.
- Cellule de dosage.

Mode opératoire :

- Prendre 5 ml de l'échantillon à analyser, le faire évaporer à sec.
- Laisser refroidir et ajouter 2 ml de réactif sulfophénique.
- Attendre 10 minutes, puis ajouter 15 ml d'eau déminéralisée et 10 à 15 ml d'ammoniac qui développe la couleur jaune.
- Compléter à 50 ml avec de l'eau déminéralisée.
- Effectuer la lecture sur le photomètre à $\lambda = 440$ nm.
- La teneur en nitrates est déduite du graphe d'étalonnage N°3

La formule de calcul ($Y = 0,2796 X$)

Dosage Des Sulfates (SO_4^{2-}) : méthode turbidimétrique

Principe :

Cette méthode est basée sur le fait que les ions SO_4^{2-} se précipitent en milieu acide et en présence du chlorure de baryum (BaCl_2) pour former (BaSO_4).

Réactifs :

- Solution stabilisante: (chlorure de magnésium, acétate de sodium, nitrate de potassium, acide acétique).
- Chlorure de baryum.

Mode opératoire :

- Prélever 10 ml de l'échantillon à analyser.
- Ajouter 2 ml de solution stabilisante et agiter.
- Rajouter 0,04 g de chlorure de baryum, agiter pendant 1 minute puis verser la suspension dans la cellule du photomètre.
- Attendre 3 à 4 minutes pour effectuer la lecture sur le photomètre à $\lambda = 420$ nm.
- Essai à blanc : sur une eau déminéralisée nous procédons aux mêmes étapes mais sans ajouter le chlorure de baryum.

Dosage Des Ortho phosphates (PO_4^{3-})**ISO 6878/1-1986****Principe :**

Les ions orthophosphates en solution acide (H_2SO_4) et en présence d'ions molybdate et antimoine forment un complexe d'antimonyl-phosphomolybdate qui, après réduction par l'acide ascorbique, donne un complexe de molybdène fortement coloré en bleu. Le développement de la coloration est accéléré par l'utilisation d'un catalyseur, le tartrate double de potassium et d'antimoine.

La mesure de l'absorbance de ce complexe se fait à 880 nm et permet de déterminer la concentration en orthophosphates de l'échantillon.

Appareillage :

Spectrophotomètre UV-V

Réactifs:

Réactif mixte:

A= (molybdate d'ammonium (5g), eau distillée (120 ml)).

B= (Tartrate de potassium d'antimoine hemihydraté (0,275g), Eau distillée (100 ml)).

C= (Acide sulfurique pur (20 ml) 20%, eau distillée (80ml) 80%).

Réactif phosphate :

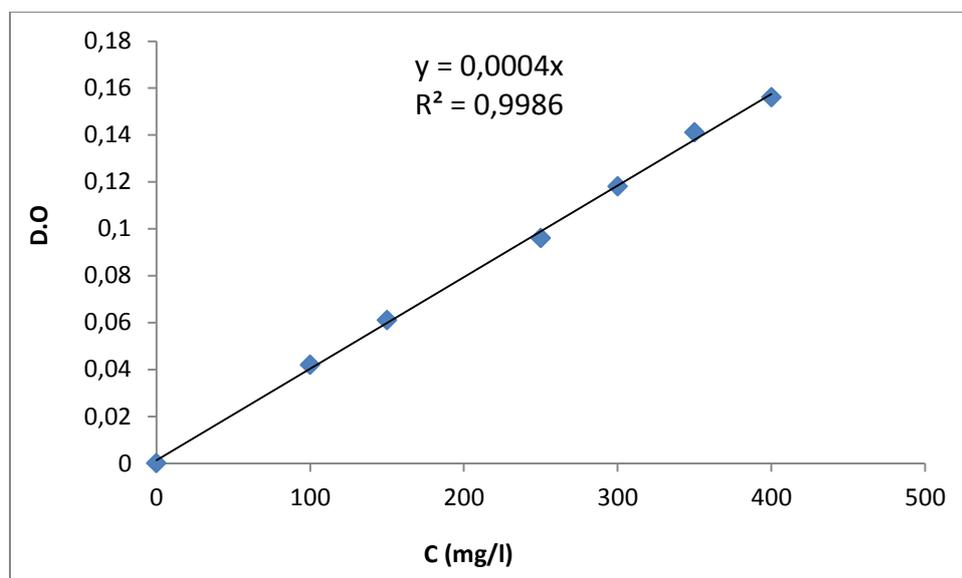
(Réactif A + Réactif B) + Réactif C = 500ml (stable 2mois)

Mode opératoire :

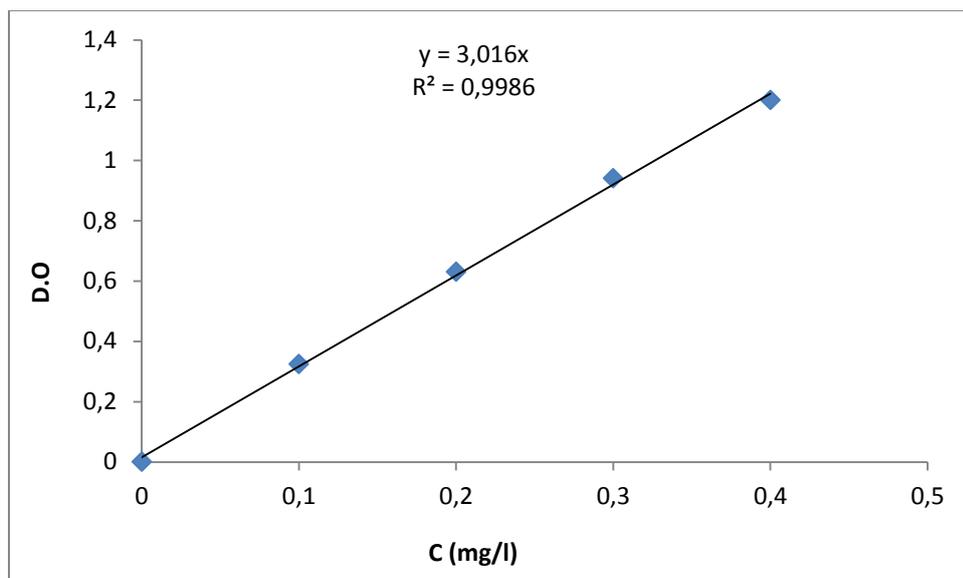
- Introduire dans une fiole 1ml de l'échantillon à analyser diluer à environ 50ml avec de l'eau distillée.
- Prélever 40ml de cette dernière solution ;
- Ajouter 1ml d'acide ascorbique
- Ajouter 2ml d'Heptamolybdate d'ammonium
- Compléter jusqu'à 50ml
- Prévoir une fiole avec 40ml d'eau distillée pour le blanc réactif
- Le développement de la couleur bleu après 30mn indique la présence de PO_4^{3-}
- Effectuer la lecture sur le photomètre à $\lambda = 700 \text{ nm}$.
- La teneur en orthophosphates est déduite du graphe d'étalonnage N°4

Courbes d'étalonnages :N°1 : DCO

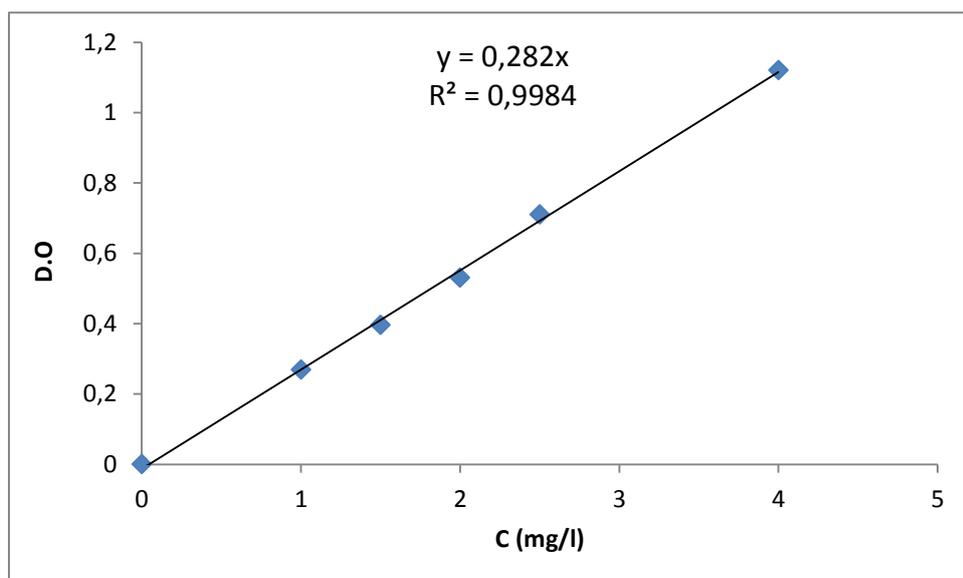
Concentration de glucose (mg/l)	D.O
0	0
100	0,042
150	0,061
250	0,096
300	0,118
350	0,141
400	0,156

N°2 : NO₂⁻

Concentration (mg/l)	D.O
0	0
0,1	0,324
0,2	0,63
0,3	0,94
0,4	1,2

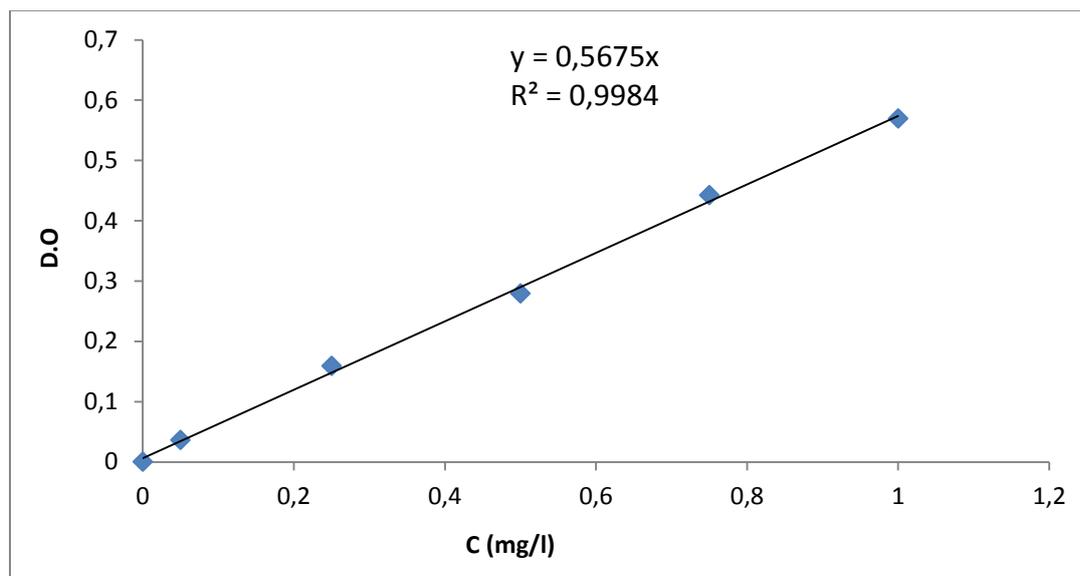
N°3 : NO₃⁻

Concentration (mg/l)	D.O
0	0
1	0,269
1,5	0,396
2	0,53
2,5	0,71
4	1,12

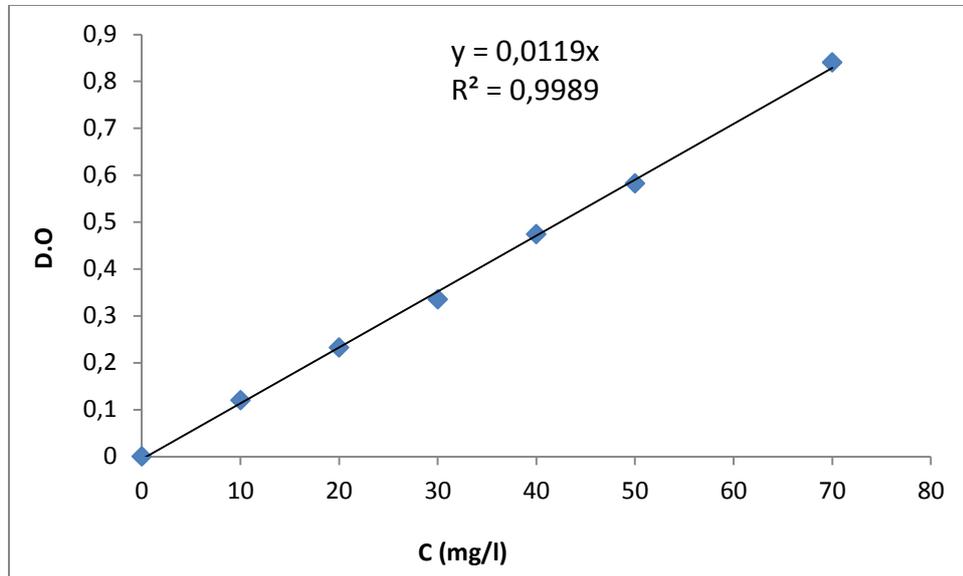


N°4 :PO₄³⁻

Concentration (mg/l)	D.O
0	0
0,05	0,036
0,25	0,159
0,5	0,279
0,75	0,442
1	0,569

N°5 :SO₄²⁻

Concentration (mg/l)	D.O
0	0
10	0,12
20	0,232
30	0,335
40	0,474
50	0,582
70	0,84



Références bibliographiques

- [1] : M.A.T.E (Ministère de l'Aménagement du Territoire et de l'Environnement), Rapport 2003 (DOUNIA).
- [2] : **Rapport**, Etablissement public de gestion des centre d'enfouissement technique et traitement des déchets de la wilaya de Constantine «Présentation d'un centre d'enfouissement technique d'IBN BADIS », EPIC EPWG - C.E.T De Constantine 01/03 / 2010.
- [3]: **D. HUEBER**, « Manuel d'information sur la gestion des déchets solides urbains », GT Gmbh, juillet 2001.
- [4]: Journal Officiel de la République Algérienne Démocratique et Populaire, Décret exécutif n° 06-141 du 20 Rabie El Aouel 1427correspondant au 19 avril 2006 définissant les valeurs limites des rejets d'effluents liquides, N°26, Algérie, 2006.
- [5]: **E. KOLLER**, « Traitement des polluants industrielles ; Eau Air Déchets Sols Boues », Ed Dunod, Paris 2004.
- [6]: **P. PINEL-RAFFAITIN**, « Suivi des métaux et métalloïdes dans les effluents de centres de stockage de déchets : spéciation et devenir des composés de l'arsenic et de l'étain dans les lixiviats et les biogaz », Thèse de doctorat, Environnement et Matériaux, université de Pau et des pays de l'Adour, 2006.
- [7] : GILL FRIANT : Les décharges contrôlées des résidus urbains, risque de pollution des eaux (Mai-Juin 1983).
- [8] C. BERTHE, 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.
- [9] S.O. ALOUEIMINE, 2006, Méthodologie de caractérisation des déchets ménagers à Nouakchott (Mauritanie) : contributions à la gestion des déchets et outils d'aide à la décision. Thèse de doctorat, Université de Limoges.
- [10]: **Brennan, R.B., Healy, M.G., Morrison, L., Hynes, S., Norton, D. & Clifford, E.** (2016). Management of landfill leachate: The legacy of European Union Directives. Waste Management. 55: 355-363. DOI: 10.2016/J. wasman. 2015.10.010.
- [11]: **Alissar Cheaib**, La dépollution par les plantes, journal CNRS. Modélisation de type double milieu de l'infiltration dans un massif de déchets ménagers (avec Inist-CNRS).

- [12] H. YANN, 1999, Démonstration de faisabilité de la nitrification et de la dénitrification d'un lixiviat de lieu d'enfouissement sanitaire avec de la tourbe granulaire. Mémoire de maîtrise en sciences appliquées, Université de Montréal.
- [13] H.J.JÖRDENING and J. WINTER, 2005, Environmental Biotechnology. Concepts and Applications. Edition, WILEY-VCH Verlag GmbH & Co. KGaA, Weinheim, Germany.
- [14] M.P. AINA, 2006. Expertises des centres d'enfouissement techniques de déchets urbains dans les PED : contribution à l'élaboration d'un guide méthodologique et à sa validation expérimentale sur sites. Thèse de doctorat, Université de Limoges.
- [15] H. KHATTABI, 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'Etueffont (Belfort, France). Thèse de doctorat 3^{em} Cycle, ISE France.
- [16] P.T. WILLIAMS, 2005, Waste Treatment and Disposal, Second Edition, John Wiley & Sons Ltd, England.
- [17] M.M.BARRES and al. , 1990, Les lixiviats de décharge, le point de connaissances, T.S.M/AG.HTM: N°6.
- [18] J. LABANOWSKI, 2004, Matière organique naturelle et anthropique : vers une meilleure compréhension de sa réactivité et de sa caractérisation. Thèse de doctorat, Université de Limoges.
- [19] P. THONART, M. LARDINOIS, C. RODRIGUEZ, S. AWONO, J.DESTAIN et S. HILLIGSMANN, 2002, La problématique de la gestion des déchets ménagers. Séminaire – Atelier Francophone sur la gestion des déchets ménagers à Saaba – Ouagadougou (Burkina Faso).
- [20] : **F.BOUDJLIDA, CHERFLM**, «contribution au traitement des lixiviats du centre d'enfouissement technique d'Ouled Fayet», Projet de fin d'étude, USTHB 2007.
- [21]: **D.J.V.CAMPBELL, A.PARKER, J.F. REES**, «attenuation of potential pollutants in land fill leachate by lower green sand», September 1982.
- [22] : **M.A.T.E** (Ministère de l'Aménagement du Territoire et de l'Environnement), Rapport 2003 (DOUNIA).
- [23] : **Rapport**, «Présentation du centre d'enfouissement technique d'ELHARIA», AND Août 2006.
- [24] N. MILLOT, 1986, Les lixiviats de décharges contrôlées : Caractérisation analytique et études des filières de traitement. Thèse de doctorat, INSA Lyon.

Références Bibliographiques

- [25] P. THONART et S.I. DIABATE, « Guide pratique sur la gestion des déchets ménagers et des sites d'enfouissement technique dans les pays du sud », Institut de l'énergie et de l'environnement de la Francophonie (IEPF), Québec, Canada, 2005.
- [26] : A. A. Tatsi^a, A. I. Zouboulis^a, K.A. Matis^a and P. Samaras^b
^a Department of Chemistry, Division of Chemical Technology, Aristotle University of Thessaloniki, Thessaloniki GR-541 24, Greece
^b Chemical Process Engineering Research Institute, 6th km Charilaou-Thermi Street, Thermi-
- [27] : moment technique de l'eau tome 1
- [28] : Tonni Agustiono Kurniawan, Wai-hung Lo' and Gilbert YS Chan' Department of Applied Biology and Chemical Technology, The Hong Kong SAR Polytechnic University, Hung Hom, Kowloon, Hong Kong Received 13 April 2005; revised 2 August 2005; accepted 5 August 2005. Available online 28 November 2005.
- [29] : Raymond Desjardins, le traitement des eaux, 2^e édition revue et améliorée.
- [30] : techniques de l'ingénieur
- [31] : AIT MESBAH.Y et MOHAMED OUALIS : 2003, Traitement d'une eau usée secondaire urbaine par coagulation – adsorption – ultrafiltration en présence du chlorure de calcium comme coagulant et du charbon actif en poudre comme adsorbant, projet de fin d'études, USTHB.
- [32] : HAMOURI.K et DJEMAA.R : 2006, Evaluation de la pollution des lixiviats de la décharge d'Ouled Fayet et proposition d'un traitement. Projet de fin d'étude, USTHB.
- [33] : GAID.A : 1994, Epuration biologique des eaux usées urbaines, Tome I, Alger.
- [34] : AGHTM, La décharge a un avenir : le centre de stockage ; TSM, numéro 1, 2000.
- [35] : KURNIAWAN.T.A, Lo.W and YS Chan.G : 2006, Physico-chemical treatments for removal of recalcitrant contaminants from landfill leachate, Journal of Hazardous Materials , Volume 129, Issues 1-3, p 80-100.
- [36] : ISMAIL Ahmed Raouf, «Caractérisation et traitements des lixiviats d'Ouled-Fayet » : PFE, ENP, Alger, 2008.

ملخص:

دراسة خصائص المياه الناتجة لمركز الدفن التقني لابن باديس المتوسطة السن. اثبتت هذه الأخيرة أنها تحتوي نسبة كبيرة من التلوث حيث بلغت القيمة المتوسطة من التلوث حوالي 9030 مغ/ل قمنا بمعالجتها بالطريقة الفيزيوكيميائية وهي التسبخ و التجلط بكلور الحديد فحصلنا بهذه الطريقة على تخفيض التلوث بنسبة 90.19 % و بعد هذه الطريقة قمنا كذلك باستعمال مزيج من تخثر امتصاص الكربون النشط و نتائج هذه التقنية كانت أفضل من الأولى مع تخفيض بنسبة 92.36 %.

الكلمات المفتاحية:

مركز الدفن التقني , التسبخ , تخثر الامتزاج

Résumé:

L'étude de la caractérisation des lixiviats intermédiaires du CET d'IBN BADIS a montré que ces derniers présentent une très forte charge polluante. La DCO a atteint des niveaux moyens de l'ordre de 9030 mg/L. ont fait un traitement Physico-chimique, est la coagulation-floculation avec l'utilisation du $FeCl_3$. Ce procédé a abouti à un abattement de la charge organique de plus de 90.19%. après ce procédé ont fait aussi une combinaison de la coagulation adsorption sur charbon actif. Cette technique a donné de meilleurs résultats avec un abattement de la pollution de plus de 92.36%.

Mots clés : C.E.T, traitement des lixiviats, coagulation-floculation, coagulation-adsorption

Abstract:

The study of the intermediate leachate characterization of IBN BADIS CET has shown that they have a very high pollutant load. DCO has reached average levels of the order of 9030 mg/l. have done a treatment physic-chemical, is coagulation-loculation with the use of $FeCl_3$. This process resulted in a reduction of the organic load of more than 90.19%. after this process also made a combination of coagulation adsorbion. over-activated carbon. This technique gave better results with a pollution abatement of more than 92.36%

key words: C.E.T, leachate treatment, coagulation-flocculation. Coagulation-adsorption.