

N° d'ordre :

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

UNIVERSITE MOULOUD MAMMARI DE TIZI-OUZOU

FACULTE DES SCIENCES

DEPARTEMENT DE CHIMIE



Domaine : **SCIENCE DE LA MATIERE**

Filière : **CHIMIE**

Spécialité : **CHIMIE DE L'ENVIRONNEMENT**

Mémoire de Master

Thème

**Caractérisation et Traitement des lixiviats de décharge de
Corso par couplage de procédés (aération/photolyse)**

Présenté par : **Kamilia SAHI**

Melissa DAIDECHE

Soutenu publiquement, le 26/06/2024 devant le Jury composé de :

Mme FERRAG Fatiha

MCA

UMMTO

Présidente

Mme OUAMROUCHE Amel

MAA

UMMTO

Examinatrice

Mme ALI Oumessaad

MCB

UMMTO

Promotrice

2023 / 2024

Remerciements

Nous tenons tout d'abord à exprimer notre profonde gratitude envers nos familles et nos amis pour leur amour, leur soutien, leur compréhension et leur patience.

Nous exprimons également notre sincère reconnaissance envers les membres du jury, Mme FERRAG Fatiha, Maître de conférences (B) à l'Université de Tizi Ouzou, d'avoir accepté de présider notre soutenance et pour le savoir précieux qu'elle nous a transmis. À Mme OUAMROUCHE Amel, nous exprimons notre profonde gratitude pour avoir examiné notre travail avec rigueur.

Nous souhaitons remercier chaleureusement Mme Ali Oumessaad, Maître de conférences (B) à l'Université de Tizi Ouzou, pour son encadrement exceptionnel, ses conseils éclairés et son soutien constant tout au long de ce projet. Votre expertise et votre patience ont été essentielles à la réalisation de ce mémoire.

Un remerciement spécial à l'équipe du laboratoire de chimie de l'environnement; les ingénieures de laboratoire: Mme DEKAR.S et Mme SEMANE. R pour leur aide précieuse et leur disponibilité sans faille.

Nous exprimons notre profonde gratitude envers Mme Mitiche. L (épouse KLALECHE) et son équipe, particulièrement à M. MALKI.M, pour avoir généreusement mis à notre disposition l'appareil SAA dans leur laboratoire de physique et chimie des matériaux (LPCM). Leur soutien indéfectible et leur disponibilité ont été cruciaux pour la réalisation de ce travail.

Enfin, nous tenons à remercier tous les professeurs qui nous ont soutenus, guidés et aidés tout au long de notre parcours universitaire et dans la réalisation de ce mémoire.

Merci à vous tous pour votre précieuse contribution et votre soutien inestimable.

Kamilia SAHI et Melissa DAIDECHE

Dédicace

Je dédie ce mémoire à tous ceux qui ont cru en moi et m'ont soutenue tout au long de ce parcours académique.

A mes parents, pour leur amour inconditionnel et leur soutien indéfectible.

Vous avez été mon roc et ma plus grande source d'inspiration.

A mes amis, pour leur encouragement, leur compréhension et leur soutien. Votre présence a rendu cette aventure joyeuse.

A mes professeurs, pour leurs conseils et leur patience. Votre accompagnement a été essentiel à la réalisation de ce travail.

A madame Ali, qui a été un véritable soutien pour nous. Votre patience, votre sagesse et votre dévouement ont été une source d'inspiration tout au long de ce mémoire.

A ma mère, ton amour inconditionnel, ton soutien tes sacrifices innombrables ont rendu possible ce travail.

Enfin, à tout ceux qui, d'une manière ou d'une autre a contribué à ce projet, je vous exprime ma profonde gratitude.

Merci à tous.

Melissa DAIDECHE

Dédicace

Tout d'abord je remercie Dieu Tout-Puissant, pour m'avoir accordé la force, la sagesse et la persévérance nécessaires pour mener à bien ce travail.

Je dédie ce mémoire à mes parents, pour leur soutien incommensurable, leur amour et leurs encouragements constants qui m'ont porté tout au long de mon parcours académique. À ma famille, pour leur compréhension et leur appui inébranlable, avec une mention spéciale à ma sœur dont l'aide précieuse a été essentielle à la réalisation de ce mémoire. À notre promotrice, pour son encadrement, ses précieux conseils et son dévouement tout au long de cette recherche. À mes amis, pour leur camaraderie et leur soutien indéfectible, en particulier ceux qui ont partagé avec moi les heures de travail dans le même laboratoire. Votre présence et votre aide ont été une source d'inspiration et de motivation constante.

À moi-même, pour ma détermination, mon travail acharné et ma résilience face aux défis rencontrés tout au long de ce parcours. Pour les nuits blanches passées à écrire, les litres de café consommés, et les rires partagés avec ceux qui ont rendu cette expérience inoubliable. Merci à moi pour n'avoir jamais abandonné, même quand mon lit et les sorties entre amis paraissaient bien plus tentants

Merci à tous.

Kamilia SAHI

Table des matières

Liste des tableaux

Liste des figures

Liste des abréviations

Introduction générale.....2

Revue bibliographique

I. Chapitre I : Généralités sur les lixiviats de décharges	5
I.1. Définition des déchets solides	5
I.2. Nature et classification des déchets	5
I.2.1. Nature des déchets.....	5
I.2.2 Classification des déchets	6
I.3. Les différents types de décharge	8
I.3.1. Les décharges sauvages non réglementées	8
I.3.2. Les décharges réglementées.....	9
I.3.2.1. Centre d'Enfouissement Technique C.E.T	9
I.3.2.2. Types de centre d'enfouissement C.E.T.....	9
I.3.2.3. Présentation du site d'étude.....	9
I.3.2.4. Les phénomènes liés aux Centre d'Enfouissement Technique C.E.T	10
I.4. Les lixiviats : caractéristiques et compositions	10
I.4.1. Définition.....	10
I.4.2. Types de lixiviat.....	11
I.4.3. Composition des lixiviats	12
I.4.3.1. Types de polluants présents dans les lixiviats	12
I.4.3.2. Les principaux paramètres caractérisant un lixiviat	12
I.4.4. Impact des lixiviats sur l'environnement	13
I.4.4.1. La pollution hydrique	14
I.5. Le biogaz	14
I.6. Conclusion.....	14
II. Chapitre II : procédés de traitement des lixiviats	16
II.1. Le traitement par voies biologique.....	16
II.1.1. Aérobie.....	16
II.1.1.1. Lagunage	17
II.1.2. Anaérobies.....	17
II.2. Les procédés physico-chimiques.....	18

II.2.1.	Coagulation floculation	18
II.2.2.	Précipitation chimique	18
II.2.3.	Procédé d'adsorption	18
II.2.4.	Procédé d'oxydation chimique	19
II.2.5.	Traitement membranaire	19
II.2.6.	Traitement par aération.....	19
II.3.	Conclusion.....	20
III.	Chapitre III : Matériels et Méthodes.....	22
III.1.	Matériels utilisés.....	23
III.2.	Echantillonnage	23
III.3.	Conservation des lixiviats.....	23
III.4.	Caractérisation de lixiviat.....	24
III.4.1.	Mesure du pH	25
Principe.....		25
III.4.2.	Mesure de la turbidité.....	25
Principe.....		25
III.4.3.	Mesure de la conductivité	25
Principe.....		25
III.4.4.	Détermination de la DCO	25
Principe.....		25
III.4.5.	Dosage des chlorures	26
Principe.....		26
III.4.6.	Nitrites	26
Principe.....		26
III.4.7.	Nitrates	26
III.4.8.	Dosage des orthophosphates.....	26
Principe.....		26
III.4.9.	Dosage des Matières en suspension MES	27
III.4.10.	Dosage des matières volatiles en suspension MVS	27
III.4.11.	DBO ₅	27
III.4.12.	Azote ammoniacal	27
Principe.....		27
III.4.13.	Spectroscopie d'absorption atomique (SAA).....	28
Principe.....		28
IV.	Chapitre IV : Résultats et discussions	30
IV.1.	Composition des lixiviats de C.E.T de Corso.....	30
IV.2.	Discussion des paramètres.....	31

IV.3. Traitement de lixiviat	34
IV.3.1. Traitement par Aération du Lixiviat du C.E.T de Corso	34
IV.3.1.1. Evolution de la DCO et le COT de lixiviat aéré et lixiviat témoin.....	35
IV.3.1.2. Evolution de l'Ammonium, Nitrite et Nitrate dans le lixiviat traité par aération et dans le lixiviat témoin	36
Conclusion.....	38
IV.3.1.4. Evolution de N Kjeldahl, N organique et de l'ammonium dans le lixiviat traité par aération et dans le lixiviat témoin.....	40
IV.3.1.5. Evolution des chlorures, la conductivité et de la température dans le lixiviat traité par aération et dans le lixiviat témoin.....	41
Conclusion.....	42
IV.3.1.6. Evolution de l'azote total, de l'azote organique et de l'azote inorganique dans le lixiviat traité par aération et dans le lixiviat témoin	43
IV.3.1.7. Effet de l'aération sur les métaux dans les lixiviats	44
IV.3.1.8. Effet de l'aération sur le fer dans les lixiviats	46
IV.3.2. Traitement par photolyse.....	46
IV.3.2.1. Influence du pH	46
IV.3.2.2. Influence de la dose de l'oxydant	47
IV.3.2.3. Influence du taux de dilution	48
IV.3.3. Couplage des deux traitements : aération et la photolyse.....	48
Conclusion générale.....
Référence bibliographique.....
Annexe.....

Liste des tableaux

Tableau I. 1 : Classification des déchets.....	7
Tableau I. 2 : Caractéristiques principales des différents types de lixiviats.....	11
Tableau I.3 : Caractéristiques des lixiviats d'ordures ménagères.....	13
Tableau II.1 : Classification des procédés biologiques artificiels de traitement des lixiviats.	16
Tableau III.1 : Paramètres et référence des méthodes d'analyse.....	24
Tableau IV.1 : Caractérisation de lixiviat brut de C.E.T de Corso.....	30
Tableau IV.1 : Combinaison des deux traitements aération intensive et l'oxydation sur les paramètres physico-chimique des lixiviats.....	45

Liste des figures

Figure I.1 : Classification des déchets selon la dangerosité	8
Figure III.1 : Bioréacteur pour le traitement des lixiviats par aération.....	23
Figure IV.1 : Effet de l'aération intensive des lixiviats sur l'abattement de la DCO.....	33
Figure IV.2 : Effet de l'aération intensive des lixiviats sur l'abattement de l'ammonium, Nitrite et Nitrate. A) Lixiviat traité par aération intensive. B) Lixiviat non traité (témoin).....	35
Figure IV.3 : Effet de l'aération intensive des lixiviats sur l'abattement des orthophosphates et du pH.....	36
Figure IV.4 : Effet de l'aération intensive des lixiviats sur l'abattement de N Kjeldahl, N organique et de l'ammonium dans le lixiviat traité par aération et dans le lixiviat témoin.....	37
Figure IV.5 : Effet de l'aération intensive des lixiviats sur l'abattement de chlore, conductivité et de la température dans le lixiviat traité par aération et dans le lixiviat témoin.....	38
Figure IV.6 : Effet de l'aération intensive des lixiviats sur l'abattement l'azote total, de l'azote organique et de l'azote inorganique dans le lixiviat traité par aération et dans le lixiviat témoin. ...	39
Figure IV.7 : graphique représentant l'effet de l'aération intensive sur les métaux des différents types de lixiviats (lixiviat brute, lixiviat témoin, lixiviat traité).....	40
Figure IV.8 : graphique représentant l'effet de l'aération intensive sur le Fer dans les différents types de lixiviats (lixiviat brute, lixiviat témoin, lixiviat traité).....	41
Figure IV.9 : graphique représentant l'influence du pH sur la DCO.	42
Figure IV.10 : graphique représentant l'influence de la dose du catalyseur sur la DCO.....	43
Figure IV.11 : graphique représentant l'influence de la dilution sur la DCO.	43
Figure IV.12 : effet des deux traitements : aération intensive et oxydation sur les lixiviats.	46

Liste des abréviations

AGV : Acide Gras Volatils.

C.E.T: Centre d'Enfouissement Technique.

CSDU : Centre de Stockage de Déchets Ultimes

DBO5 : Demande Biochimique en Oxygène pendant 5 jours (mg d'O₂/L)

DCO : Demande Chimique en Oxygène (mg d'O₂/L)

MES : Matière En Suspension (g/L)

MVS : Matière Volatile Sèche (g/L)

MM : Matière minérale (g/L)

pH : Potentiel d'hydrogène

ANDRA : Agence Nationale pour la gestion des Déchets Radioactifs

PROGDEM : Programme national de gestion intégrée des déchets municipaux

SBR : Réacteur biologique séquentiel

Introduction Générale

Introduction générale

La gestion des déchets constitue l'un des principaux défis auxquels l'humanité doit faire face aujourd'hui et dans le futur. Avec une consommation croissante, la production de déchets augmente constamment en quantité et en diversité, engendrant ainsi d'importants risques pour la santé publique et l'environnement. La production mondiale de déchets ménagers et encombrants est estimée à plus de 10 millions de tonnes par jour [1]. Cette situation est particulièrement préoccupante dans les pays en développement, en raison de leur manque de moyens et de leurs difficultés à aborder cette problématique.

En Algérie, ces dernières années, les déchets ménagers et assimilés étaient très mal gérés. Leur gestion, principalement assurée par les communes, se faisait dans des décharges non contrôlées à ciel ouvert, sans tri, mélangés à toutes sortes de déchets. Pendant des siècles, cela a causé d'importantes nuisances, telles que les mauvaises odeurs, la contamination des eaux souterraines et la dégradation des milieux récepteurs. Face à cette situation alarmante, le ministère algérien de l'Environnement est intervenu rapidement en lançant, en 2003, le programme national de gestion intégrée des déchets municipaux (PROGDEM). Ce programme avait pour objectif principal l'éradication des décharges sauvages existantes, l'organisation et l'amélioration de la collecte, ainsi que l'élimination des déchets dans des sites plus hygiéniques et normalisés. La mise en œuvre de cette stratégie a permis, au cours des dix dernières années, la fermeture et la réhabilitation d'un grand nombre de décharges sauvages. Actuellement, les déchets ménagers et assimilés sont dirigés vers des sites de stockage spécifiques, appelés « Centres d'Enfouissement Techniques (C.E.T).

La décharge de Corso est un centre d'enfouissement technique construit selon des normes d'hygiène et de protection de l'environnement pour éliminer efficacement les déchets et minimiser les nuisances. Malgré cela, les ordures ménagères enfouies peuvent encore nuire à l'environnement et à la santé humaine. Une fois enfouis, les déchets continuent de se décomposer, produisant des gaz qui représentent une nuisance majeure. En moyenne, une tonne de déchets décomposés produit entre 150 et 250 m³ de gaz, composés à 60% de CH₄ et à 40% de CO₂, qui, s'ils ne sont pas collectés, se libèrent dans l'atmosphère [1].

Un autre problème majeur lié aux C.E.T est la production de lixiviats, des liquides issus de la décomposition des déchets. Ces eaux se chargent en matières organiques et en métaux lourds avec le temps, devenant ainsi un vecteur de pollution très dangereux. Notre étude se concentre sur la caractérisation et le traitement de ces lixiviats.

Introduction générale

En effet, cet effluent aqueux a un impact considérable sur l'environnement, affectant les eaux de surface et souterraines, les sols par la migration des polluants organiques et minéraux, et l'air par l'émission de gaz à effet de serre, contribuant ainsi à la pollution de l'écosystème naturel et humain. La composition chimique de ce percolât varie selon les saisons et sa position au sein de la décharge, ce qui entraîne de nombreuses fluctuations dans sa constitution. Par conséquent, il est impossible d'adopter un procédé unique pour traiter ce lixiviat sans provoquer des conséquences néfastes pour l'environnement. Il est donc difficile de définir un processus standard pour n'importe quel lixiviat, même ceux provenant d'une même décharge.

Face à ces constats, des travaux d'analyse et de recherche ont été menés au sein du laboratoire d'environnement du département de chimie pour aborder cette problématique. Un traitement par aération intensive a été réalisé.

Ce mémoire sera structuré de la manière suivante :

- La première partie présente une revue bibliographique, synthétisant les notions relatives aux déchets, leur mise en décharge, les C.E.T, le lixiviat et ses différents traitements.
- La deuxième partie décrit la méthodologie appliquée pour l'élaboration et l'installation du procédé de traitement, les matériels et réactifs employés, ainsi que les résultats obtenus et leur interprétation.

Enfin, ce manuscrit se termine par une conclusion qui résume les principaux résultats de l'étude et propose des perspectives pour des recherches ultérieures.

Chapitre I :
Généralités sur les lixiviats de
décharges

I. Chapitre I : Généralités sur les lixiviats de décharges

I.1. Définition des déchets solides

Un déchet est un objet, une substance ou un matériau dont le propriétaire souhaite se débarrasser. La dangerosité d'un déchet ne détermine pas son potentiel de valorisation : il existe des filières de recyclage spécialement conçues pour traiter les déchets toxiques et polluants et valoriser les composants réutilisables. En revanche, certains déchets ménagers non dangereux ne peuvent pas être recyclés car ils n'ont aucune valeur en tant que matière première. La dangerosité d'un déchet est néanmoins cruciale pour son classement, car elle détermine les protocoles de collecte, de transport, de stockage et de traitement, ainsi que le type d'organisme responsable de sa gestion (collectivité, producteur du déchet, agence spécifique).

I.2. Nature et classification des déchets

I.2.1. Nature des déchets

La collecte et le traitement des déchets nécessitent leur classification en différentes catégories. Les déchets sont distingués en fonction de leur provenance et du type d'activités dont ils sont issus, de leur dangerosité et des modes de traitement nécessaires [2].

➤ Déchets ménagers

Collectés par les collectivités locales, les déchets ménagers sont les déchets produits quotidiennement par les ménages. Selon leur nature, ils peuvent être incinérés ou recyclés [2].

➤ Déchets issus des activités économiques

Les déchets rejetés par les professionnels sont classés en fonction de leur toxicité [2].

➤ Non dangereux

Les déchets non dangereux provenant des activités économiques partagent la même nature que les déchets ménagers et peuvent être soumis aux mêmes traitements : recyclage pour les déchets de papier, de carton ou de plastique, incinération pour les ordures non valorisables [2].

➤ Toxiques

Les déchets provenant d'entreprises et de sites industriels sont considérés comme toxiques lorsqu'ils renferment des substances nocives pour la santé et l'environnement, tels que les solvants, les huiles, les goudrons, ainsi que les déchets électroniques et électriques. Ils nécessitent un traitement spécifique assuré par des sociétés spécialisées et réglementé par des protocoles précis [2].

➤ **Déchets à risques infectieux**

Les déchets provenant des soins aux particuliers, des hôpitaux et des laboratoires sont classés dans une catégorie distincte. Les seringues, les bandages, les pansements, les compresses et l'ensemble du matériel médical usagé présentent un risque d'infection et/ou de contamination pour les individus et l'environnement [2].

➤ **Déchets inertes**

Les déchets inertes désignent les débris provenant des travaux de construction et de démolition tels que les vitres, les parpaings, les carrelages et le béton. Ces déchets sont qualifiés d'inertes car ils ne se décomposent pas naturellement. Ils peuvent être réutilisés comme remblai et sous-couche lors de la construction d'infrastructures routières, par exemple. Une grande partie de ces déchets est simplement enfouie dans des centres de stockage dédiés [2].

➤ **Déchets agricoles**

Les déchets provenant des exploitations agricoles sont également soumis à un traitement spécifique. Il s'agit de toutes les ordures et matières issues de l'élevage et des cultures, pouvant inclure les films de paillage, les purins, ainsi que les huiles et autres produits toxiques [2].

➤ **Déchets radioactifs**

Les déchets radioactifs forment une catégorie très spécifique, d'une dangerosité élevée. Ils relèvent de la responsabilité de l'agence publique ANDRA (Agence Nationale pour la gestion des Déchets Radioactifs) [2].

I.2.2 Classification des déchets

Le déchet est défini juridiquement comme toute chose ou substance dont le détenteur se débarrasse (par choix, de fait, ou par obligation). Ce statut implique des obligations pour le détenteur, ainsi qu'un ensemble de réglementations concernant la collecte, le transport, l'élimination ou la valorisation des déchets. Ces règles varient selon le type de déchet concerné. Il existe donc plusieurs critères pour classer les déchets et déterminer le protocole de traitement qui leur correspond. Le tableau ci-dessous illustre les diverses possibilités de classification des déchets, avec des exemples pour chaque catégorie. (Tableau 1) [3].

Tableau I. 1 : Classification des déchets [3].

<p>Classification selon d'état physique</p>	<p>-Déchets solides : ordures ménagères, déchets des métaux, déchets inertes de caoutchouc et plastique, paille...etc.</p> <p>-Boue : boues de stations de traitement des eaux résiduaires, boues d'origines diverses (de traitement de surface, d'hydrocarbures, de peinture...etc.)</p> <p>-Déchets liquides ou pâteux : goudrons, huiles usagées, solutions résiduaires, divers...etc.).</p> <p>-Déchets gazeux : biogaz</p>
<p>Classification selon la nature chimique</p>	<p>-Déchets acides : solutions résiduaires, acides divers (HCl, H₂SO₄, HNO₃), acides organiques, acides à l'état de gaz.</p> <p>-Déchets basiques : soude et potasse résiduaires, liqueurs ammoniacales, chaux résiduaires.</p> <p>-Sels résiduaires : sulfate de calcium, carbonate de calcium, sulfate de ferreux.</p> <p>-Métaux : ferraille, carcasses de véhicules, déchets de métaux précieux câbles, ...</p> <p>-Déchets organiques : solvants usés, huiles usagées, boues d'hydrocarbures, liqueurs résiduaires, phénols, ...</p> <p>-Déchets polymériques : déchets de caoutchouc et de plastique.</p> <p>-Déchets minéraux : déchets siliceux, déchets de silicates ou silico aluminates, déchets de calcaires.</p>
<p>Classification par source de production</p>	<p>-Activités ménagères : ordures ménagères, déchets encombrants.</p> <p>-Déchets industriels spécifiques : laitiers, scories. Distribution et activité de service : déchets commerciaux (emballages).</p> <p>-Déchets assimilables aux ordures ménagères : emballage, chiffon, balayures</p> <p>-Déchets provenant de la distribution et des activités de service : déchets de commerce alimentaire, déchets des hôpitaux.</p> <p>-Déchets provenant du secteur primaire : déchets agricoles, déchets d'élevage, déchets végétaux déchets des industries extractives, déchets des mines (stérile de charbon), déchets de carrières (calcaire, l'ardoise, marbre, argiles).</p> <p>-Déchets provenant du traitement des effluents liquides gazeux : boue de traitement de l'influent liquide poussière et cendres volantes de traitement de l'air.</p>

En plus de ces trois types de classification, les déchets peuvent également être classés selon leur dangerosité pour les personnes et pour l'environnement. On peut ainsi établir trois catégories (Figure 1) :

- Les **DD** pour déchets dangereux
- Les **DND** pour déchets non dangereux.
- Les **DNDI** pour déchets non dangereux inerte.

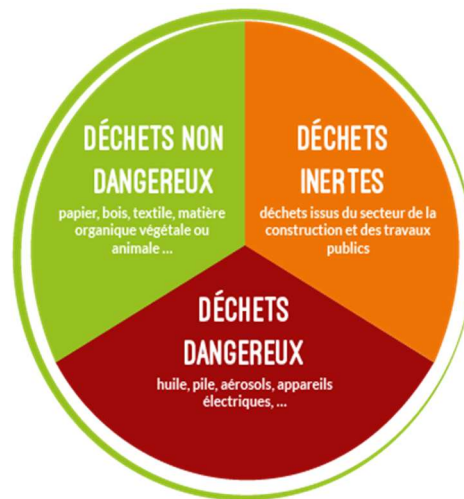


Figure I.2 : Classification des déchets selon la dangerosité.

I.3. Les différents types de décharge

I.3.1. Les décharges sauvages non réglementées

Dans ce type de décharge, encore largement pratiqué, les déchets sont accumulés dans des cavités ou sur des versants de montagnes, sans précautions particulières [4]. Dans ce contexte, sous les conditions environnementales qui y règnent, des interactions se créent entre les déchets, le sol et l'eau. Les déchets urbains et industriels réagissent entre eux et avec le milieu, produisant des composés nuisibles à l'équilibre naturel de l'environnement. On observe ainsi une pollution de l'atmosphère par les émissions de gaz de fermentation, et dans certains cas, une forte pollution des eaux.

Dans ce cadre, l'eau, en tant que puissant solvant, représente un risque majeur de contamination par l'entraînement des éléments polluants contenus dans les déchets, tels que les métaux lourds et la matière organique. Cette pollution peut se propager sur des distances importantes, suivant des chemins préférentiels qui ne sont pas toujours connus, et qui aboutissent dans des nappes d'eau plus ou moins profondes.

I.3.2. Les décharges réglementées

Dans ce type de décharge, obéissant à un certain nombre de règles, toutes les précautions sont prises pour éviter toutes nuisances. Les déchets sont déposés pour une longue durée et sont répandus par couches successives et alternées d'une épaisseur modérée de déchets et de sols, le tout sur un revêtement géotextile. Ce genre de décharge est plus communément appelé centre d'enfouissement technique (C.E.T.) [4].

I.3.2.1. Centre d'Enfouissement Technique C.E.T

Un centre d'enfouissement est destiné à accueillir les déchets ultimes, c'est à dire ceux dont les caractéristiques ne permettent pas d'envisager le recyclage ou la valorisation [5].

Le centre d'enfouissement a pour objectif de :

- Maintenir à l'écart de l'environnement et de la population les déchets, pour préserver la nature et la santé.
- Maîtriser la fermentation de la matière organique contenue dans les déchets.
- Réduire l'exposition aux intempéries ainsi que de contribuer à la préservation des sites et des paysages.
- Trouver des solutions au traitement des déchets compatibles avec les ressources financières et les normes exigées [6].

I.3.2.2. Types de centre d'enfouissement C.E.T

Les centres d'enfouissement techniques sont divisés en trois (3) types selon les déchets qu'ils accueillent [9] :

- C.E.T de type 1 : déchets dangereux toxiques (déchets industriels spéciaux).
- C.E.T de type 2 : déchets ménagers et assimilés.
- C.E.T de type 3 : déchets inertes, issus d'entreprises de bâtiment et de travaux publics.

I.3.2.3. Présentation du site d'étude

Le C.E.T de Corso constitue un mode de traitement conforme aux normes exigées pour une solution qui, associée au tri sur site, répond aux derniers critères sanitaires de l'environnement tout en restant la plus économique.

C'est dans ce contexte que le C.E.T de Corso a été sélectionné comme l'une des meilleures techniques pour le traitement des déchets ménagers de la wilaya de Boumerdès et d'Alger.

Le C.E.T de Corso a été réceptionné au mois de janvier 2014. Il est situé à environ 4.5 km au sud-ouest du chef-lieu de Boumerdès, à environ 1 km à partir de la Route N 05 qui relie Alger

à l'est du pays en traversant l'oued Corso. Il se trouve dans la commune de Corso, à la limite gauche de l'Oued Corso (carte de Rouiba 1/25000, NJ-31-IV-32-Est) [7].

Le site a une position centrale par rapport aux principaux centres générateurs de déchets de la Wilaya de Boumerdès, à savoir Boumerdes, Ténia et Boudouaou. La distance séparant les habitants les plus proches du C.E.T est de 500 m. Ces habitants ne faisant pas partie de l'agglomération de Ben merzouga, éloignée d'environ 2 km [8].

I.3.2.4. Les phénomènes liés aux Centre d'Enfouissement Technique C.E.T

- Dégradation de la matière organique sous l'action des bactéries.
- L'eau qui s'écoule sur la masse de déchets produit de lixiviat.
- Réactions chimiques ou physiques conduisant à la destruction partielle de la matière et à la solubilisation de certaines espèces ou à leur transformation en gaz [9].

I.4. Les lixiviats : caractéristiques et compositions

La mise en décharge des ordures ménagères entraîne souvent la production de lixiviat, dont les conséquences sont néfastes pour l'environnement. Par ailleurs, plusieurs études ont été réalisées afin de caractériser cet effluent et de sélectionner la méthode la plus fiable pour son traitement.

I.4.1. Définition

Le lixiviat est défini comme l'eau qui percole à travers les déchets, se chargeant bactériologiquement et chimiquement de substances minérales et organiques. Il résulte de la solubilisation des composés lors de la percolation non uniforme et intermittente de l'eau à travers la masse de déchets. La formation du lixiviat découle de l'infiltration dans les déchets d'eaux de pluie, d'eaux de ruissellement et d'eaux souterraines (lorsque les déchets sont enfouis sous la nappe phréatique).

Une partie moindre du processus est également attribuable à l'humidité présente dans les déchets au moment de leur enfouissement. Ainsi, le percolât représente un liquide résiduel complexe, propre à la décharge dont il provient [10].

Cette forme de pollution, pouvant persister pendant 30 à 50 ans après la fermeture du site voire même pour sa durée entière de vie, se compose principalement de substances organiques, azotées et environnementales [11].

I.4.2. Types de lixiviat

➤ Lixiviats jeunes (<5ans)

Le lixiviat est caractérisé par un pH acide d'environ 6. Le rapport DBO₅/DCO est élevé en raison de la présence de microorganismes. La DCO peut souvent dépasser 20 000 mg d'O₂/L et atteindre jusqu'à 80 000 mg/L. Les acides carboxyliques constituent environ 80 % de la charge organique, ce qui rend un traitement biologique fortement recommandé pour ce type d'effluent [12].

➤ Les lixiviats intermédiaires

C'est une phase de transition entre le lixiviat jeune et stabilisé. Le pH tend à se rapprocher de la neutralité, et la charge organique est beaucoup plus faible que celle du lixiviat jeune, se situant entre 3 000 et 15 000 mg/L. Le rapport DBO₅/DCO est d'environ 0,2 et les acides carboxyliques représentent seulement 20 à 30 % de la charge organique. Ce type de lixiviat est peu biodégradable, ce qui rend les procédés physico-chimiques plus adaptés pour son traitement [12].

➤ Les lixiviats stabilisés

Également appelé lixiviat vieux, il se caractérise par une DCO ne dépassant pas 2000mg/L et un pH légèrement basique (7,5 à 8,5). Les acides carboxyliques et les métaux y sont presque absents. Ces lixiviats stabilisés correspondent à la phase de maturation [12].

Tableau I. 2 : Caractéristiques principales des différents types de lixiviats [13,14]

	Lixiviats jeunes	Lixiviats Intermédiaires	Lixiviats stabilisés
Age de la décharge	< A 5 ans	5 à 10 ans	> 10 ans
pH	< 7	=7	> 7
DCO (mgO₂ /L)	>20000	3000 à 15000	< 2000
DBO5/DCO (Biodégradabilité)	> 0,3 Moyenne	0,1 à 0,3 Assez faible	< 0,1 Très faible
Concentration en acides organiques	-	Moyenne 20 à 30 du DCO	Nulle
Charge organique	Prédominance des acides gras volatils (AGV)	Réduction des Acides gras-volatils	Prédominance des macromolécules

AGV* : acides gras volatils.

I.4.3. Composition des lixiviats

La composition chimique et biochimique des lixiviats est non seulement très diverse mais aussi variable selon la nature des déchets.

I.4.3.1. Types de polluants présents dans les lixiviats

Les lixiviats de la plupart des sites d'enfouissement contiennent des concentrations de contaminants qui dépassent les normes de qualité pour les eaux de surface et potables, posant ainsi un risque environnemental élevé. Ces contaminants se répartissent en quatre groupes principaux :

- Matière organique dissoute.
- Composés organiques anthropiques : incluant les hydrocarbures aromatiques, phénols et composés aliphatiques chlorés, avec des concentrations généralement inférieures à 1mg/L.
- Composés minéraux majeurs : tels que : Ca^{2+} , Mg^{2+} , Na^+ , K^+ , NH_4^+ , Fe^{2+} , HCO_3^- , Cl^- et SO_4^{2-} .
- Métaux lourds : incluant Zn, Cd, Cr, Cu, Ni et Pb, présents en traces [10, 15].

I.4.3.2. Les principaux paramètres caractérisant un lixiviat

Les caractéristiques principales d'un lixiviat incluent :

- La Demande Chimique en Oxygène (DCO) ;
- La Demande Biologique en Oxygène (DBO₅) ;
- Le Carbone Organique Total (COT) ;
- La teneur en matière azotée et phosphorée (azote organique, NH_4^+ , NO_3^- , NO_2^- , phosphore total, PO_4^{3-}) ;
- Le pH, Conductivité ;
- La concentration en métaux lourds (Fe, Zn, Cu, Cd, Pb, Ni, Hg, Ag) ;
- Les teneurs en micropolluants organiques (hydrocarbures, phénols, pesticides et solvants) ;
- Les Acides gras volatils (AGV) ;
- Les micro-organismes pathogènes (coliformes totaux).

Certains paramètres sont constants dans tous les lixiviats, indépendamment de leur stade de dégradation, tels que les concentrations élevées en chlorure, sodium, potassium et l'alcalinité élevée.

En revanche, d'autres paramètres varient en fonction de l'évolution de la bio activité de la décharge et sont généralement élevés lors des premières phases, notamment la matière organique, l'azote organique, le calcium (Ca^{2+}), le fer (Fe^{2+}), et le magnésium (Mg^{2+}) [11]. Le Tableau 3 répertorie les valeurs extrêmes observées dans les lixiviats [10].

Tableau I.3: Caractéristiques des lixiviats d'ordures ménagères

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

I.4.4. Impact des lixiviats sur l'environnement

Un défi majeur dans la conception et la gestion des sites d'enfouissement des déchets est la présence de lixiviat, une combinaison complexe de composés organiques et inorganiques qui peuvent se dissoudre ou rester en suspension. Quelle que soit leur composition, ces éléments représentent un risque potentiel de pollution pour les sols environnants et les eaux de surface [17].

I.4.4.1. La pollution hydrique

Le souci grandissant de la pollution des eaux par les décharges préoccupe de plus en plus les experts en eau et les hydrogéologues. Des études menées en France et dans de nombreux autres pays ont démontré que ce risque est significatif, affectant à la fois les eaux souterraines et les eaux de surface. En ce qui concerne ces dernières, la contamination peut résulter du lessivage des déchets par les eaux de pluie ou des résurgences dues aux interactions des lixiviats avec le sous-sol. Ces interactions sont tributaires de la capacité des minéraux argileux à retenir les particules [18].

I.5. Le biogaz

Le biogaz se compose principalement de méthane et de dioxyde de carbone, avec la présence de produits mineurs tels que le sulfure d'hydrogène, les mercaptans et des composés organiques volatils. Sa production pendant la phase de stabilisation des déchets en système anaérobie dépend de divers facteurs, notamment la composition des déchets, leur humidité, la température, le pH, la disponibilité des nutriments et la présence éventuelle d'inhibiteurs [10, 11, 16].

I.6. Conclusion

Le principal risque associé au fonctionnement d'un Centre d'Enfouissement Technique (C.E.T) réside dans la production de lixiviats, contenant une charge importante de polluants organiques, minéraux et métalliques. Ces liquides représentent un danger significatif pour l'environnement et la santé humaine, notamment en contaminant les nappes phréatiques. Par conséquent, les lixiviats doivent être traités avec précaution, nécessitant un bon fonctionnement des casiers, une gestion efficace de leur écoulement, ainsi qu'un traitement approprié et efficace.

Chapitre II :

Procédés de traitement des lixiviats

II. Chapitre II : procédés de traitement des lixiviats

Le traitement des lixiviats, liquides chargés de polluants issus des décharges, est crucial pour prévenir la contamination des sols et des eaux souterraines. Cette problématique constitue un enjeu majeur dans la gestion des déchets et la préservation de l'environnement. Diverses méthodes de traitement, allant des approches traditionnelles aux technologies innovantes, sont employées pour réduire l'impact néfaste des lixiviats. [19]

II.1. Le traitement par voies biologique

Ce traitement permet une élimination simultanée de la pollution organique et azotée par des micro-organismes. Lors de cette dégradation, du CO₂ est formé en conditions aérobies, tandis que des biogaz se forment en conditions anaérobies. Le traitement biologique peut être divisé en deux grands groupes : aérobie et anaérobie, selon la présence ou non d'oxygène. Parmi les traitements biologiques, on trouve les procédés naturels (lagunage) et les procédés contrôlés, ce dernier étant divisé en deux catégories : les cultures fixées et les cultures libres. [19]

Tableau II.1 : Classification des procédés biologiques artificiels de traitement des lixiviats. [19]

	Aérobie	Anaérobie
Culture « libre »	Boues activées : - Procédé classique (bassin d'aérations + clarificateur) - Réacteur biologique séquentiel (SBR) - Bioréacteur à membranes.	- Digesteur conventionnel - Réacteur biologique séquentiel - Réacteur de type UASB (Upflow Anaerobic Sludge Blanket)
Culture « fixée »	Lit bactérien fixe ou fluidisé	- Filtre hybride « culture mixte » - Lit bactérien fixe ou fluidisé

II.1.1. Aérobie

Le principe général du procédé de boues activées consiste à accélérer le processus naturel d'oxydation de la matière organique et azotée présente dans les milieux récepteurs. Le développement d'un flocon de bactéries est provoqué dans un bassin alimenté en effluent à traiter, brassé suffisamment pour éviter la décantation des flocons, tout en lui fournissant l'oxygène nécessaire à la prolifération des microorganismes.

Le traitement biologique par biomasse libre se met donc en œuvre par la combinaison de trois dispositifs : un réacteur biologique où une biomasse apte à la décantation sera sélectionnée, un système d'aération fournissant l'oxygène nécessaire, et un ouvrage de séparation.

Le bassin d'aération peut également servir de décanteur dans le cas des réacteurs biologiques séquentiels (SBR).

L'efficacité du procédé dépend du type de réacteur et du caractère biodégradable du lixiviat. Elle dépend également des conditions de fonctionnement du procédé tels que la température, le temps de séjour hydraulique et l'âge des boues. [19]

Lorsque la concentration en ammoniac est élevée, les procédés à boues activées ne suffisent pas. Dans ce cas, on utilise de nouveaux procédés biologiques à culture fixée. Dans ce système, il existe deux types : le lit fixe et les lits fluidisés, qui sont plus efficaces que les boues activées. Cependant, ces systèmes présentent certains inconvénients, notamment la nécessité de maintenir une forte teneur en oxygène dissous dans les lits fluidisés.

Le problème de la dénitrification reste également à résoudre, pour lequel on utilise un traitement anaérobie. [19]

II.1.1.1. Lagunage

Le procédé naturel est utilisé pour l'épuration de la matière organique et minérale. Le lagunage peut contribuer à l'épuration des lixiviats fortement biodégradables grâce à la présence de larges surfaces d'adsorption sur des sédiments, des plantes ou encore des racines. Cependant, le lagunage ne permet pas de satisfaire les normes de rejets et peut seulement être utilisé comme un pré-traitement pour d'autres procédés. En revanche, les procédés contrôlés sont plus efficaces que le lagunage. [19]

II.1.2. Anaérobies

Ce système finalise le processus de dégradation aérobie et convient aux lixiviats jeunes riches en matières organiques facilement dégradables, tels que les alcools et les aldéhydes. Il fonctionne de manière similaire à la purification des eaux usées. Les systèmes anaérobies éliminent en moyenne 70 à 80% de la DCO et 90% de la DBO5 des lixiviats, accélérant également la dénitrification par rapport aux procédés aérobies. L'efficacité de ce traitement dépend de la fluctuation des effluents et des conditions opératoires des réacteurs. Cependant, il présente plusieurs risques : [19]

- Risque inhérent de production de biogaz
- Temps de séjour prolongé
- Température élevée

II.2. Les procédés physico-chimiques

On les utilise souvent comme des prétraitements pour des traitements biologiques. On relève différents procédés :

II.2.1. Coagulation floculation

Ce traitement permet d'éliminer la matière organique colloïdale et les matières en suspension (MES). Ce procédé est moins efficace pour la DBO5 $300-500 \text{ mgO}_2\cdot\text{L}^{-1}$ et peut être utilisé comme traitement de finition. La coagulation-floculation des lixiviats montre que l'abattement de la DCO est en moyenne de 10 à 25 % pour des lixiviats jeunes, et de plus de 50 % pour des lixiviats ayant un faible rapport DBO/DCO (lixiviats stabilisés ou prétraités biologiquement). Ainsi, 59 à 73 % des composés organiques ayant un poids moléculaire supérieur à $500 \text{ g}\cdot\text{mol}^{-1}$ sont retenus, contrairement aux plus petites molécules qui restent nettement moins affectées par ce traitement (seulement 18 % éliminées).

Les coagulants les plus utilisés sont les sels de fer, plus efficaces que les sels d'aluminium. Le taux d'abattement de la DCO est supérieur à 70% avec les sels de fer, tandis que les sels d'aluminium montrent un taux d'abattement d'environ 10 à 50% de la DCO. L'ajout de floculants anioniques ou cationiques n'améliore ni la décantation ni l'efficacité du procédé en termes d'élimination de la turbidité[19].

II.2.2. Précipitation chimique

Le même principe que celui de la coagulation/floculation, la précipitation consiste à ajouter aux lixiviats un réactif pour faire précipiter des composés indésirables par décantation ou flottation. Les réactifs les plus utilisés sont la chaux et un mélange de $(\text{MgCl}_2, 6\text{H}_2\text{O})$ et de $(\text{Na}_2\text{HPO}_4, 12\text{H}_2\text{O})$ pour précipiter l'ammonium sous forme de struvite (phosphate ammoniacomagnésien). Les études mettant en œuvre une précipitation à la chaux montrent des taux d'abattement de DCO d'environ 25 % pour des concentrations en chaux allant de 0,46 à 1,3 g/L. La précipitation de la struvite a été utilisée comme une étape de prétraitement, notamment pour les procédés biologiques, pour des lixiviats fortement chargés en azote ammoniacal. La concentration en ammonium est ainsi réduite de 5600 à 110 mg/L en 15 minutes. [19]

II.2.3. Procédé d'adsorption

Ce procédé permet d'éliminer les composés responsables de la coloration. Le charbon actif en poudre (CAP) ou en grain (CAG) est l'adsorbant le plus utilisé, permettant d'éliminer en moyenne 50 à 90 % de la DCO et de l'azote. Dans l'adsorption, l'adsorbant joue un double rôle d'adsorbant et de support pour les micro-organismes.

L'adsorption sur charbon actif peut être utilisée comme prétraitement pour l'osmose inverse ou la nanofiltration. Les composés organiques concentrés peuvent être retenus sur des lits de charbon actif, évitant ainsi une étape très coûteuse d'évaporation ou de séchage. [19]

II.2.4. Procédé d'oxydation chimique

Ce procédé joue un rôle majeur en raison de son fort potentiel d'oxydation et de sa faible sélectivité vis-à-vis des composés organiques. Il est particulièrement adapté aux effluents chargés en composés organiques réfractaires à l'épuration biologique et à l'élimination de l'azote. Ce procédé est divisé en deux groupes. [19]

a) L'oxydation chimique :

- Ozone (O_3)
- Ozone et peroxyde d'hydrogène ($O_3 + H_2O_2$)
- Réaction de Fenton ($H_2O_2 + Fe^{2+}$)

b) L'oxydation photochimique :

- Ozone et irradiation aux ultraviolets ($O_3 + UV$)
- Peroxyde d'hydrogène et irradiation aux ultraviolets ($H_2O_2 + UV$)
- Réaction photo-Fenton ($H_2O_2 + Fe^{2+} + UV$)
- Photocatalyse

II.2.5. Traitement membranaire

Les procédés membranaires utilisés dans le traitement des eaux en général, et des lixiviats de décharges en particulier, sont : [20]

- **L'osmose inverse** : Cette technique semble être l'une des plus prometteuses pour le traitement des lixiviats. En effet, plusieurs études ont démontré l'efficacité de ce procédé dans l'élimination des contaminants présents dans les lixiviats.
- **La nanofiltration** : La nanofiltration a prouvé son efficacité dans l'élimination des composés organiques récalcitrants et des métaux lourds provenant des lixiviats.

II.2.6. Traitement par aération

Ce procédé consiste à injecter de l'oxygène pour oxyder la matière organique présente dans le lixiviat. Il a été rapporté être efficace pour les lixiviats jeunes dont les rapports DBO_5/DCO et DCO/P sont respectivement supérieurs à 0,5 et 300 selon Labbe et al, 1996[21]. Les quantités d'air à injecter ont été étudiées par certains auteurs [21].

Ce processus consiste en :

- L'injection d'air dans le bassin aéré pour apporter de l'oxygène et stimuler l'activité des micro-organismes aérobies.
- Les micro-organismes aérobies dégradent la matière organique en CO₂ et en composés minéraux.
- Le lixiviat traité peut alors être réutilisé dans l'environnement s'il est conforme aux normes.

Les avantages de ce traitement incluent la diminution de la charge polluante du lixiviat, tels que la matière organique, l'azote, les métaux lourds, et les MES. De plus, ce traitement est une méthode simple et à faible coût [21].

II.3. Conclusion

En raison de leur caractère polluant, les lixiviats nécessitent un traitement avant d'être éventuellement rejetés dans l'environnement afin d'éviter la contamination des eaux souterraines. Les traitements physico-chimiques et biologiques sont largement considérés comme les méthodes les plus adaptées pour dépolluer les effluents tels que les lixiviats.

La combinaison de ces traitements peut améliorer leur efficacité. Au cours des dernières décennies, de nouvelles réglementations sur les produits toxiques sont devenues nécessaires en raison de l'augmentation des risques pour la santé publique et l'environnement. Pour faire face à ces défis, plusieurs traitements ont été développés. Le choix entre eux dépend de plusieurs facteurs, notamment leur efficacité, leur coût et leur facilité de mise en œuvre.

Chapitre III

Matériel et Méthode

III. Chapitre III : Matériels et Méthodes

Dans ce chapitre, nous allons examiner en détail les différents matériaux, produits et méthodes utilisés pour notre étude, dont l'objectif est la caractérisation et le traitement du lixiviat provenant de la décharge de Corso. Nous avons choisi de recourir à un traitement par aération intensive. Avant de traiter notre lixiviat, nous avons procédé à une caractérisation approfondie de celui-ci.

Pour cette étude, nous avons utilisé 16 litres de lixiviat brut, que nous avons divisés en deux parts égales. Chaque part a été placée dans un réacteur en verre distinct. L'un des réacteurs a été soumis à une aération de 0,72 ml d'O₂ par minute, tandis que l'autre a servi de témoin. L'efficacité de notre traitement sera évaluée en mesurant les variations de la DCO, DBO₅ des nitrates, des nitrites, des phosphates, ammonium, pH, MES, MVS ...etc.

Le bioréacteur utilisé lors de nos expériences, illustré dans la figure III.1, a été conçu et fabriqué au niveau de notre laboratoire. Il est constitué de :

- 1) Un réacteur de volume 8L ;
- 2) Un moteur mécanique qui permet l'agitation ;
- 3) Un cristalliseur (bain marie) ;
- 4) Une résistance chauffante ;
- 5) Une pompe aquarium (aération) ;
- 6) Un diffuseur d'air ;
- 7) Lixiviat ;
- 8) Lixiviat témoin (sans aération) ;
- 9) Seringue pour le prélèvement d'échantillon.

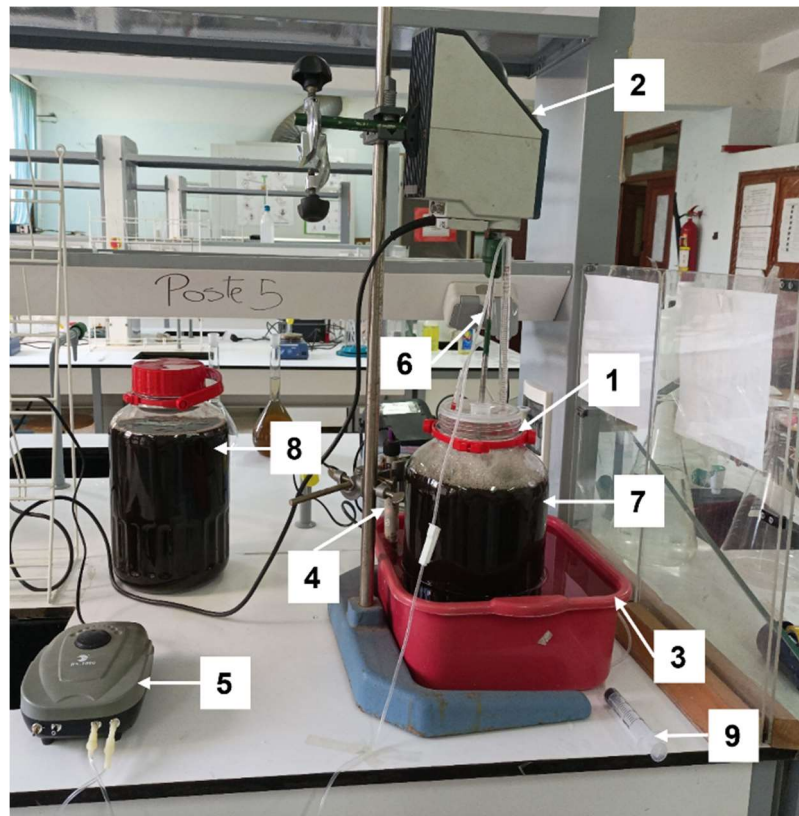


Figure III.1 : Bioréacteur pour le traitement des lixiviats par aération.

III.1. Matériels utilisés

Pour réaliser ces différentes analyses, différents matériels sont utilisés :

Spectrophotomètre, pH-mètre, balance de précision, étuve, four à moufle, agitateurs chauffants, turbidimètre, conductimètre, thermomètre, DBO mètre, centrifugeuse, verreries courantes de laboratoire tels que béchers, fioles, pipettes, pro pipette, éprouvettes et burettes.

III.2. Echantillonnage

Les lixiviats étudiés proviennent d'un Centre d'Enfouissement Technique situé à Corso, dans la wilaya de Boumerdès.

L'échantillon a été prélevé le 6 mars 2024 à partir du casier.

III.3. Conservation des lixiviats

Les lixiviats sont conservés à une température de congélation afin d'éviter toute activité biologique. Les analyses des paramètres globaux sont réalisées dès la réception des lixiviats.

III.4. Caractérisation de lixiviat

Les paramètres d'analyses pour caractériser le lixiviat, les méthodes et les normes sont illustrés dans le tableau III.1.

Tableau III.1 : Paramètres et référence des méthodes d'analyse.

Paramètres	Méthodes	Normes
Températures	Mesure directe avec thermomètre	-
Ph	Mesure directe avec le pH-mètre	NFT 90-008
Conductivité	Mesure directe avec conductimètre	NFT 90-008
Turbidité	Mesure directe avec turbidimètre	
MES\MVS	Par différence de pesée	NFT 90-015
DCO	Spectrophotométrie	ISO 6060-1989
DBO5	DBO mètre	
COT	COTmètre	
Nitrates	Spectrophotométrie	ISO 7890-3-1988
Nitrites	Spectrophotométrie	NFT 90-013
Ortho phosphate	Spectrophotométrie	NFT EN 1189
Chlorures	Spectrophotométrie	NFT90-014
Ammonium	Spectrophotométrie	NFT 90-015
Métaux lourds	Spectroscopie d'absorption atomique	

III.4.1. Mesure du pH

Principe

Le pH est en relation avec la concentration en ions hydrogène H⁺ (voir annexe).

III.4.2. Mesure de la turbidité

Principe

La turbidité est la mesure de l'aspect trouble de l'eau. C'est la réduction de la transparence de l'eau dû à la présence de matières non dissoutes (Voir annexe).

III.4.3. Mesure de la conductivité

Principe

La conductivité est la propriété de l'eau qui favorise le passage d'un courant électrique. Elle est dû à la présence dans le milieu d'ions qui sont mobiles dans un champ électrique. Elle dépend de la nature de ces ions dissous et de leur concentration. La température et la viscosité influent également sur la conductivité car la mobilité des ions augmente avec l'augmentation de la température et diminue avec celle de la viscosité (voir annexe).

III.4.4. Détermination de la DCO

Principe

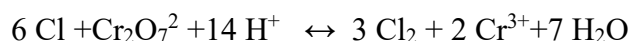
Oxydation chimique des matières réductrices contenues dans l'eau, par un excès de dichromate de potassium (K₂Cr₂O₇)

Cette oxydation se réalise en milieu sulfurique (H₂SO₄), en présence de sulfate d'argent (Ag₂SO₄) et de sulfate de mercure (HgSO₄), à ébullition à reflux pendant 2 heures dans un ballon ou dans un tube muni d'un réfrigérant.

Le dichromate de potassium est un oxydant puissant et le sulfate d'argent est un catalyseur d'oxydation utile pour oxyder les chaînes des alcools et des acides gras. Les conditions d'oxydation à chaud et en milieu sulfurique permettent également d'oxyder de nombreux constituants organiques avec un rendement voisin de 100 %, à l'exception des composés à longue chaîne carbonée (au-delà de 12 atomes de carbone, le pourcentage d'oxydation est rarement supérieur à 50 %) de certains produits aromatiques (purine et pyrimidine 20 à 30 %) ainsi que, d'une façon générale, des fonctions amines ou amides.

Ces conditions permettent également l'oxydation de constituants minéraux réduits comme les sulfures, sulfites, thiosulfates, nitrites, fer, chlorures... ; ces composés interfèrent de manière importante dans la détermination de la DCO par leur oxydation par le dichromate.

Le cas des chlorures est un exemple :

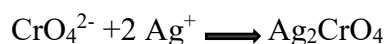


III.4.5. Dosage des chlorures

Principe

Les ions chlorure sont précipités à l'état de chlorure d'argent par une solution titrée par le nitrate d'argent (AgNO_3).

L'indicateur de fin de réaction est le chromate de potassium (K_2CrO_4) qui, en présence d'un excès d'ions argent, forme un précipité rouge.



Chlorure d'argent (précipité blanc)



Chromate d'argent (précipité rouge)

Ce dosage doit être réalisé en milieu neutre, le chromate d'argent étant soluble à pH acide alors qu'un milieu alcalin entraîne la formation d'un précipité noir d'oxyde d'argent.

III.4.6. Nitrites

Principe

Réaction de diazotation entre les nitrites et le réactif amino-4 benzène sulfonamide en présence d'acide orthophosphorique. Le produit formé (diazotique) donne un complexe rose avec le dichlorhydrate de N-naphtyl-1,2-diaminoéthane qui possède un maximum d'absorption à 537 nm (voir annexe).

III.4.7. Nitrates

Les nitrates, en présence de composés phénoliques et d'acide sulfurique, se transforment en dérivés nitres du phénol, extractibles par le toluène, et donnant en milieu alcalin une coloration jaune pouvant être mesurée à 440 nm (voir annexe).

III.4.8. Dosage des orthophosphates

Principe

Les ions orthophosphates en solution acide (H_2SO_4) et en présence d'ions molybdate et d'antimoine forment un complexe d'antimononyl-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 ou à 700 nm et permet de déterminer la concentration en orthophosphates de l'échantillon dans une gamme étalon (voir annexe).

III.4.9. Dosage des Matières en suspension MES

La séparation des matières en suspension (MES) de l'eau se fait par centrifugation. L'échantillon est mis en rotation à grande vitesse. L'application de la centrifugeuse sur les particules solides permet de les rassembler dans le fond du tube sous forme de culot. Ce culot sera lavé puis récupéré et mis à sécher à 105°C dans l'étuve. Le résidu est ensuite pesé. Il correspond aux MES contenues dans l'échantillon. Norme NFT 90-105-2 (voir annexe).

III.4.10. Dosage des matières volatiles en suspension MVS

Les matières organiques ont la propriété d'être minéralisées à haute température. Les molécules produites par la calcination de la matière organique sont sous forme gazeuse à haute température et vont donc se volatiliser. C'est pour cette raison qu'on détermine la teneur en matières organiques par calcination à 550°C et par pesée du résidu, les cendres, qui représentent les éléments minéraux. Par différence entre la masse de matières sèches initiale et la masse de matières minérales restante, on détermine la masse de matières organiques (voir annexe).

III.4.11. DBO₅

Le principe repose sur la mesure de l'oxygène consommé dans un échantillon d'eau et de ses dilutions pour dégrader la pollution initiale par voie biochimique, par détermination de la concentration en oxygène dissous avant et après incubation. Cette mesure implique l'introduction, dans une eau diluée saturée en oxygène, d'un volume d'échantillon tel que la consommation en oxygène au bout de 5 jours soit de l'ordre de 50 % de la teneur initiale. (Voir annexe).

III.4.12. Azote ammoniacal

Principe

En présence d'hydroxyde de potassium ou de sodium, il se produit une réaction entre les ions NH_4^+ et le réactif de Nessler, avec formation d'un composé de coloration variant du rouge au brun. L'ajout de tartrate dans le milieu a pour rôle d'éviter la formation d'un trouble dû à l'interférence du calcium et du magnésium présent dans l'eau. Ensuite, on réalise une mesure spectrophotométrique de l'absorbance à 420 nm (voir annexe).

III.4.13. Spectroscopie d'absorption atomique (SAA)**Principe**

C'est une méthode analytique utilisée pour quantifier les concentrations des métaux présent dans un échantillon.

Le principe de la SAA a flamme repose sur l'absorption de la lumière par les atomes libres d'un élément spécifique dans une flamme. Cette technique est puissante et largement utilisée pour la détection et la quantification des métaux lourds dans tous types d'échantillons (voir annexe).

Chapitre IV
Résultats et discussions

IV. Chapitre IV : Résultats et discussions

IV.1. Composition des lixiviats de C.E.T de Corso

Les lixiviats des décharges renferment de nombreux contaminants organiques et minéraux souvent très toxiques. Leur composition varie ainsi en fonction de la nature des déchets, l'âge de la décharge, la géométrie et la gestion du site, en particulier la façon dont les apports en eau sont contrôlés. Afin de caractériser ces lixiviats, des analyses physicochimiques ont été effectuées. Ces analyses sont représentées dans le tableau IV.1

Tableau IV.1 : Caractérisation de lixiviat brut de C.E.T de Corso

Paramètre	Unité	Valeur	Normes de Rejet
Odeur	-	Indésirable	
Couleur	-	Noir	
PH	-	8,20	6,5-8,5
Température	°C	17,7	-
Conductivité	ms/cm	21,3	-
Turbidité	NTU	173	-
MES	g/L	0,69	35
MVS	g/L	0,26	-
MM	g/L	0,43	-
DCO	mg d'O ₂ /L	18094,44	100
DBO ₅	mg d'O ₂ /L	0	
Nitrates	mg/L	171,63	50
Nitrites	µg/L	197	3
Chlorure	mg/L	0,5	200
Orto-phosphate	mg /L	36,02	10
Azote Ammoniacal	mg/L	328,32	5
Azote Kjeldahl (TKN)	G/L	8,57	

Les résultats que nous avons obtenus montrent que le lixiviat du CET de Corso dépasse les normes conventionnelles algériennes.

L'examen des résultats obtenus montre que les lixiviats véhiculent globalement une importante pollution organique, minérale et pollution azotée.

IV.2. Discussion des paramètres

a. La couleur : Le lixiviat étudié arbore une couleur noire, ce qui est principalement dû aux matières en suspension (MES) et à la présence d'ions de sulfure, qui ont un fort pouvoir colorant.

b. L'odeur : Le lixiviat dégage des odeurs désagréables, Ces odeurs sont dues essentiellement :

- A la présence d'ammoniac (Présence d'un fort taux d'ammonium dans les lixiviats).
- Aux composés soufrés issues partiellement du processus de biodégradation qui participent à l'émanation du gaz H₂S.
- A la décomposition de la matière organique présente dans l'effluent dont la macération se poursuit (fermentation anaérobie).
- Et aussi à la température du milieu qui favorise la volatilisation de composés odorants.

c. Température

Notre échantillon est au voisinage de 17.7 °C qui reste inférieure à la norme de rejet qui est de 30 °C.

d. pH : Notre lixiviat présente un pH de 8,20, indiquant une légère alcalinité. Cette valeur peut être attribuée à la présence de divers matériaux, tels que le béton ou le plâtre, ou à des activités microbiologiques susceptibles d'augmenter le pH. Ce niveau de pH signifie également que le lixiviat est à un stade avancé de dégradation, ayant dépassé la phase acétogène et entrant dans la phase méthanogène. Cette phase favorise l'autoépuration.

Du point de vue pH uniquement, ces lixiviats, sont conformes à la norme de rejet en milieu naturel qui se situe entre 6,5 et 8,5.

e. Conductivité

La mesure de la conductivité fournit une information globale sur la quantité d'espèces chargées présentes dans le lixiviat, permettant ainsi d'évaluer la charge minérale polluante d'un effluent. La conductivité de notre échantillon présente une valeur moyenne de 21,3 ms/cm, ce qui est élevé et indique une forte concentration de substances ioniques dissoutes. Cette concentration élevée peut être due à la présence de sels dissous, de métaux lourds ou à la nature des déchets. Une telle conductivité traduit une grande salinité et un lessivage intense des déchets ménagers. Les principaux ions contribuant à cette conductivité sont : Cl⁻, NH₄⁺, HCO₃⁻, SO₄²⁻, Na⁺, Ca²⁺, Mg²⁺, K⁺.

La réglementation sur les rejets en stations d'épurations ou milieu naturel, ne prévoit pas de limite pour ce paramètre.

f. Turbidité

Une turbidité de 173 NTU signifie que le lixiviat contient une quantité importante de particules en suspension. Ces particules peuvent inclure des matières organiques décomposées, des minéraux fins, des micro-organismes, et d'autres substances solides.

g. La demande chimique en oxygène DCO

La DCO exprime la quantité d'oxygène nécessaire pour oxyder la matière organique présente dans une eau. Notre lixiviat a une DCO de 18 094,44 mg d'O₂/L, indiquant une charge polluante oxydable extrêmement élevée par rapport aux normes de rejet dans le milieu récepteur. Cela signifie que notre échantillon contient une quantité significative de matière organique, nécessitant beaucoup d'oxygène pour être décomposée

h. Le rapport DBO₅/DCO

Les fractions organiques (DBO₅/DCO) renseignent sur la biodégradabilité des molécules organiques et l'âge relatif des lixiviats étudiés. Le rapport DBO₅/DCO est supérieur à 0,3 pour les lixiviats jeunes et inférieur à 0,1 pour les lixiviats stabilisés. Il est compris entre 0,1 et 0,3 pour les lixiviats intermédiaires. Pour notre échantillon, ce rapport est inférieur à 0,1, ce qui, associé à un pH de 8,2 et une DCO de 18094,44mg/L, signifie plusieurs choses importantes :

- Un rapport DBO₅/DCO inférieur à 0,1 indique que la part de matière organique facilement biodégradable est très faible par rapport à la quantité totale de matière organique présente. Cela signifie que la majorité des substances organiques dans le lixiviat est réfractaire à la biodégradation rapide par les microorganismes.
- En raison de la faible biodégradabilité et de la charge organique élevée, des traitements spécifiques, comme des procédés physico-chimiques ou des traitements biologiques avancés, sont nécessaires pour réduire efficacement la pollution avant tout rejet ou réutilisation du lixiviat.
- En résumé, un rapport DBO₅/DCO inférieur à 0,1, combiné à un pH de 8,2 et une DCO de 18094,44mg d'O₂/L, indique que notre lixiviat contient une grande quantité de matières organiques difficilement biodégradables et nécessite des traitements avancés pour être décontaminé efficacement.

i. Chlorures

Une concentration de chlorures de 0,5 mg/L est relativement faible. Cela indique une faible présence de chlorures dissous dans le lixiviat, ce qui peut être bénéfique car des concentrations plus élevées pourraient indiquer une contamination accrue par des déchets industriels ou des sels de déneigement.

j. NO_3^- , NO_2^- , NH_4^+ et L'azote Kjeldahl Total (TKN)

Une concentration de 171,63 mg/L de nitrates (NO_3^-) est relativement élevée. Cela indique qu'une partie importante de l'azote présent dans le lixiviat est sous forme oxydée, ce qui est typique des lixiviats issus de déchets en phase de décomposition avancée. Les nitrates sont le produit final de la nitrification, un processus aérobie où l'ammonium est converti en nitrites, puis en nitrates.

La concentration en nitrites (NO_2^-) de 197,07 $\mu\text{g/L}$ (ou 0,197 mg/L) est plus faible que celle des nitrates, ce qui est attendu puisque les nitrites sont un intermédiaire temporaire dans le processus de nitrification. Cette présence de nitrites suggère que la nitrification est en cours, mais elle n'est pas complète.

Une concentration en ammonium (NH_4^+) de 328,32 mg/L est extrêmement élevée et indique que le lixiviat contient une grande quantité de matière organique azotée en décomposition. L'ammonium est souvent le produit de la dégradation anaérobie de la matière organique, et sa présence à de telles concentrations indique que le lixiviat est encore riche en azote réduit.

La présence simultanée de nitrates élevés et d'ammonium élevé, ainsi que des traces de nitrites, suggère que le lixiviat est à une phase intermédiaire entre la dégradation anaérobie (qui produit principalement de l'ammonium) et la dégradation aérobie (qui convertit l'ammonium en nitrates via les nitrites). Ce lixiviat est probablement dans un état de transition, évoluant vers une phase plus stable.

L'Azote Kjeldahl Total (TKN) de notre lixiviat est de 8,57 g/L (8570 mg/L). Le TKN est une mesure de la concentration totale d'azote organique et d'ammonium (NH_4^+) présents dans l'échantillon. Voici ce que cette valeur signifie :

Un TKN de 8,57 g/L est extrêmement élevé, indiquant une grande quantité de matière organique azotée dans le lixiviat. Cette matière organique provient de la décomposition des déchets organiques présents dans la décharge.

Le TKN comprend l'ammonium, qui est déjà à une concentration très élevée (328,32 mg/L). La différence entre le TKN total et l'ammonium représente principalement l'azote organique (8,241 g/L)

. Cela suggère que le lixiviat contient une importante quantité d'azote sous forme organique et ammoniacale.

Les valeurs élevées de TKN nécessitent des traitements spécifiques pour réduire la concentration de l'azote avant tout rejet dans l'environnement. Les processus de traitement peuvent inclure la nitrification (conversion de l'ammonium en nitrates) suivie de la dénitrification (réduction des nitrates en azote gazeux), ou des méthodes physico-chimiques pour éliminer l'azote organique.

Un TKN élevé associé à un pH de 8,2 et à une DCO élevée (18094,44 mg d' O_2/L) indique que le lixiviat est à un stade intermédiaire de dégradation. Bien que le pH indique une phase méthanogène, les valeurs de TKN et de DCO montrent qu'il reste encore une quantité significative de matière organique à décomposer.

k. Les orthophosphates (PO_4^{3-})

Les orthophosphates proviennent de la décomposition des matières organiques et des déchets présents dans la décharge. Une concentration élevée de 36 mg/L suggère que le lixiviat contient des quantités significatives de composés phosphorés provenant de sources telles que les restes alimentaires, les détergents, et autres matériaux contenant du phosphore.

l. Matière volatile sèche (MVS)

Une concentration de 0,26 g/L de MVS indique que la partie de MES qui est volatilisable est relativement plus faible par rapport aux particules solides totales. Cela peut indiquer une composition de MES où les matières organiques volatiles sont moins prédominantes par rapport aux matières inorganiques et aux débris solides.

m. Matière en suspension (MES)

Une concentration de 0,69 g/L de MES indique une quantité significative de particules solides en suspension dans le lixiviat. Cela peut être dû à la décomposition des déchets solides présents dans la décharge, à l'érosion des matériaux de construction et à d'autres sources similaires.

IV.3. Traitement de lixiviat

Cette partie porte sur le traitement du lixiviat provenant de C.E.T de Corso par le couplage de deux procédés de traitement :

- Traitement par aération
- Traitement par photolyse (traitement de finition)

IV.3.1. Traitement par Aération du Lixiviat du C.E.T de Corso

Le traitement par aération consiste à enrichir le lixiviat en oxygène afin de favoriser l'oxydation biologique et chimique des polluants présents. Pour ce faire, nous avons utilisé deux réacteurs distincts : dans le premier, de l'oxygène a été introduit, tandis que le second a été maintenu comme témoin. La durée totale du traitement a été de 90 jours.

L'efficacité du traitement a été évaluée en prélevant des échantillons à intervalles de 10 jours dans les deux réacteurs. Ces prélèvements seront utilisés pour déterminer plusieurs paramètres clés tels que la DCO (Demande Chimique en Oxygène), le COT (Carbone Organique Total), les nitrates, les nitrites, les orthophosphates, l'ammonium, etc. Qui ont permis d'analyser et de suivre les changements dans les caractéristiques physico-chimiques du lixiviat traité par rapport au témoin au cours du temps.

Cette approche par aération constitue une méthode courante et efficace pour réduire la charge polluante du lixiviat, contribuant ainsi à atténuer son impact environnemental avant tout rejet dans l'environnement récepteur ou sa réutilisation éventuelle.

IV.3.1.1. Evolution de la DCO et le COT de lixiviat aéré et lixiviat témoin

Le graphique ci-dessous illustre l'importance du suivi de la DCO (Demande Chimique en Oxygène) et du COT (Carbone Organique Total) pour le lixiviat aéré et le lixiviat témoin.

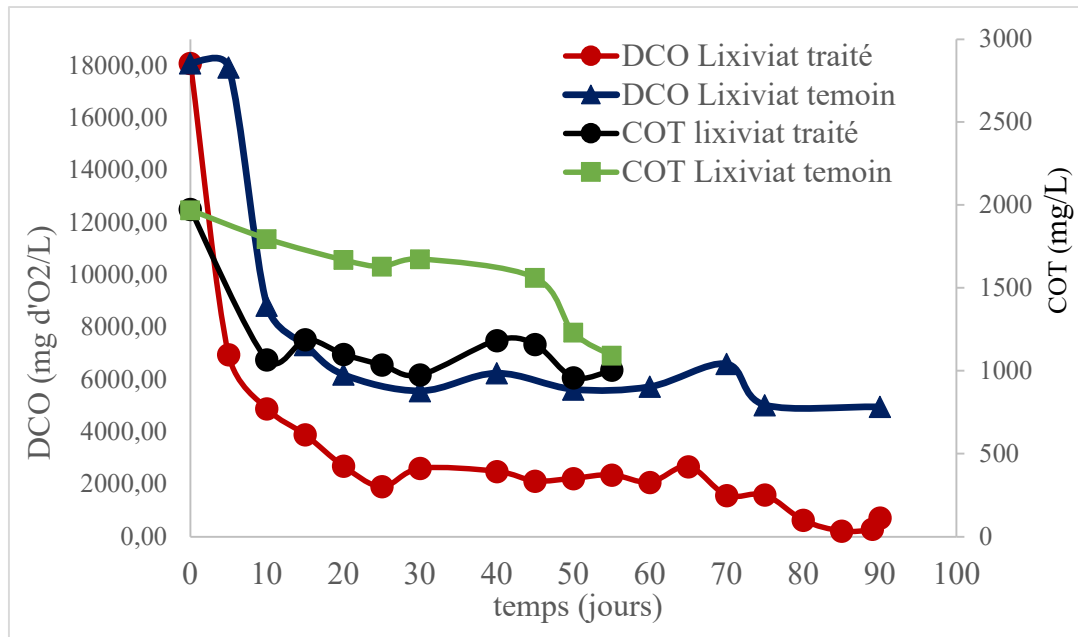


Figure IV.1 : Effet de l'aération des lixiviats sur l'abattement de la DCO.

D'après la figure IV.1, nous avons observé que dans les cinq premiers jours, le lixiviat traité par aération a montré une diminution significative de la DCO, passant de 18000 mg/l à 6966.66 mg/l. Cette réduction peut être attribuée à la croissance accrue des micro-organismes aérobies, qui consomment une quantité importante d'oxygène. Ces micro-organismes jouent un rôle clé dans la dégradation de la matière organique et des polluants.

En revanche, dans le lixiviat non aéré, aucune diminution de la DCO n'a été observée au cours des cinq premiers jours. Cela peut s'expliquer par l'absence d'oxygénation, favorisant ainsi des processus anaérobies plus lents.

Entre le cinquième et le 30ème jour, la diminution de la DCO dans le lixiviat aéré s'est poursuivie, mais à un rythme plus lent. Ceci pourrait être dû à la dégradation de matières organiques plus complexes et moins biodégradables. Après le 30ème jour, une stabilité de la DCO a été observée, suggérant un équilibre chimique.

Vers le 65ème jour, une diminution progressive supplémentaire a été notée dans le lixiviat aéré. Pour le lixiviat témoin, aucune modification de la DCO n'a été observée au cours des cinq premiers jours, suivie d'une diminution après le 10ème jour et d'une stabilisation à partir du 20ème jour.

En ce qui concerne le COT du lixiviat aéré, une diminution significative a été observée au cours des dix premiers jours, due à l'activité microbienne intense des micro-organismes présents. Ensuite, un équilibre dynamique a été atteint et le COT s'est stabilisé.

Pour le COT du lixiviat témoin, la stabilité initiale peut être expliquée par un équilibre entre production et dégradation. Par la suite, une diminution du COT a été observée, probablement due à l'influence des micro-organismes anaérobies.

IV.3.1.2. Evolution de l'Ammonium, Nitrite et Nitrate dans le lixiviat traité par aération et dans le lixiviat témoin

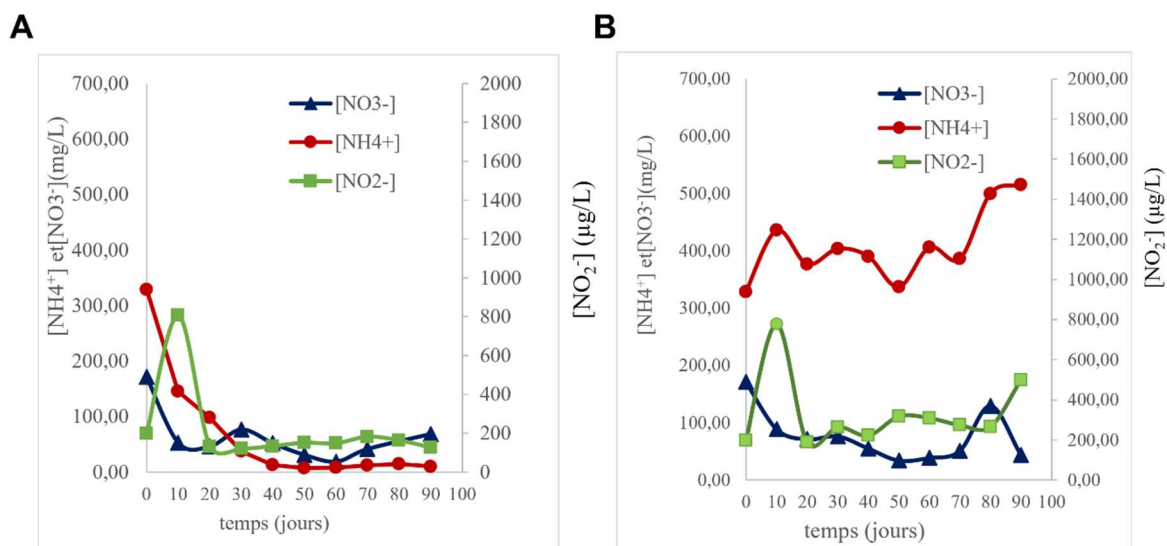


Figure IV.2 : Effet de l'aération des lixiviats sur l'abattement de l'ammonium, Nitrite et Nitrate. A) Lixiviat traité par aération. B) Lixiviat non traité (témoin).

Selon la Figure IV.2.A, nous observons une dynamique intéressante des nitrites, nitrates, et ammonium au cours du traitement par aération :

1. Premiers 10 jours :

- **Nitrites** : Augmentation de 197 $\mu\text{g/L}$ à 807 $\mu\text{g/L}$. Cela s'explique par la nitrification, où l'ammonium est converti en nitrites par les bactéries nitrifiantes.
- **Ammonium** : Diminution de 328,32 mg/L à 145,27 mg/L, indiquant son oxydation en nitrites.

- **Nitrates** : Diminution de 171,63 mg/L à 52,66 mg/L, car les nitrites ne se transforment pas encore en nitrates en grande quantité durant cette phase initiale.
2. **Du 10ème au 20ème jour :**
- **Nitrites** : Diminution due à leur transformation en nitrates.
 - **Nitrates** : Augmentation, indiquant la progression de la nitrification complète (conversion des nitrites en nitrates).
 - **Ammonium** : Continue de diminuer, poursuivant sa conversion en nitrites et nitrates.
3. **Du 20ème au 40ème jour :**
- **Équilibre** : Les trois paramètres atteignent un équilibre relatif.
 - **Palier** : Du 40ème au 90ème jour, les valeurs des nitrites, nitrates, et ammonium se stabilisent, indiquant que le processus de nitrification et de dénitrification atteint un état stable.

Lixiviat Non Aéré (témoin)

Pour le lixiviat non traité par aération, les observations sont différentes :

1. **Premiers 10 jours :**

- **Ammonium** : Légère augmentation en raison de l'absence d'oxygène, limitant la nitrification.
- **Nitrates** : Diminution, probablement due à la dénitrification dans un environnement anoxique (absence d'oxygène).

2. **Du 10ème au 20ème jour :**

- **Ammonium et Nitrites** : Diminution, alors que les bactéries anaérobies commencent à utiliser l'ammonium.
- **Nitrates** : Légère augmentation, indiquant une faible nitrification.

3. **Au-delà du 20ème jour :**

- **Nitrites** : Augmentation, en raison de l'absence d'oxygène empêchant leur conversion en nitrates.
- **Nitrates** : Diminution, confirmant la dénitrification et l'accumulation des nitrites dans le milieu.
- **Palier** : Finalement, un palier est atteint, stabilisant les niveaux des nitrites et des nitrates.

Conclusion

Les différences observées entre le lixiviat aéré et le lixiviat non aéré mettent en évidence l'importance de l'oxygénation pour la transformation des composés azotés. L'aération favorise la conversion de l'ammonium en nitrites et en nitrates, facilitant ainsi la dégradation des polluants. En revanche, l'absence d'oxygène dans le lixiviat non traité entraîne une accumulation de nitrites et une dénitrification inefficace, soulignant l'importance de l'aération pour un traitement optimal du lixiviat.

IV.3.1.3. Evolution des orthophosphates et du pH dans le lixiviat traité par aération et dans le lixiviat témoin

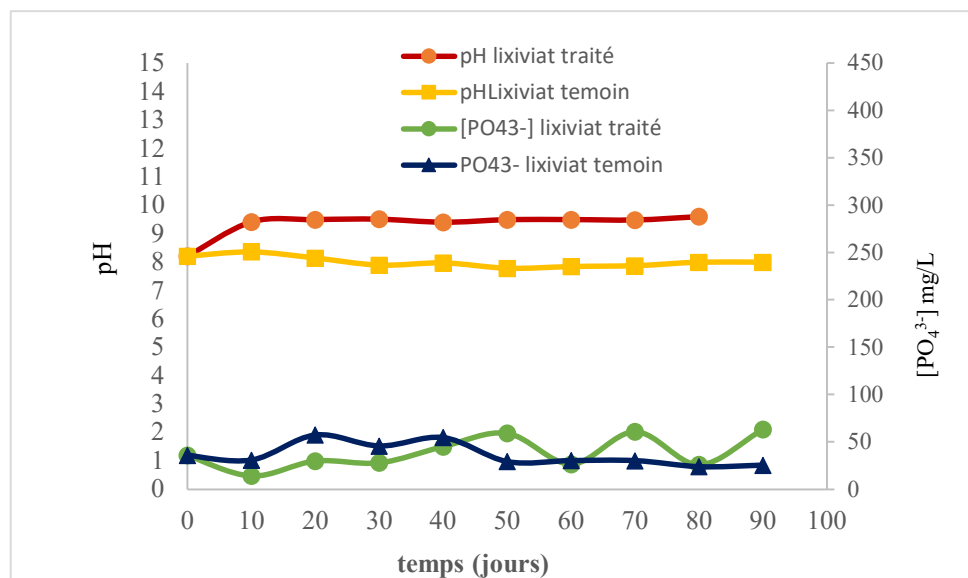


Figure IV.3 : Effet de l'aération des lixiviats sur l'élimination des orthophosphates et du pH.

La figure ci-dessus nous a permis de tirer les observations suivantes :

Évolution du pH

- **Lixiviat traité par aération :**

- **Augmentation initiale :** Le pH du lixiviat aéré a augmenté de 8 à 9, suivi d'une phase de stabilité. Cette augmentation peut être attribuée à l'oxydation des acides volatils présents dans le lixiviat et à une diminution de l'activité microbienne.

- **Lixiviat témoin :**

- **Stabilité :** Le pH du lixiviat témoin est resté stable tout au long de l'expérience, probablement en raison d'un équilibre chimique constant sans l'influence de l'oxygénation.

Évolution des Orthophosphates

- **Lixiviat traité par aération :**

- **Diminution initiale :** Au cours des dix premiers jours, la concentration en orthophosphates a diminué de 36 mg/L à 14 mg/L. Cette baisse est due à l'oxygénation qui favorise la croissance des bactéries aérobies, lesquelles consomment les orthophosphates.
- **Augmentation ultérieure :** Du 10ème au 50ème jour, une augmentation de la concentration en orthophosphates a été observée, atteignant 59 mg/L. Cette hausse peut s'expliquer par des interruptions de l'alimentation en oxygène (pannes d'électricité), réduisant la consommation d'orthophosphates par les bactéries aérobies. Finalement, un palier s'est formé entre 59 et 63 mg/L.

- **Lixiviat témoin :**

- **Légère diminution initiale :** La concentration en orthophosphates a légèrement diminué de 36 mg/L à 31 mg/L au cours des dix premiers jours. Cette légère baisse est due à l'absence d'oxygène, limitant la croissance des bactéries aérobies.
- **Augmentation :** Du 10ème au 20ème jour, la concentration en orthophosphates a augmenté jusqu'à 58 mg/L, en raison du manque d'oxygène et de la faible activité des bactéries aérobies.
- **Diminution ultérieure :** Du 20ème au 50ème jour, une diminution des orthophosphates a été observée, atteignant 29 mg/L. Cette baisse est due à l'activité des bactéries anaérobies qui consomment les orthophosphates. Ensuite, un palier s'est formé entre 25 et 29 mg/L.

Conclusion

Les variations du pH et des orthophosphates dans le lixiviat aéré et non aéré soulignent l'importance de l'oxygénation dans le traitement des lixiviats. L'aération favorise la dégradation des polluants organiques et la consommation des orthophosphates par les bactéries aérobies. En l'absence d'oxygène, les processus anaérobies prennent le relais, bien que moins efficaces, entraînant des fluctuations différentes des concentrations en orthophosphates. L'analyse de ces paramètres est essentielle pour optimiser le traitement du lixiviat et prévenir les perturbations causées par des interruptions dans l'apport d'oxygène.

IV.3.1.4. Evolution de N Kjeldahl, N organique et de l'ammonium dans le lixiviat traité par aération et dans le lixiviat témoin

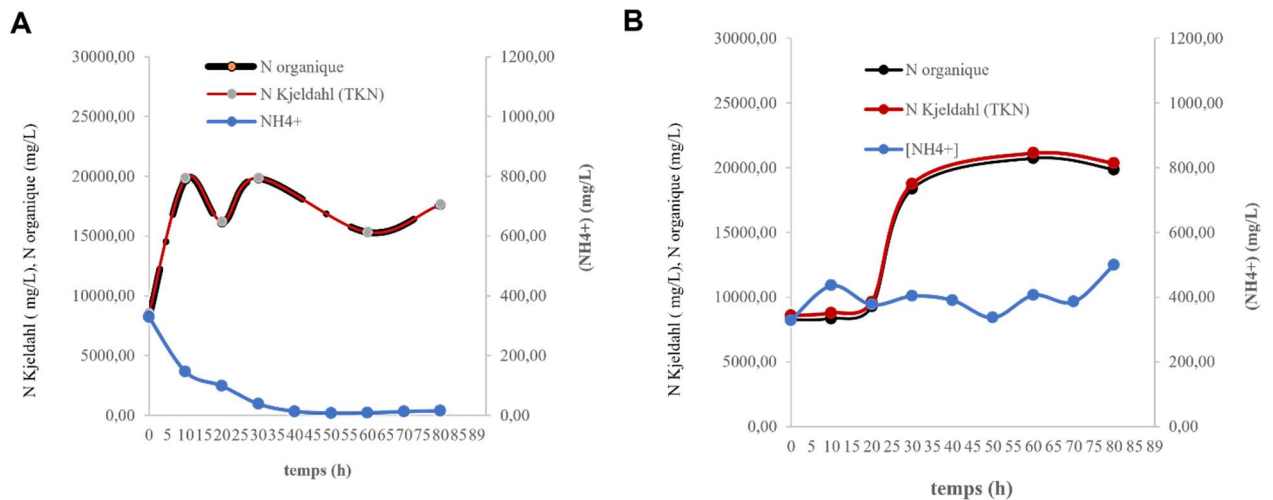


Figure IV.4 : Effet de l'aération intensive des lixiviats sur l'élimination de N Kjeldahl, N organique et de l'ammonium dans le lixiviat traité par aération et dans le lixiviat témoin. A) Lixiviat traité par aération. B) Lixiviat non traité (témoin).

Dans la (Figure IV.4. A) nous remarquons

Évolution de l'azote organique et Kjeldahl

Lixiviat traité par aération :

1. Augmentation initiale de l'azote organique : Les premiers jours montrent une augmentation de l'azote organique en raison de la présence de matière organique azotée non encore dégradée par les micro-organismes.
2. Diminution entre le 10ème et le 20ème jour : L'azote organique et l'azote Kjeldahl diminuent à mesure que les micro-organismes dégradent les composés organiques azotés en ammonium.
3. Oxydation de l'ammonium : L'ammonium (NH_4^+) est oxydé en nitrites (NO_2^-) par les bactéries *Nitrosomonas*, puis en nitrates (NO_3^-) par les bactéries *Nitrobacter*. Cette séquence continue jusqu'à la formation d'un palier entre 40 et 80 heures, indiquant un équilibre dans la dégradation.

Lixiviat témoin :

1. Augmentation de l'azote organique et Kjeldahl : Sans apport d'oxygène, la concentration d'azote organique et Kjeldahl augmente, atteignant un maximum autour de [13h-21134,70 mg/L]. L'absence d'oxygène empêche la dégradation de l'azote organique en ammonium par les micro-organismes, formant un palier.
2. Accumulation de l'ammonium : L'absence d'oxygène entraîne une accumulation d'ammonium, car les bactéries responsables de la conversion de l'ammonium en nitrites et nitrates ne peuvent pas fonctionner efficacement sans oxygène. Cette accumulation reflète le manque de dégradation de l'azote organique.

Les résultats montrent l'importance de l'aération dans le traitement du lixiviat. L'aération stimule l'activité microbienne, permettant la dégradation efficace de l'azote organique en ammonium, puis en nitrites et nitrates. En absence d'aération, comme observé dans le lixiviat témoin, les processus de nitrification sont inhibés, entraînant une accumulation d'ammonium et une augmentation de l'azote organique et Kjeldahl.

Conclusion

L'aération est cruciale pour le traitement des lixiviats, facilitant la conversion des composés azotés en formes moins toxiques et permettant une meilleure gestion des polluants. Ces observations soulignent la nécessité d'un apport d'oxygène constant pour assurer une dégradation efficace et prévenir l'accumulation de composés nuisibles.

IV.3.1.5. Evolution des chlorures, la conductivité et de la température dans le lixiviat traité par aération et dans le lixiviat témoin

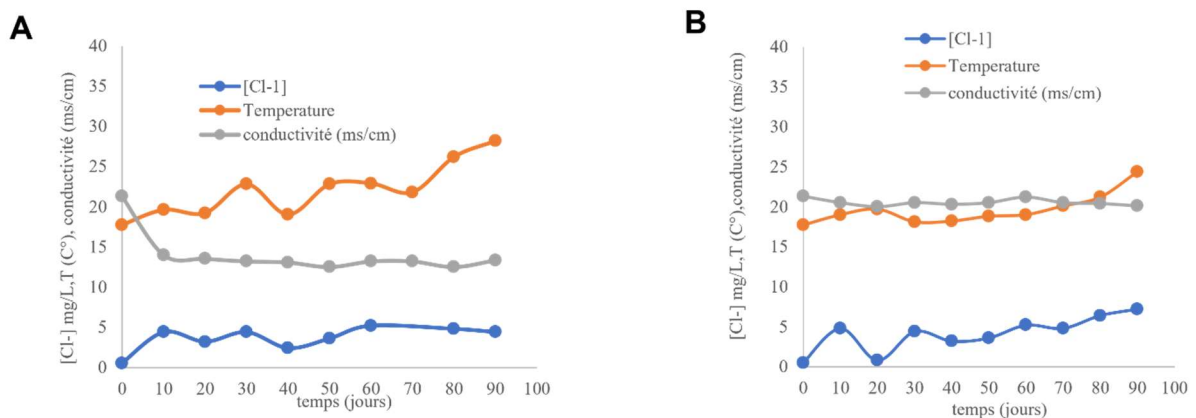


Figure IV.5 : Effet de l'aération intensive des lixiviats sur la conductivité et la température et sur l'élimination des chlorures dans le lixiviat traité par aération et dans le lixiviat témoin.

A) Lixiviat traité par aération intensive. B) Lixiviat non traité (témoin).

La figure IV.5 nous a permis de tirer les observations suivantes :

Évolution de la conductivité et de la température

Lixiviat traité par aération :

1. Conductivité :

- **Diminution initiale** : Dans les 10 premiers jours, la conductivité du lixiviat aéré baisse de manière significative. Cela peut s'expliquer par la dissolution rapide des sels et la dégradation des polluants.
- **Stabilisation** : Après cette baisse initiale, la conductivité se stabilise, formant un palier. Cette stabilité peut être due à l'atteinte d'un équilibre chimique, où les concentrations de sels dissous n'évoluent plus significativement.

2. Température :

○ **Augmentation** : Le lixiviat traité par aération, placé dans un bain-marie avec une résistance réglée à 30 degrés Celsius, montre une augmentation de la température. Cela est attendu, étant donné que le bain-marie maintient une température constante de 30 degrés.

3. Chlorures :

○ **Augmentation initiale** : Une augmentation des chlorures est observée dans les 10 premiers jours, probablement en raison de la solubilisation rapide des déchets.

○ **Stabilisation** : Après cette augmentation initiale, les niveaux de chlorures se stabilisent, indiquant une stabilisation chimique et biochimique des composés chlorés dans le lixiviat.

Lixiviat non traité (témoin) :

1. Conductivité :

○ **Stabilité** : La conductivité du lixiviat témoin reste stable tout au long de l'observation. Cette stabilité peut être due à une activité biologique limitée et à un équilibre chimique constant.

2. Température :

○ **Ambiante** : La température du lixiviat témoin reste à une température ambiante, puisqu'il n'a pas été soumis au bain-marie chauffé.

Conclusion

Les observations faites dans les figures IV.5.A et IV.5.B mettent en évidence les effets de l'aération et du chauffage sur les propriétés chimiques et physiques du lixiviat. L'aération favorise la dégradation des polluants et modifie la conductivité et la concentration des chlorures,

IV.3.1.6. Evolution de l'azote total, de l'azote organique et de l'azote inorganique dans le lixiviat traité par aération et dans le lixiviat témoin

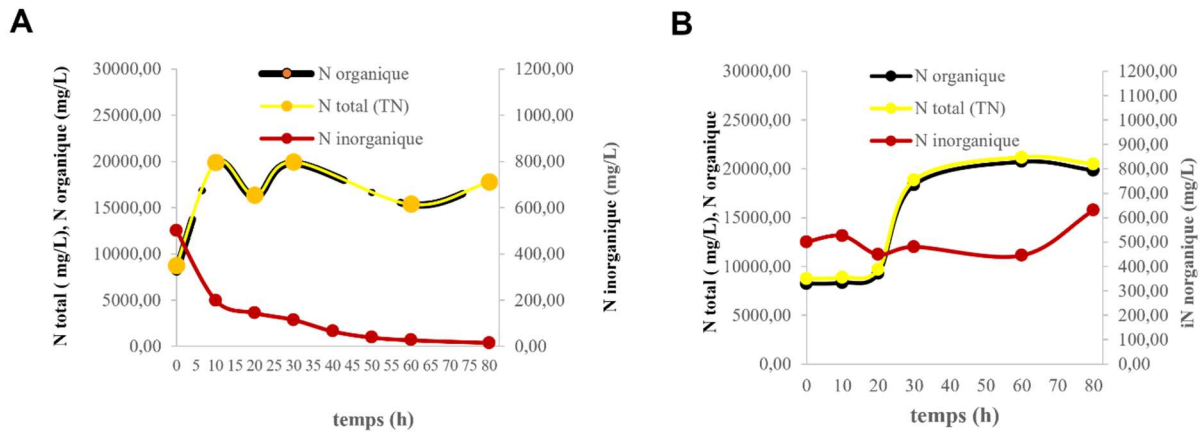


Figure IV.6 : Effet de l'aération intensive des lixiviats sur l'élimination de l'azote total, de l'azote organique et de l'azote inorganique dans le lixiviat traité par aération et dans le lixiviat témoin. A) Lixiviat traité par aération. B) Lixiviat non traité (témoin).

Lixiviat traité par aération (Figure IV.6.A) :

1. Azote organique et azote total :

- **Augmentation initiale** : Les courbes de l'azote organique et de l'azote total montrent une augmentation de 8741,32 mg/L à 19917,16 mg/L dans les premiers jours. Cela est dû à la grande quantité de matière organique azotée provenant de la décomposition des déchets solides.
- **Diminution de l'azote inorganique** : Simultanément, l'azote inorganique diminue de 500,14 mg/L à 198,73 mg/L car les micro-organismes n'ont pas encore converti les composés organiques en ammonium. Par conséquent, l'azote ammoniacal reste en faible quantité.
- **Légère diminution** : Entre 10 et 20 heures, on observe une légère diminution de l'azote organique et de l'azote total, passant de 19917,16 mg/L à 16280,84 mg/L, en raison de leur transformation en ammonium.
- **Augmentation** : De 20 à 30 heures, une légère augmentation de l'azote organique et de l'azote total est observée, atteignant 19933,36 mg/L, suivie par la formation d'un palier de 30 à 80 heures.

2. Azote inorganique :

- **Diminution continue** : L'azote inorganique continue de diminuer, formant un palier entre 60 heures (26,84 mg/L) et 80 heures (14,97 mg/L).

Lixiviat témoin (Figure IV.6.B) :

1. Azote organique et azote total :

- **Formation d'un palier initial** : Les courbes de l'azote organique et de l'azote total montrent une stabilisation dans les 10 premières heures.
- **Augmentation** : Après 20 heures, une augmentation est observée, suivie par une stabilisation de 30 à 80 heures. L'absence d'oxygène empêche les bactéries nitrifiantes de convertir l'ammonium en nitrites et nitrates, entraînant une accumulation de NH_4^+ .

2. Azote ammoniacal (NH_4^+) :

- **Stabilisation** : La concentration en ammonium se stabilise autour de 445,15 mg/L à 60 heures en raison de l'absence d'oxygène qui empêche la nitrification.
- **Augmentation finale** : À la fin, une augmentation de l'ammonium est observée, atteignant 629,63 mg/L.

Conclusion

Les figures IV.6.A et IV.6.B montrent les effets de l'aération sur les différentes formes d'azote dans le lixiviat. L'aération favorise la conversion de l'azote organique et total en ammonium, tandis que le lixiviat non traité montre une accumulation de NH_4^+ en raison de l'absence d'oxygène. Cette analyse met en évidence l'importance de l'oxygénation pour la dégradation des composés azotés dans le traitement du lixiviat.

IV.3.1.7. Effet de l'aération sur les métaux dans les lixiviats

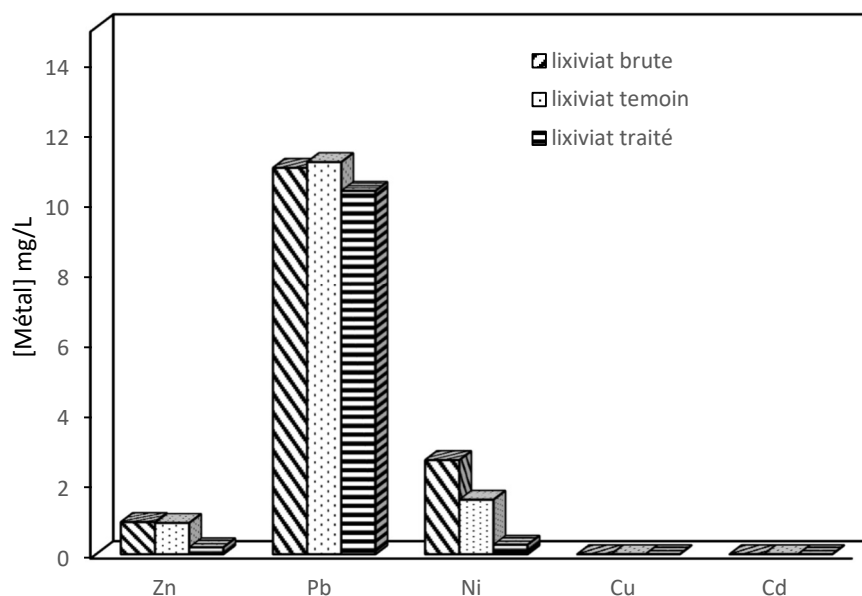


Figure IV.7 : graphique représentant l'effet de l'aération intensive sur les métaux des différents types de lixiviats (lixiviat brute, lixiviat témoin, lixiviat traité).

Sur la figure IV.7, on observe une diminution significative du zinc dans le lixiviat traité par aération forcée, contrairement au lixiviat témoin où sa concentration est restée inchangée. Plusieurs facteurs peuvent expliquer cette différence, notamment la précipitation chimique, l'augmentation du pH ou encore l'adsorption sur les solides en suspension, entraînant la formation de complexes moins solubles comme $Zn(OH)_2$.

Pour le plomb, une légère diminution est observée dans le lixiviat aéré, principalement en raison de la précipitation sous forme d'hydroxydes ($Pb(OH)_2$) ou de carbonates ($PbCO_3$), ainsi que de la formation de complexes avec les matières solides en suspension. Ces processus sont favorisés par l'augmentation du pH et le pouvoir oxydant de l'aération forcée. En revanche, la concentration du plomb dans le lixiviat témoin est restée inchangée pourrait être due à des conditions réductrices ne favorisant pas la réduction du plomb dans un environnement anaérobie.

Quant au nickel, on observe une diminution dans les deux types de lixiviats, mais elle est plus prononcée dans le lixiviat traité par aération. Cette diminution peut être attribuée à la précipitation chimique, à l'augmentation du pH ou à l'adsorption sur les solides en suspension. Dans le lixiviat témoin, la diminution du nickel peut s'expliquer par des conditions réductrices prédominantes dans un environnement anaérobique, ou par une diminution du pH limitant la précipitation du nickel.

Pour le cuivre et le cadmium, leur absence dans nos échantillons de lixiviat est remarquée en raison de leur non-présence initiale dans le lixiviat étudié.

IV.3.1.8. Effet de l'aération sur le fer dans les lixiviats

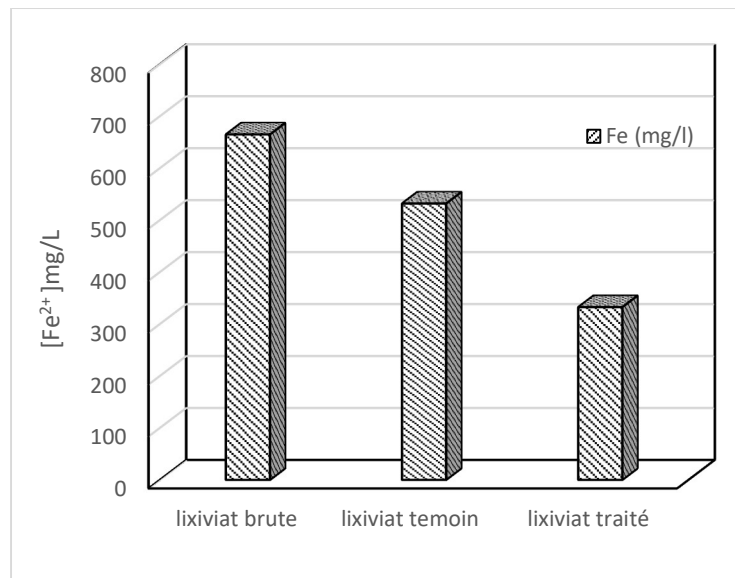


Figure IV.8 : graphique représentant l'effet de l'aération intensive sur le Fer dans les différents types de lixiviats (lixiviat brute, lixiviat témoin, lixiviat traité).

Dans la figure IV.8, une diminution significative du fer est observée dans le lixiviat traité par aération, ce phénomène peut s'expliquer par l'oxydation du Fe^{2+} en Fe^{3+} . Le Fe^{3+} ainsi formé a tendance à se précipiter plus facilement. De plus, l'activité microbienne pourrait également contribuer à cette diminution.

En revanche, dans le cas du lixiviat témoin, la diminution du fer est moins marquée. Cela pourrait être attribué à des processus de précipitation chimique ou à la formation de complexes solubles avec d'autres composants présents dans le lixiviat.

IV.3.2. Traitement par photolyse

Pour finaliser notre traitement par aération intensive, nous avons choisi le processus d'oxydation avancée (POA) par photolyse. Nous avons varié le pH, la dose de l'oxydant ($\text{K}_2\text{S}_2\text{O}_8$) et le taux de dilution, puis suivi l'évolution de la DCO pendant 4 heures sous exposition aux rayons UV du soleil.

IV.3.2.1. Influence du pH

Tout d'abord, nous avons ajusté le pH à 3, 5, 7 et 9,5 dans différents béchers, puis nous les avons exposés au soleil. Ensuite, nous avons suivi l'évolution de la DCO pendant quatre heures, obtenant les résultats suivants.

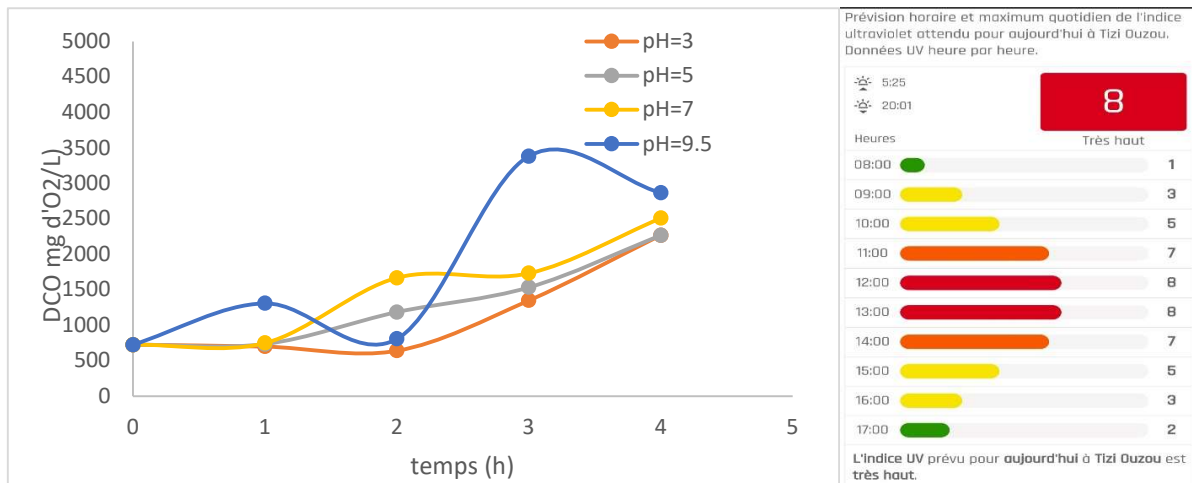


Figure IV.9 : Graphique représentant l'influence du pH sur l'abattement de la DCO.

Dans la figure IV.9, nous avons observé que le meilleur rendement de la DCO est atteint à un pH de 3.

IV.3.2.2. Influence de la dose de l'oxydant

Après avoir fixé le pH optimum à 3, nous avons fait varier la dose de l'oxydant (20, 40, 60 et 80 g/L) et suivi l'évolution de la DCO pendant 4 heures. Les résultats obtenus sont enregistrés sur la figure suivant.

:

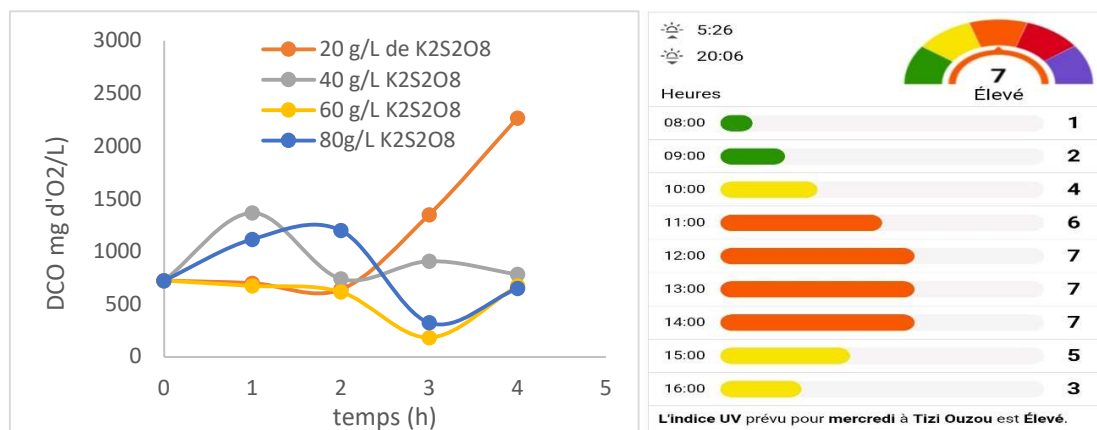


Figure IV.10 : Graphique représentant l'influence de la dose de l'oxydant sur l'abattement de la DCO.

Dans la figure IV.10, nous avons observé que le meilleur rendement de la DCO, soit 183,33 mg d'O₂/L, est obtenu avec une dose de l'oxydant (K₂S₂O₈) de 60 g/L.

IV.3.2.3. Influence du taux de dilution

Après avoir fixé les valeurs optimales du pH et de la dose de l'oxydant, nous avons effectué différentes dilutions. Nous les avons ensuite exposées aux rayons UV du soleil, et les résultats obtenus sont les suivants :

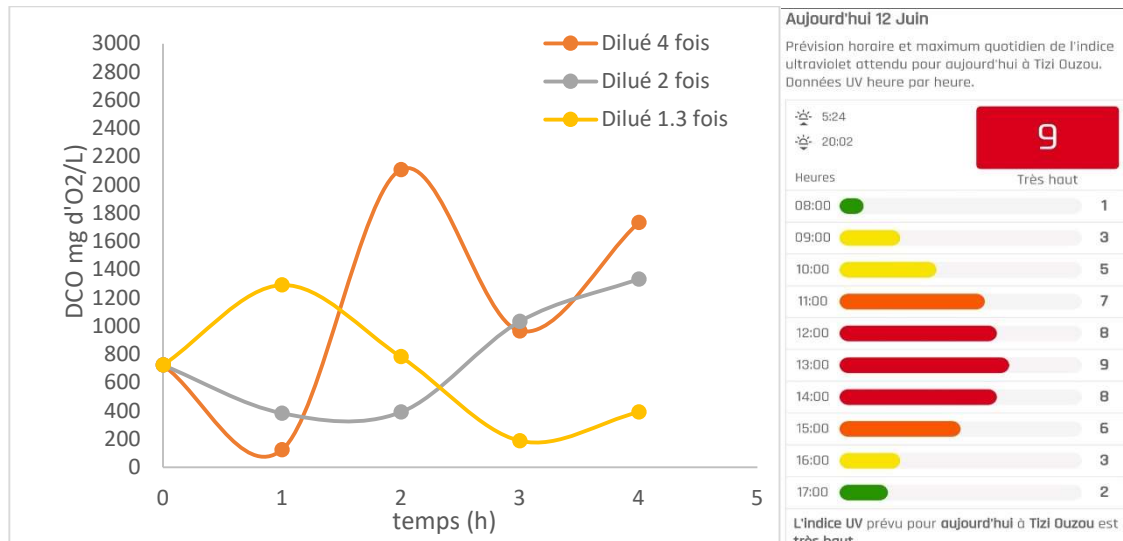


Figure IV.11 : Graphique représentant l'influence de la dilution sur l'abattement de la DCO.

Le meilleur rendement de la DCO observé dans la figure IV.11 est atteint après une heure, avec une dilution de 1:4, un pH de 3 et une dose d'oxydant de 60 g/L.

IV.3.3. Couplage des deux traitements : aération et la photolyse

Après 90 jours de traitement, nous avons comparé les différents paramètres de lixiviat brut, de lixiviat traité par aération et de lixiviat traité par photolyse. Les résultats, présentés dans le tableau IV.1 ci-dessous, montrent une diminution significative des différents paramètres, soulignant l'efficacité de nos traitements.

Ces résultats sont également visibles à travers le changement de couleur du lixiviat, comme illustré dans la figure IV.12. Initialement noir dans le lixiviat brut, la couleur devient marron après traitement par aération intensive, puis transparente après traitement par oxydation. Cela démontre visuellement l'amélioration de la qualité du lixiviat grâce aux différents procédés de traitement.



Figure IV.12 : Effet des deux traitements : aération et oxydation sur les lixiviats.

Tableau IV.2 : Combinaison des deux traitements aération et l'oxydation sur les paramètres physico-chimiques des lixiviats.

Paramètres	Lixiviat Brut	Lixiviat Traite par aération forcée	Lixiviat Par oxydation
Conductivité (ms/cm)	21,3	13,34	26,7
Turbidité (NTU)	173	71,1	5,07
pH	8,2	9,56	1,88
T (°C)	17,7	28,2	25,3
Odeur	Indésirable	Inodore	Inodore
Couleur	Noir	Marron	Blanc
[NO₂⁻] (µg/L)	197,07	125,86	197,13
DCO (mg d'O₂/L)	18094,44	725	125
DBO₅ (mg d'O₂/L)	0	1,6	9
DBO₅/DCO	0	0,002	0,072
[NO₃⁻] (mg/L)	113,91	68,66	3,28
DCO/P	502,34	11,45	40,32
[NH₄⁺] (mg/L)	328,32	9,95	0,43
[PO₄³⁻] (mg/L)	36,02	63,34	3,10

Conclusion Générale

Conclusion générale

En Algérie, la gestion des déchets solides représente un défi environnemental majeur, exacerbé par l'accumulation croissante des déchets dans les décharges à ciel ouvert. Cette situation engendre une pollution significative, affectant non seulement la qualité de l'air et de l'eau, mais aussi la santé publique et les écosystèmes locaux.

Cette étude s'inscrit dans le cadre de la dépollution de l'eau et se concentre sur l'analyse de la composition des lixiviats des décharges, l'évaluation de leurs risques pour la qualité des eaux souterraines, ainsi que sur l'évaluation de l'efficacité des techniques de traitement des lixiviats et de leur combinaison.

La caractérisation physico-chimique de lixiviat brut a révélé des concentrations élevées de contaminants organiques et inorganiques tels que la DCO, les nitrates, les nitrites, les chlorures et les orthophosphates, confirmant leur potentiel polluant et leur menace pour l'environnement et la santé publique.

Pour le traitement de ces effluents, nous avons choisi le traitement par aération, qui s'est avéré efficace pour réduire les concentrations de contaminants organiques et améliorer globalement la qualité de lixiviat. Par exemple, la DCO a diminué significativement de 18094,44 à 725 mg d'O₂/L, et les concentrations en azote ammoniacal sont passées de 328,32 à 9,95 mg/L. De plus, toutes les concentrations en composés azotés, orthophosphates et métaux lourds ont été réduites, démontrant ainsi l'efficacité de ce traitement pour le lixiviat.

En complément de ce traitement, nous avons utilisé la photolyse assistée par un oxydant comme méthode de finition pour éliminer la couleur de lixiviat. Cette approche s'est avérée efficace, transformant une couleur initialement marron en une couleur transparente.

Pour résoudre efficacement les problèmes posés par les lixiviats de décharges, il est essentiel de remonter à la source, c'est-à-dire au niveau des foyers. Un travail de sensibilisation et de responsabilisation de chacun est nécessaire pour inciter au tri des déchets ménagers, à la réutilisation et au recyclage, afin de limiter ce qui finit en décharge aux seuls déchets dits "ultimes". Cette approche permettrait non seulement de réduire les quantités de lixiviats produits, mais également leur concentration en éléments polluants, contribuant ainsi à une meilleure protection de l'homme et de son environnement.

Références Bibliographiques

Références Bibliographiques

- [1] : LATIFA AZZOUZ : 2011, Traitement des lixiviats de la décharge d'Oued SMAR par couplage POA/Bioréacteur, génie de l'environnement, Ecole Nationale Polytechnique.
- [2] Article sur classification des déchets de la société cyclope (France a paris)29 octobre 2021 issue d'un rapport de l'institut INERIS 2019
- [3] ATTOU.F : 1990, Caractérisation du lixiviat de la décharge d'Oued SMAR et estimation de son impact sur la nappe souterraine. Projet de fin d'étude, E.N.P
- [4] : BLIEFERT ; PERRAUD, 2009. Chimie de l'environnement : air, eau, sols, déchets.2ème édition de Boeck. ISBN : 978-2-8041-5945-0.
- [5] : ADSE (association de défense de la santé et de l'environnement), "enfouissement des déchets ménagers et assimilés en Essonne, évaluation de l'opportunité du projet d'implantation Dun centre d'enfouissement technique de classe II sur la commune de saint-escobille",2008
- [6] : Article, Agence nationale des déchets. (Rapport de caractérisation des déchets de déchets entrant au C.E.T de Corso),2005
- [7] : M. SOKONA MOHAMED YOUBA et M. CISSE MOUHAMDOUN : 2013, Étude du centre d'enfouissement technique de corso, caractérisation des déchets et du lixiviat. Génie de l'environnement. Université M'Hamed bougara de Boumerdes
- [8] : Article. (2005). Agence national des déchets (Rapport de caractérisation des déchets de déchets entrant au C.E.T de Corso).
- [9] : M. MERZOUKI, H. FADEL, M. BENLEMLIH : traitement des effluents urbains et industriels : originalité et performance, Agrobiologie 2014 ; N°6, 36-41.
- [10] : BERTHE C., 2006. Etude de la Matière Organique contenue dans des lixiviats issus de différentes filières de traitement des déchets ménagers et assimilés. Thèse de doctorat, Université de Limoges, 196 p
- [11] : ALOUEIMINE S.O. 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, 195 p
- [12] : M M. BARRES, MA. BARLAZ : Méthane production des lixiviats de décharge, le point de connaissance. T.S.M/AG.HTM ; N°6,1990.
- [13] : MILLOT. N., 1986. « Les lixiviats de décharges contrôlées. Caractérisation analytique et études des filières de traitement », Thèse de doctorat, INSA Lyon, 1986
- [14] : RAMADE.F., 1998. « Bio-géo-chimie et écologie des eaux continentales et littorales », Dictionnaire encyclopédique des sciences de l'eau, Edi science, 1998

Références Bibliographiques

- [15]: WILLIAMS P.T., 2005. Waste Treatment and Disposal, Second Edition, John Wiley & Sons Ltd, England, 338 p
- [16] : AINA M.P., 2006. Expertises des centres d'enfouissement techniques de déchets urbains dans les PED : contributions à l'élaboration d'un guide méthodologique et à sa validation expérimentale sur sites. Thèse de Doctorat, Université de Limoges, France.
- [17] : TABOUCHOUNT.A., 2009. « Traitement des lixiviats du C.E.T d'Ouled Fayet par la combinaison des Procédés : boues activée et oxydation Fenton », Projet de fin d'étude, ENP, Juin 2009.
- [18] : BELKACEMI. M., 1993. Contribution à l'étude des interactions dans le système déchets sol-eau (cas de la décharge d'Oued-Smar), Thèse de magister, E.N.P. 1993.
- [19] S. Renou, S. Poulain, P. Moulin et J. Gagnaire, Les filières classiques de traitement des lixiviats, L'EAU, L'INDUSTRIE, LES NUISANCES, N°311, 30 avril, 2008, pp 66-73
- [20] : A .Amokrane. 1994.Epuration des lixiviats de décharge. Prétraitement par coagulation-floculation. Traitement par osmose inverse. Post-traitement par incinération. Thèse INSA de Lyon, France (LCPAE) ; 286 p
- [21] Y. JIROU¹, M.C. HARROUNI¹, M. BELATTAR², M. FATMI¹ & S. DAOUD²,2014
- ¹Institut Agronomique et Vétérinaire Hassan II, ²Faculté des Sciences, Université Ibn Zohr, Agadir, Maroc

Annexe

I.1 Dosage des nitrates : Méthode au réactif Sulfophénique (Norme AFNOR NF 90 012)

Le dosage des nitrates se fait par colorimétrie dans le visible.

a. Réactifs

- Acide sulfurique (36N).
- Ammoniac.
- Phénol.

b. Préparation du réactif sulfophénique

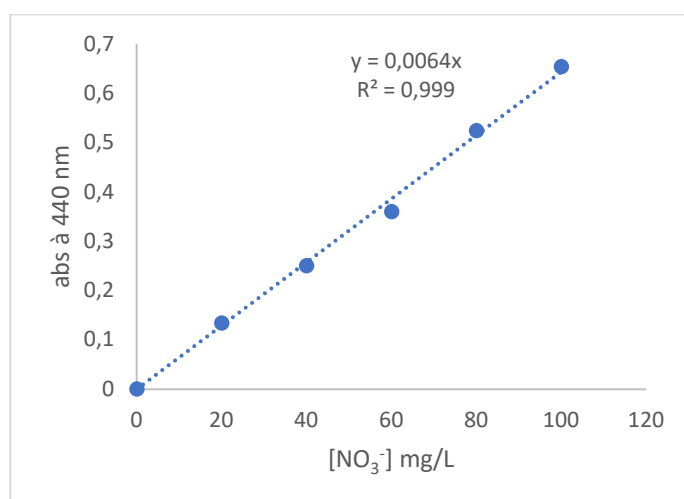
Dissoudre 12 grammes de phénol dans 140ml d'acide sulfurique dans un bain marie.

c. Appareillage

Un photomètre UV visible, pour travailler à 440nm.

d. Mode opératoire

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



[NO ₃ ⁻]mg/L	ABS
0	0
0,134	20
0,25	40
0,36	60
0,524	80
0,6534	100

Figure A1 : courbe d'étalonnage des nitrates

I.2. Dosage des nitrites : Méthode au réactif de Diazotation (Norme AFNOR NF T 90 013)

a. Réactif de diazotation

- Acide orthophosphorique (H₃PO₄).

- Sulfanilamide ($C_6H_8O_2N_2S$).
- Dichlorure de N-(1-naphty) éthylène diamine ($C_{10}H_7NHCH_2CH_2, 2HCl$).

b. Préparation du réactif de diazotation

- 800 ml d'eau distillée, ajouter 100ml d'acide orthophosphorique concentré, et
- 40g de Sulfanilamide.
- Après dilution, ajouter 2g de dichlorure de N-(1-naphty) éthylène diamine
- Compléter à 1000ml avec de l'eau distillée.

c. Appareillage

Un photomètre UV visible, pour travailler à 537nm.

d. Mode opératoire

1. Prendre 50ml de l'échantillon à analyser.
2. Ajouter 1ml de réactif de diazotation.
3. Attendre 10minutes pour le développement de la couleur rose.
4. Effectuer la lecture sur le photomètre à $\lambda=537nm$
5. La teneur en nitrites de l'échantillon est déduite à partir de la courbe d'étalonnage.

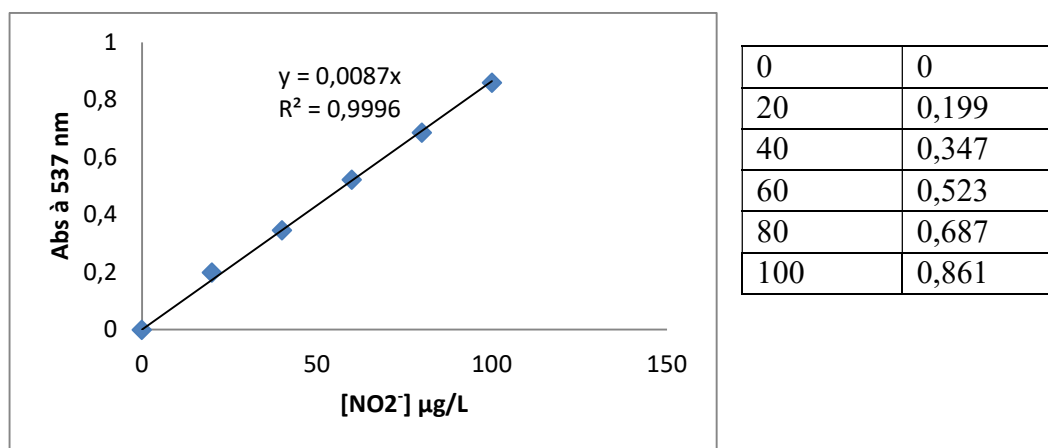


Figure A2 courbe d'étalonnage des nitrites

I.3 Dosage des chlorures : Méthode de MOHR (Norme AFNOR NF T 90 014)

a. Principe

On fait agir un milieu neutre, une solution de nitrate d'argent sur une prise d'essai connue en présence de chromate de potassium comme indicateur.

b. Réactifs

- Solution de nitrates d'argent à 4,79 g/l.
- Solution de chromate de potassium à 50 g/l.

c. Mode opératoire

- Essai à blanc : le volume de nitrates d'argent nécessaire pour produire des Virages sur une eau déminéralisée.
- Prélever 10 ml de l'échantillon à analyser.
- Ajouter 0,1 ml de solution chromate de potassium.
- Doser avec le nitrate d'argent jusqu'à virage de la coloration jaune à une faible teinte brunâtre.

d. Expression du résultat :

La teneur en chlorures de l'échantillon est donnée en milligramme d'ion Cl⁻/L, suivant l'expression :

$$[(v - b) \times 1000] / (V \times K)$$

V : volume de solution de nitrate d'argent utilisé (ml)

B : volume de solution de nitrate d'argent consommé par l'essai à blanc (ml)

V : volume de la prise d'essai (10 ml)

K : facteur dépendant de la dilution

I.4. Dosages des orthophosphates

Le dosage des orthophosphates se fait par colorimétrie dans le visible.

- Acide sulfurique pur (d = 1.84) à 15% environ en volume.
- Acide ascorbique : solution à 50g/l.
- Tartrate de potassium et d'antimoine solution à 2.8g/l.

Para molybdate d'ammonium : solution à 40g/l.

a. Préparation des réactifs

- Tartrate de potassium et d'antimoine : solution à 2.8g/l :

Dissoudre 0,28g de tartrate de potassium et d'antimoine (K(SbO), C₄H₄O₆, 4H₂O) dans de l'eau distillée et compléter à 100ml avec celle –ci.

- Para molybdate d'ammonium : solution à 40g/l : dissoudre 20g de Para molybdate d'ammonium ((NH₄)₆ Mo₇O₂₄, 4H₂O) dans de l'eau distillée et compléter à 500ml avec celle –ci. Filtrer éventuellement. La solution obtenue peut être conservé à 4°C dans un flacon de polyéthylène.

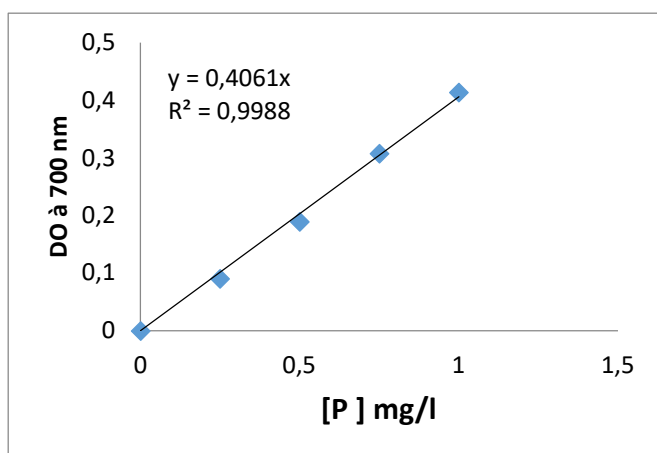
- Acide ascorbique : solution à 50g/l. Dissoudre 5g d'acide ascorbique dans de l'eau distillée et compléter à 100ml avec celle-ci. Préparer cette solution chaque jour.
- Réactif combiné : dans une fiole jaugée de 100ml, mélanger :
 1. 50ml d'acide sulfurique.
 2. 5ml de la solution de tartrate.
 3. 15ml de la solution de para molybdate d'ammonium.
 4. Compléter au volume avec de l'eau distillée, Ce réactif peut être conservé à 4°C.

b. Appareillage

- Un photomètre UV visible, pour travailler à 700nm
- Cellule de dosage.
- Verrerie courante de laboratoire : doit être lavée à l'acide chlorhydrique et rincée à l'eau distillée.

c. Mode opératoire

1. Vérifier le pH de l'échantillon qui doit être compris entre 2 à 7, l'ajuster si nécessaire. Introduire 20ml de l'échantillon à analyser ou solution étalon dans une fiole jaugée de 25ml.
2. Ajouter 1ml de solution d'acide ascorbique, agiter, puis ajouter 4ml de réactif combiné, mélanger soigneusement.
3. Attendre 30minutes le développement et la stabilisation de la coloration bleue.
4. Effectuer la lecture sur le photomètre à $\lambda=700$ ou 880nm.
5. La teneur en orthophosphates de l'échantillon est déduite à partir de la courbe d'étalonnage, et exprimée en milligramme par litre de phosphore.



P mg/l	Do à 700
0	0
0,25	0,0905
0,5	0,1893
0,75	0,3075
1	0,4136

Figure A3 : courbe d'étalonnage des orthophosphates

I.5 Dosage de la demande chimique en oxygène DCO

a. Appareillage

Un photomètre UV visible, pour travailler à 600 nm.

b. Réactif de digestion

- Dissoudre 10.216g de $K_2Cr_2O_7$, préalablement chauffé à $103^\circ C$ pendant 2h, dans 500 ml d'eau distillée.
- Ajouter 167 ml de H_2SO_4 concentré + 33.3 $HgSO_4$, dissoudre à température ambiante et diluer à 1000 ml avec de l'eau distillée.

c. Réactif d'acide sulfurique

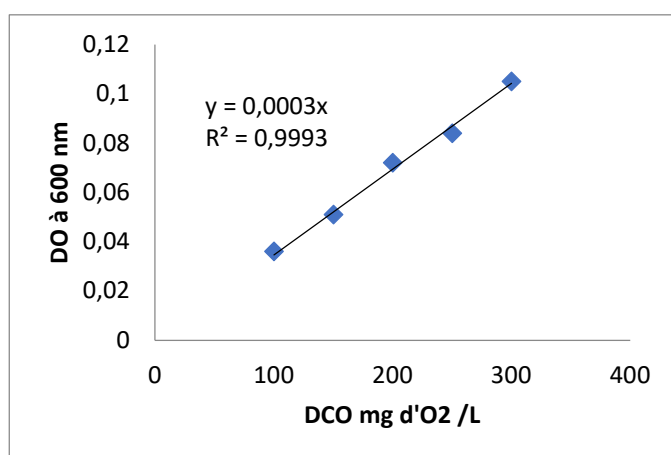
Ajouter $AgSO_4$ à H_2SO_4 concentré avec un taux de 5.5g de Ag_2SO_4 /kg H_2SO_4 .

d. Mode opératoire

1. Prendre 1.5 ml de réactif de digestion + 3.5 ml de d'acide sulfurique dans des tubes spécifiques, après le mélange les tubes doivent être immédiatement bien fermés afin d'éviter toute évaporation suite à un fort échauffement dû à une réaction exothermique.
2. Bien mélange les tubes au vortex, et les laisser refroidir.
3. Mettre le bloc chauffant en marche à $148^\circ C$,
4. Ajouter 2,5 ml de l'échantillon à analyser pour le tube déjà préparé, fermer le tube et agiter ;
5. Positionner le tube dans le bloc chauffant probablement préchauffé, régler le minuteur sur 120 min.
6. Après minéralisation des tubes échantillon, le bloc s'arrête automatiquement de Chauffer.
7. Sortir les tubes, les laisser refroidir ;
8. Effectuer la lecture sur le photomètre à $\lambda = 600nm$.
9. La DCO de l'échantillon est déduite de l'azote Ammoniacale.



FigureA4 : DCO mètre



DCO mg d'O2 /L	DO à 600 nm
100	0,036
150	0,051
200	0,072
250	0,084
300	0,105

Figure A5 : courbe d'étalonnage de la DCO

I. 6.Méthode spectrophotométrique au réactif de Nessler norme NFT 90-015

a. Appareillage

Un photomètre UV visible, pour travailler à 420 nm.

b. Réactifs tartrate double de potassium et de sodium

1. Dissoudre 500g de tartrate double de potassium et de sodium $C_4H_4O_6KNa,4H_2O$ dans 1000 ml d'eau chaude.
2. Après refroidissement, ajouter 50 ml de réactif de Nessler, laisser reposer 2 jours et filtrer, ce qui permet d'éliminer les ions ammonium éventuellement présents dans l'eau et dans les réactifs.

3. Réactif Nessler

c. Mode opératoire

- 1) Prendre dans une fiole de 50 ml, introduire 1 ml de notre échantillon puis compléter jusqu'au trait de jauge,

- 2) Ajouter 2 ml de la solution de tartrate double de sodium et de potassium. Mélanger.
- 3) Ajouter 2 ml de réactif de nessler et mélanger à nouveau.
- 4) Attendre 10 minutes et effectuer les mesures spectrophotométriques à la longueur d'onde de 420 nm.

Volume de solution étalon ml	0	1	2	5	10	15	20	25
Concentration en NH ₄ en mg/l	0	0.2	0.4	1.0	2.0	3.0	4.0	5.0
DO à 420 nm	0	0.0474	0.1395	0.446	0.8518	1.2654	1.6580	1.9753

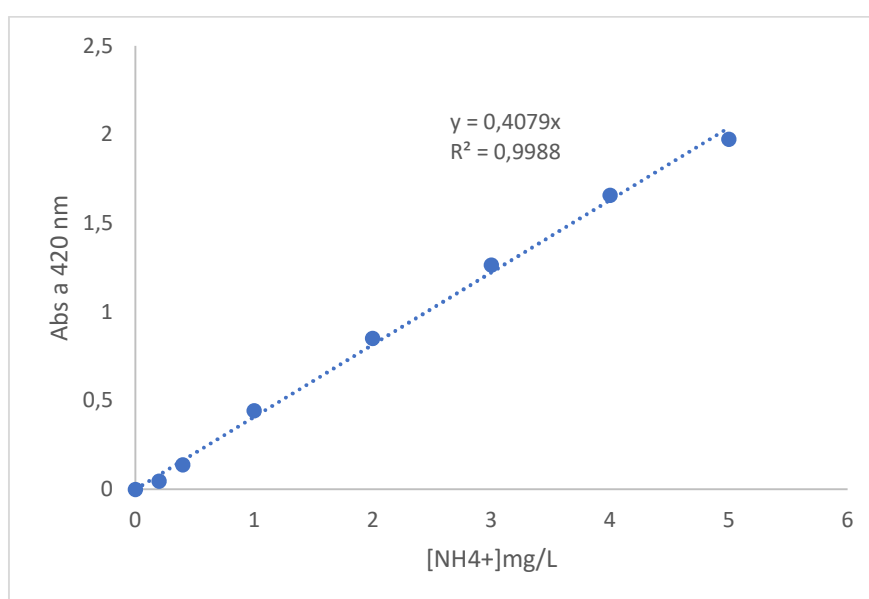


Figure A6 : courbe d'étalonnage de l'ammonium

La mise en culture doit permettre le bon développement des bactéries. C'est pourquoi, les facteurs limitants seront corrigés : les échantillons seront additionnés de substrat, ils seront mis en cultures dans une enceinte à 20°C. Seule quantité de matières oxydables disponible doit influencer sur le développement des bactéries et donc leurs consommations d'oxygène.

Cependant, il convient d'éviter un trop fort développement. Si tout l'oxygène disponible est consommé trop vite, il est impossible de conclure sur la demande biologique au bout de 5 jours (b).

Au contraire si le développement est trop ralenti par une trop faible présence de bactérie dans l'échantillon, la mesure risque d'être trop incertaine au regard des erreurs induites par les manipulations (a). Une bonne dilution permettrait d'avoir une consommation de 40 à 60% de l'oxygène mesurée dans le flacon au départ (c).

On peut avoir une idée de la DBO₅, sachant que pour un effluent domestique, le rapport DCO/DBO₅ est d'environ 2.

d. Mode opératoire

- La manipulation consiste à diluer nos échantillons.
- Ajouter les sels
- Ajuster le ph entre 6.80 et 7.20
- Après ajustement on ajoute une quantité de solution tampon.
- Ajouter les quantités nécessaires de boue activée et verser le tt dans des bouteilles du DBO mètre
- Vérifier la mise à zéro avant la pose des bouchons-manomètres
- Introduire des pastilles de soude dans le support prévu.
- Veiller au bouchonnage correct lors de la mise en place des bouchons.
- Mettre en culture a 20°C pendant 5 jours.



Figure A7 : DBO mètre

I.7 Matière en suspension MES

a. Appareillage

- Creusets en porcelaine
- Etuve a 105
- Dessiccateur
- Four a moufle à 550-600
- Balance analytique
- Centrifugeuse

b. Mode opératoire

1. Peser les creusets vides.
2. Prendre 10 ml d'échantillon dans un tube.

3. Centrifuger pendant 20 minutes
4. Eliminer l'eau surnageant
5. Recueillir le culot et le déposer dans les creusets
6. Laver le fond des tubes avec quelques millilitres d'eau distillée et le verser dans les creusets
7. Les mettre dans l'étuve à la température de 105°C pendant 24 heures
8. Laisser refroidir les creusets dans le dessiccateur sous vide puis les peser
9. Après les avoir pesés les mettre dans le four à moufle afin que toute la matière organique s'évapore et récupérer la matière minérale et les peser à l'aide de la balance analytique.

$$\text{MES} = \frac{m_1 - m_0}{V_{\text{ech}}} * 1000$$

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

I. 8. Dosage de fer

a. Réactif

- Solution d'acide sulfurique H₂SO₄ 1M
- Dans une fiole de 100ml mettre 20 ml d'eau distillée ajouter 5.44ml de H₂SO₄ et ajuster jusqu'au trait de jauge.
- Solution de KMnO₄
- 3g KMnO₄ / 1000 ml d'eau distiller
- $\text{KMnO}_4 = \frac{m}{M} = \frac{3}{158} = 0.019 \text{ mol/l}$
- Dans une fiole de 500ml mettre 1.5 g de KMnO₄ et ajuster jusqu'au trait de jauge

b. Mode opératoire

1. Prélever 10 ml de l'échantillon contenant du fer
2. Ajuster le pH entre 0-1 avec la solution de H₂SO₄.
3. Pour le titrage remplir une burette avec la solution de KMnO₄ c=0.019 mol/l.
4. Placer la solution dans un erlenmeyer.
5. Ajouter longuement la solution de KMnO₄ en agitant.
6. Observerez changement de couleur de la solution le point d'équivalence est atteint lorsque la solution reste légèrement rose pendant 30s indiquant que tout le fer Fe²⁺ a été oxydé.

I.9. Conductivité



Figure A8 : conductimètre

a. Appareillage

Se fait avec un conductimètre.

b. Mode opératoire

Prendre un volume de l'échantillon dans un bécher placer la tige dans l'échantillon et lire le résultat qui s'affiche sur le conductimètre.

I. 10. Turbidité



Figure A9 : turbidimètre

a. Appareillage

Se fait avec un Turbidimètre.

b. Mode opératoire

Mettre dans la cuve du turbidimètre l'échantillon à analyser et le résultat s'affiche directement.

I. 11. Potentiel hydrogène pH

a. Appareillage

PH-mètre

b. Mode opératoire

Prendre dans un bécher un volume d'échantillon mettre l'électrode en verre et la valeur s'affiche sur le pH-mètre.

I.12. Température

a. Appareillage

Thermomètre

b. Mode opératoire

Mettre le thermomètre dans l'échantillon et lire la valeur directement.

I.13. Spectroscopie d'absorption atomique (SAA)

a. Appareillage

SAA (AA-6800)

b. Principe

C'est une méthode analytique utilisée pour quantifier les concentrations des métaux présent dans un échantillon.

Le principe de la SAA a flamme repose sur l'absorption de la lumière par les atomes libres d'un élément spécifique dans une flamme. Cette technique est puissante et largement utilisée pour la détection et la quantification des métaux lourds dans tous types d'échantillons



Figure A10 : spectroscopie d'absorption atomique (AA-6800)

Résumé

Ce mémoire présente une étude approfondie sur l'efficacité du traitement des lixiviats par aération, une méthode cruciale dans le domaine de la gestion des lixiviats de décharges visant à réduire la charge polluante des effluents. L'objectif principal de cette étude est d'évaluer comment l'aération peut améliorer la qualité des lixiviats en favorisant la dégradation des polluants, des matières organiques, ainsi que la réduction des concentrations en composés azotés et autres substances potentiellement nocives.

La demande chimique en oxygène (DCO) a diminué significativement, passant de 18094,44 à 725 mg d'O₂/L, et les concentrations en azote ammoniacal sont passées de 328,32 à 9,95 mg/L. De plus, toutes les concentrations en composés azotés, orthophosphates et métaux lourds ont été réduites, démontrant ainsi l'efficacité de ce traitement pour les lixiviats.

En complément à ce traitement, nous avons intégré l'oxydation par un puissant oxydant, le K₂S₂O₈, ce qui a favorisé la dégradation des composés organiques (DCO est passée de 725 à 125 mg d'O₂/L) et l'élimination de la couleur.

Abstract

This thesis presents a comprehensive study on the efficiency of leachate treatment by aeration, a crucial method in landfill leachate management aimed at reducing the pollutant load in effluents. The main objective of this study is to assess how aeration can improve leachate quality by promoting the degradation of pollutants, organic matter, and reducing concentrations of nitrogen compounds and other potentially harmful substances.

The Chemical Oxygen Demand (COD) significantly decreased from 18094,44 to 725 mg O₂/L, and the concentrations of ammonia nitrogen decreased from 328,32 to 9,95 mg/L. Furthermore, all concentrations of nitrogen compounds, orthophosphates, and heavy metals were reduced, demonstrating the effectiveness of this treatment for leachate.

In addition to this treatment, we integrated oxidation using a powerful oxidant, K₂S₂O₈, which facilitated the degradation of organic compounds (COD decreased from 725 to 125 mg O₂/L) and the removal of color.