

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

Université de Mohamed El-Bachir El-Ibrahimi - Bordj Bou Arreridj

Faculté des Sciences et de la technologie

Département Génie de l'Environnement

Mémoire

Présenté pour obtenir

LE DIPLOME DE MASTER

FILIERE : Génie Des procédés

Spécialité : Gestion de Changement de l'Environnement en Méditerranée

Par



BEN CHERIF Houda

Intitulé

*Prétraitement de lixiviats du centre d'enfouissement technique
de Bordj Bou Arreridj par coagulation -floculation*

Soutenu le : 19 / 09 / 2022

Devant le Jury composé de :

<i>Nom & Prénom</i>	<i>Grade</i>	<i>Qualité</i>	<i>Etablissement</i>
<i>Mme. H.FAID</i>	<i>MCA</i>	<i>Président</i>	<i>Univ-BBA</i>
<i>Mme. M.ASSASSI</i>	<i>MCA</i>	<i>Encadreur</i>	<i>Univ-BBA</i>
<i>Mr. A.DILMI</i>	<i>MCB</i>	<i>Examineur</i>	<i>Univ-BBA</i>

Année Universitaire 2021/2022

REMERCIEMENTS

Je tenais tout d'abord à remercier ALLAH le tout puissant, qui m'a aidée et m'a donnée la patience et le courage durant ces longues années d'études, et qui m'a donnée la force et la patience d'accomplir ce modeste travail.

Le grand merci à mon encadreur **Mme. M. ASSASSI** pour sa gentillesse et sa générosité envers moi durant toute la période de la réalisation du mémoire, pour ses nombreux conseils qui m'ont permis d'arriver à ces résultats.

Je suis très reconnaissante envers elle de m'avoir fait confiance tout au long de ce travail (Que dieu vous protège INCHALLAH).

Je remercie **Mme. H.FAID** pour l'honneur qu'elle m'a fait en acceptant de présider ce jury.

Je tiens également à remercier **Mr. A.DILMI** d'avoir accepté d'examiner ce modeste travail.

Je tiens à remercier vivement toutes les personnes qui m'ont aidé à élaborer et réaliser ce mémoire essentiellement les ingénieurs de laboratoire : **Mme F. Habbiche**, **Mr (s) : Fouad, Khalil, Essam** ainsi à tous ceux qui m'ont aidé, de près ou de loin, à accomplir ce travail.

Mes remerciements vont aussi à tous les enseignants de la Filière de génie de procédés qui ont contribué à ma formation.

Et un grand merci à Mme RIGHI Sabrina pour son aide et les informations fournies du centre d'enfouissement technique de Bordj Bou Arreridj «**BOUMERGUED**» .

Enfin je tiens à exprimer ma reconnaissance à tous nos amis et collègues.

Dédicaces

Je dédie ce modeste travail A :

Mes chers et précieux parents pour leur bonté par excellence, qui ont toujours été là pour moi, et qui m'ont donné un magnifique modèle de labeur et de persévérance, de tendresse, d'amour et de force. Je suis fière et reconnaissante de vous avoir comme parents.

A mes chères sœurs : Warda et Imane

A mes chères frères : Yahya et Omar

A toute ma famille.

A toutes mes amies surtout : Sabrina et Charihane

**A tous ceux que j'aime et à tous ceux qui
m'aiment**

TABLE DE MATIERE

LISTE DES FIGURES

LISTE DES TABLEAUX

LISTE DES SYMBOLES ET ABREVIATIONS

INTRODUCTION GENERALE..... 1

Référence 3

PARTIE THEORIQUE

CHAPITRE I : Généralités sur lixiviat

I-1- Définition	4
I-2- Mécanisme de formation des lixiviats	4
I-3- Types des lixiviats	4
I-3-1- Les lixiviats jeunes (< 5 ans)	5
I-3-2- Les lixiviats intermédiaires (5à10 ans)	5
I-3-3- Les lixiviats stabilisés (> 10 ans)	5
I-4- Les principaux groupes de polluants caractérisant le lixiviat	6
I-5 Impact du lixiviat sur l'environnement et la santé humaine	8
I-6- Procédés de traitement des lixiviats	8
I -6-1- Les méthodes biologiques	9
I-6-2- Méthodes physico-chimiques	9
I-6-3- Méthodes membranaires	11
Références	13

Chapitre II : Présentation du centre d'enfouissement technique (CET)

II-1- Définition d'un centre d'enfouissement technique (CET)	16
--	----

II-2- Localisation du centre d'enfouissement technique (CET) de Bordj Bou Arreridj (BBA)	16
II-3- Les contenus de CET de Bordj Bou Arreridj.....	17
II-4- Classification du CET	18
II-5- Les type de déchets	20
II-6- Répartition de la quantité des déchets reçus à la CET de BBA pour chaque commune durant l'année 2021	21
II-7- Lixiviat	23
II-7-1- stockage des lixiviat	23
II-7-1- Traitement de lixiviat	23
Référence	24

PARTIE EXPERIMENTALE

Chapitre I : Matériels et méthodes

I-1- Les prélèvements des échantillons	25
I-2- Matériel utilisé	25
I-3- Analyses du lixiviat	28
I-3-1- Les paramètres physico-chimiques	28
I-3-1-1- Potentiel d'hydrogène (pH) et température	28
I-3-1-2- Conductivité électrique	28
I-3-1-3- Turbidité	29
I-3-2- Analyse des éléments organiques	29
I-3-2-1- Demande chimique en oxygène DCO.....	29
I-3-2-2- Demande biologique en oxygène pendant 5 jours DBO5	30
I-3-2-3- Carbone organique totale COT	31

I-3-3- Analyse des sels nutritifs	31
I-3-3-1- Nitrates (NO_3^-)	31
I-3-3-2- Nitrites (NO_2^-)	32
I-3-3-3- Ortho phosphates (PO_4^{3-})	33
I-3-4- Matière en suspension MES	34
I-4- Prétraitement du lixiviat par coagulation-floculation	35
I-4-1- Les types de coagulant floculant utilisées	35
I-4-2-Mode opératoire du prétraitement du lixiviat par coagulation-floculation.....	36
Référence.....	37

Chapitre II : Résultats et discussion

II -1- Caractérisation du lixiviat du CET de BBA «Boumergued »	38
II-1-1- Discussion des résultats d'analyses	39
II-2- Les essais de prétraitement	40
II-2-1- Etude de l'influence de la concentration du coagulant et de floculants	40
II-2-1-1- Les essais en milieu basique (pH= 8)	40
II-2-1-2- Les essais en milieu acide (pH=4)	44
Références	47
Annexe	48

Liste des figures

Partie théorique :

Chapitre I

Figure I-1 : Principe de la coagulation-floculation 9

Figure I-2: Coagulation floculation 10

Chapitre II

Figure II-1 : Plan d'accès au CET de Bordj Bou Arreridj « BOUMERGUED »..... 16

Figure II -2 : Vue satellitaire à la décharge de « BOUMERGUED » 17

Figure II -3 : Schéma représentant un casier n°02 centre d'enfouissement technique de BBA 18

Figure II-4 : Exemple déchets non dangereux 20

Figure II-5 : pourcentage des déchets réceptionnés par type durant l'année 2021..... 21

Figure II-6 : bassin de lixiviat 23

Partie expérimentale :

Chapitre I

Figure I-1: spectrophotomètre UV SHIMADZU UV-1900i 25

Figure I-2 : pH-mètre de paillasse inolab™ 7110 26

Figure I-3: conductimètre de paillasse inolab™ 7110 26

Figure I-4: turbidimètre TB 300 IR 27

Figure I-5: Balance analytique KERN & Sohn GmbH ABJ 220-4M..... 27

Figure I-6: appareil jar-test 28

Liste des tableaux

Partie théorique :

Chapitre I

Tableau I-1: Caractéristiques principales des différents types des lixiviats5

Chapitre II

Tableau II -1 : Les trois classifications de CET.....19

Tableau II-2 : La quantité des déchets réceptionne au CET de BBA durant l'année 2021.....22

Partie expérimentale :

Chapitre I

Tableau I-1 : Guide de mesure la DBO₅ 30

Tableau I-2 : Protocole expérimental pour l'étalonnage (Nitrates (NO₃⁻)) 32

Tableau I-3 : Protocole expérimental pour l'étalonnage (Nitrites (NO₂⁻))33

Tableaux I-4 : Protocole expérimental pour l'étalonnage (Ortho phosphates (PO₄³⁻)) 34

Chapitre II

Tableau II-1 : Analyses physico-chimiques des échantillons de lixiviat brute.....38

Tableau II-2 : Résultats des analyses du lixiviat prétraité par la coagulation on utilisant le FeCl₃.....41

Tableau II-3 : Etude de la floculation avec le jus de cactus42

Tableau II-4 : Etude de la floculation avec l'amidon42

Tableau II-5 : Etude de la coagulation-floculation avec FeCl₃et le jus de cactus.....43

Tableau II-6 : Etude de la coagulation-floculation avec FeCl_3 et l'amidon	43
Tableau II-7 : Etude de la coagulation avec FeCl_3	44
Tableau II-8 : Etude de la floculation avec le jus de cactus.....	45
Tableau II-9 : Etude de floculation avec l'amidon.....	45
Tableau II-10 : Etude de la coagulation-floculation FeCl_3 et l'amidon.....	46
Tableau II-11 : Etude de la coagulation-floculation avec FeCl_3 et le jus de cactus...	46

Liste des abréviations et symboles

CET : Centres d'enfouissement Technique

DMA : Déchets Ménagers et Assimilés

FeCl₃ : le chlorure de fer (III)

DBO₅ : Demande Biochimique en Oxygène

DCO : Demande Chimique en Oxygène

pH: potentiel d'hydrogène

% : pourcentage

Mg: magnésium

Fe: fer

Cd: cadmium

Cr: chrome

Co: monoxyde de carbone

Cu: cuivre

Pb : plomb

Ni : nickel

Zn : zinc

DBP : débutylphtalate

BBP : butylbenzylphtalate

DEHP : di-(2-éthylhexyle) phtalate

H₂O₂ : eau oxygénée

H₂O : eau

CO₂ : dioxyde de carbone

POA : Procédé d'oxydation avancé

°OH : radicaux hydroxyles

EC : Electrocoagulation

Fe₂⁺, Fe₃⁺ : ion ferreux

Al₃⁺ : ion aluminium

OI : Osmose Inverse

µm : Micro siemens

BBA : Bordj Bou Arreridj

h : hectares

CE : Conformité Européenne

m³: mètre cube

°C : Degré Celsius

UV : ultraviolet

nm: nanomètre

L/mol.cm : litre par mole fois centimètre

NTU: Nephelometric Turbidity Unit

TRT : taux de réduction de la turbidité

NaOH : l'hydroxyde de sodium

mg O₂/ L : milligramme de oxygéné par litre

COT : Carbone organique totale

mm: millimètre

g/mol: gramme par mole

λ : longueur d'onde

NO₃⁻: Nitrates

NO₂⁻: Nitrites

PO₄³⁻: Ortho phosphates

Abs : absorbance

MES : Matière en suspension

mg : milligramme

HCl : chlorhydrique

INTRODUCTION
GENERALE

INTRODUCTION GENERALE

La croissance démographique et la rapide urbanisation ont fait que la production des Déchets Ménagers et Assimilés (DMA) ne cesse d'augmenter. L'enfouissement technique des déchets est l'une des principales méthodes de gestion de ces déchets dans de nombreux pays à travers le monde. Il s'agit d'une technique d'élimination qui permet aux déchets de se dégrader en matériaux stabilisés, dans des conditions contrôlées et à moindre coût [1].

Avant les années 2000, ces déchets étaient rejetés en milieu naturel sans aucun traitement, dégradant ainsi l'environnement en général. Afin de résoudre ce problème, les autorités ont lancé un ambitieux programme appelé « PROGDEM » (Programme National de Gestion des Déchets Municipaux) consistant en une réhabilitation des décharges sauvages et la création de Centres d'enfouissement Technique (CET). A ce jour, l'Algérie compte jusqu'à 95 CET sur l'ensemble du territoire national, dont celui de « BOUMRGUED » (objet de notre étude) se trouvant à Bordj Bou Arreridj, mis en exploitation depuis Juillet 2013 [2].

En Algérie, la gestion des déchets rencontre de très nombreuses difficultés, tant du point de vue technique, économique, que méthodologique et organisationnel [3]. Les problèmes engendrés par le traitement de ce type de déchets sont : la production des lixiviats, biogaz, des fumées et des odeurs étouffantes, ...etc. La conséquence majeure inévitable d'une mise en service d'une décharge est la production d'un lixiviat pouvant être à l'origine de sérieux problèmes écologiques. En effet, ces lixiviats sont riches en matières organiques, en matières inorganiques et en métaux lourds. Leur rejet à l'état brut, sans aucun traitement préalable, engendrera des impacts sur : les eaux (eaux de surface et souterraines), sols (migration des polluants organiques et minéraux), air (émission des gaz à effet de serre) et donc pollueur de l'écosystème naturel et humain. Le plus grand risque lié à la production de lixiviats est la contamination de la nappe phréatique [4]. Donc il est nécessaire de traiter le lixiviat avant de le rejeter dans le milieu naturel.

L'émergence de nouvelles techniques de traitement des lixiviats est relativement récente, elles sont issues des traitements des eaux résiduaires ou des eaux potables. Les procédés membranaires, notamment l'osmose inverse, font partie de ces nouvelles techniques. Depuis le milieu des années 80, les membranes d'osmose inverse ont été mises en application dans ce domaine. Cette technique s'est répandue en Allemagne, en Suisse et aux Pays-Bas. Quelle que soit la qualité du lixiviat, l'abattement de la DCO (notamment de la fraction non biodégradable) est supérieur à 99 % [5].

L'objectif de notre travail était de proposer un prétraitement par coagulation - floculation en utilisant comme coagulant FeCl_3 et comme floculant naturel (le jus de cactus et l'amidon) afin de protéger les membranaires du colmatage et prolonger leur durée de vie.

Ce manuscrit est divisé en deux grandes parties :

- ✓ La première partie du mémoire concerne la partie théorique, divisée en deux chapitres le premier chapitre abordera des généralités sur les lixiviats quant au deuxième chapitre c'est la présentation du centre d'enfouissement technique de BBA.
- ✓ La deuxième partie (expérimentale) comprend aussi deux chapitres, le premier chapitre concerne la partie : matériels et méthodes, le deuxième chapitre quant à lui comprend les résultats obtenus et leurs discussions.

Références bibliographiques :

- [1] Baiju, A., Gandhimathi, R., Ramesh, S. T., & Nidheesh, P. V. (2018). Combined heterogeneous Electro-Fenton and biological process for the treatment of stabilized landfill leachate. *Journal of Environmental Management*, 210, 328–337.
- [2] Agence Nationale des Déchets. (2017). Rapport sur la gestion des Déchets Ménagers et Assimilés dans la Wilaya d'Alger. Rapport.
- [3] Guide des techniciens communaux pour la gestion des déchets ménagers et assimilés, Ministère de l'Aménagement de territoire, de l'environnement et du tourisme (MATET) ,2008.
- [4] Amarouche, A., & Sadi, N. (2014). Caractérisation et traitement des lixiviats issu de centre d'enfouissement technique de la ville de Bouira.
- [5] Weber, B., Holz, F. (1991). Landfill leachates treatment by reverse osmosis. Conference: Effective industrial membrane processes, benefits and oport unities. Edinburgh (Scotland), 143-154.

PARTIE
THEORIQUE

CHPITRE I :
GENERALITE SUR
LIXIVIAT

Chapitre I : Généralités sur les lixiviats

I-1- Définition :

Le lixiviat est défini comme étant l'eau qui percole à travers les déchets en se chargeant bactériologiquement et chimiquement de substances minérales et organiques. La genèse du lixiviat est donc la conséquence de l'infiltration dans la masse de déchets d'eaux de pluie, d'eaux de ruissellement, d'eaux souterraines (dans le cas où les déchets sont enfouis sous la nappe phréatique), mais elle est aussi due, en plus faible partie, à la présence d'humidité dans les déchets au moment de leur enfouissement [1]. Les principaux paramètres influençant la composition du lixiviat sont : la composition des déchets enfouis, leur degré de décomposition, leur taux d'humidité, leur température, le taux d'infiltration de l'eau dans les déchets, les conditions climatiques et l'âge de la décharge [2].

I-2- Mécanisme de formation des lixiviats :

Les lixiviats apparaissent dès que l'humidité des déchets est supérieure à leur capacité de rétention. A partir de ce moment, les eaux de percolation, provenant essentiellement des précipitations, ne peuvent plus être retenues par le déchet et s'écoulent dans l'espace des pores. Plusieurs facteurs agissent sur la formation des lixiviats [3]:

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

I-3-Types de lixiviats :

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

I-3-1- Les lixiviats jeunes (< 5 ans) :

Ces lixiviats se caractérisent par une charge organique élevée [4], relativement biodégradable (seuil de biodégradabilité $DBO_5/DCO > 0,5$) constitués, principalement, d'acides gras volatils, une demande biochimie en oxygène (DBO) élevée (4000 à 13000 mg/L), une demande chimique en oxygène (DCO) de l'ordre de (30 000 – 60 000 mg/L) et une forte teneur en azote ammoniacal (500 - 2000 mg/L). Ces lixiviats peuvent être chargés en métaux (jusqu'à 2 g/L) du fait de leur pH relativement bas (< 6,5). Ils correspondent aux premières phases non méthanogènes de l'évolution d'une décharge [5].

I-3-2- Les lixiviats intermédiaires (5 à 10 ans) :

Au fur et à mesure que la décharge vieillit et que les déchets se stabilisent, la charge organique diminue et les acides gras volatils se raréfient au profit de composés à hauts poids moléculaires. L'émergence de ces composés tend à diminuer la biodégradabilité du lixiviat (DBO_5/DCO entre 0,1 à 0,5). De ce fait, le pH est voisin de la neutralité et la charge en métaux devient négligeable. Ces lixiviats correspondent globalement à la phase méthanogène stable.

I-3-3- Les lixiviats stabilisés (> 10 ans) :

Ils sont caractérisés par une faible charge organique et par la présence de composés à haut poids moléculaire (composés réfractaires tels que les substances humiques et composés de type fulviques). Une forte teneur en azote ammoniacal (3000 – 5000 mg/L) et un faible ratio de biodégradabilité $DBO_5/DCO < 0,1$ [5]. Ces lixiviats sont aussi caractérisés par un $pH > 7,5$. Ils correspondent à la phase de maturation de la décharge.

Le tableau (I-1) présente les principales caractéristiques des différents types de Lixiviats.

Tableau I-1:Caractéristiques principales des différents types des lixiviats [5]:

Types de lixiviats	Age de la décharge	pH	DCO (g/L)	DBO_5/DCO (biodégradabilité)
Lixiviats jeunes	< 5ans	<6,5	10 à 20	> 0,5 bonne
Lixiviats intermédiaires	5 à 10 ans	6,5 à 7,5	5 à 10	0,1 à 0,5 assez faible
Lixiviats stabilisés	>10 ans	>7,5	<5	< 0,1 très faible

I-4- Les principaux groupes de polluants caractérisant le lixiviat :

Les principaux polluants rencontrés dans les lixiviats sont d'origines physico-chimiques et biologiques, ils sont énumérés ci-dessous [6]:

- **Acides gras :**

Les acides gras sont d'importants constituants du monde animal et végétal. Ils se répartissent en grandes familles selon le nombre de double liaisons éthyléniques qu'ils possèdent : les acides gras saturés (aucune double liaison) ramifiés ou non, mono insaturés (une seule double liaison) et polyinsaturés (au moins deux doubles liaisons).

- **Composés ligno-cellulosiques :**

Les composés ligno-cellulosiques (cellulose, hémicelluloses et lignine) retrouvés en décharge sont principalement dus aux 12% de déchets verts (bois, herbes, feuilles) et aux 25% de papiers, cartons et journaux entreposés. Leur présence est un très bon indicateur du règne végétal.

- **Les phénols :**

Les phénols sont principalement utilisés en tant qu'intermédiaires :

- Dans l'industrie des matières plastiques (résines phénoliques, bisphénol A...).
- Pour la fabrication de plastifiants, d'adhésifs, de durcisseurs, de dissolvants et d'isolants.

Ils sont également utilisés dans une moindre mesure en tant que composant dans les cosmétiques et les médicaments. Les phénols ont été identifiés dans plusieurs lixiviats.

- **Les pesticides :**

Les pesticides sont utilisés en quantité considérable depuis plus d'un demi-siècle par l'agriculture intensive. On retrouve des résidus de pesticides partout même dans les lixiviats comme le lindane, le bentazone, le 2,6- dichlorobenzamide, l'atrazine...etc.

- **Les métaux lourds :**

Plusieurs métaux lourds ont été identifiés dans les lixiviats à de faibles concentrations comme le Mg, Fe, As, Cd, Cr, Co, Cu, Pb, Ni et le Zn. Les métaux lourds existants dans les déchets migrent pendant plusieurs années dans les décharges.

- **Pollution d'origine bactérienne :**

Les bactéries servent de nourriture à de nombreux organismes. Elles favorisent la fixation d'algues ou de larves sur certains substrats et permettent également la dégradation de certains polluants.

Ces contaminants bactériens peuvent être véhiculés à l'homme par les eaux. Les lixiviats sont très chargés en coliformes, bactéries pathogènes, virus et parasites.

- **Composés associés aux matières plastiques :**

Les matières plastiques se définissent comme le mélange d'un polymère (ou résine) et de divers additifs donnant un produit fini. Les déchets ménagers se composent d'environ 11% de matières plastiques particulièrement réfractaires à la dégradation en décharge [7].

- **Les plastifiants :**

Les plastifiants sont des esters organiques ajoutés aux polymères afin d'accroître la flexibilité et la robustesse du produit final par une modification interne de la molécule du polymère. Les principaux plastifiants utilisés sont les esters d'acides dicarboxyliques de haut point d'ébullition appelés "*phtalates*". Parmi les phtalates qui sont largement utilisés dans les industries de plastique on cite:

- Le débutylphtalate (DBP)
- Le butylbenzylphtalate (BBP)
- Le di-(2-éthylhexyle) phtalate (DEHP)

- **Les stabilisants :**

Les stabilisants sont des additifs introduits dans les matières plastiques, ils assurent une protection contre l'altération des matériaux provoquée par la chaleur, l'oxydation ou les rayonnements solaires.

Lors de la mise en forme, de l'entreposage ou du vieillissement, la plupart des polymères subissent une certaine dégradation que les antioxydants peuvent empêcher ou retarder. Le principal stabilisant qu'on trouve dans les lixiviats est le bisphénol A [8].

I-5- Impact des lixiviats sur l'environnement et la santé humaine :

L'infiltration et/ou le rejet de lixiviats non-traités entraîne des perturbations physiques et chimiques des milieux récepteurs qui se traduisent par une détérioration de la qualité des eaux. Les lixiviats sont la source polluante majeure des décharges sur les eaux alentour, et suivant leur toxicité et leur dilution, les modifications du milieu environnant ne seront pas les mêmes. Des fuites de lixiviats chargés en polluants et substances toxiques peuvent donc se produire dans l'environnement autour du site de la décharge, mettant en danger les végétaux, les animaux qui les ingèrent et, au sommet de la chaîne alimentaire, l'homme. L'homme est plus directement touché lorsque la décharge se situe à proximité d'une nappe phréatique alimentant la population en eau potable.

La contamination peut avoir lieu par infiltration directe dans le substratum et polluer les nappes phréatiques, où par rejet des effluents, traités ou non, dans le réseau hydrographique de surface et le détériorer.

Les effets de ces deux types de contamination pouvant interagir entre elles sont :

- d'une part, pour les eaux souterraines, un problème d'alimentation en eau potable par pollution des captages d'eau si ceux-ci sont hydro-géologiquement accessibles ;
- d'autre part, pour le réseau hydrographique superficiel, une détérioration des écosystèmes aquatiques, en particulier liée au problème d'eutrophisation qui menacera vie créatures aquatiques par asphyxie, et également l'alimentation en eau potable.

Les pollutions engendrées par les décharges, et leurs impacts sanitaires et environnementaux sont difficiles à déterminer avec certitude car ils sont diffus dans le temps et dans l'espace. Plusieurs polluants interagissent dans des milieux naturels différents (air, sol, eaux etc.) sur le long terme. Les liens de causalité entre les pollutions liées aux décharges et des maladies ou des modifications significatives de l'environnement sont donc particulièrement difficiles à établir [9].

I-6- Procédés de traitement des lixiviats :

Plusieurs processus, tirés de la technologie d'eau usée et d'eau potable, ont été appliqués pour traitement des lixiviats [10]. Les traitements les plus courants sont :

- Traitements biologiques ;
- Traitements physico-chimiques ;
- Traitements membranaire ;

I-6-1- Les méthodes biologiques :

Les traitements biologiques se sont révélés très efficaces pour éliminer les matières organiques et azotées des jeunes lixiviats lorsque le rapport DBO_5/DCO a une valeur élevée ($>0,5$) [11]. Les procédés biologiques peuvent être divisés en deux grands groupes : aérobie ou anaérobie, selon qu'il y ait ou pas présence d'oxygène. Parmi ces traitements biologiques, il existe des procédés biologiques naturels (lagunage) et contrôlés (boues activées, lits bactériens).

I-6-2- Méthodes physico-chimiques :**➤ Coagulation-Floculation :**

La coagulation a pour but principal de déstabiliser les particules en suspension c'est-à-dire de faciliter leur agglomération. Il consiste à ajouter à l'eau un coagulant permettant de neutraliser les charges négatives qui sont à l'origine de la matière en suspension stable. Le choix du coagulant et du floculant dépend des tests préalables qui doivent être réalisés.

La floculation a pour but de favoriser, à l'aide d'un mélange lent les contacts entre les particules déstabilisées. Ces particules s'agglutinent pour former un floc qu'on pourra éliminer par décantation comme le montre les figures (I-1) et (I-2).

La coagulation-floculation peut être utilisée avec succès dans le traitement des vieux lixiviats [12]. Elle est largement utilisée comme prétraitement avant l'osmose inverse ou avant les procédés biologiques [13].

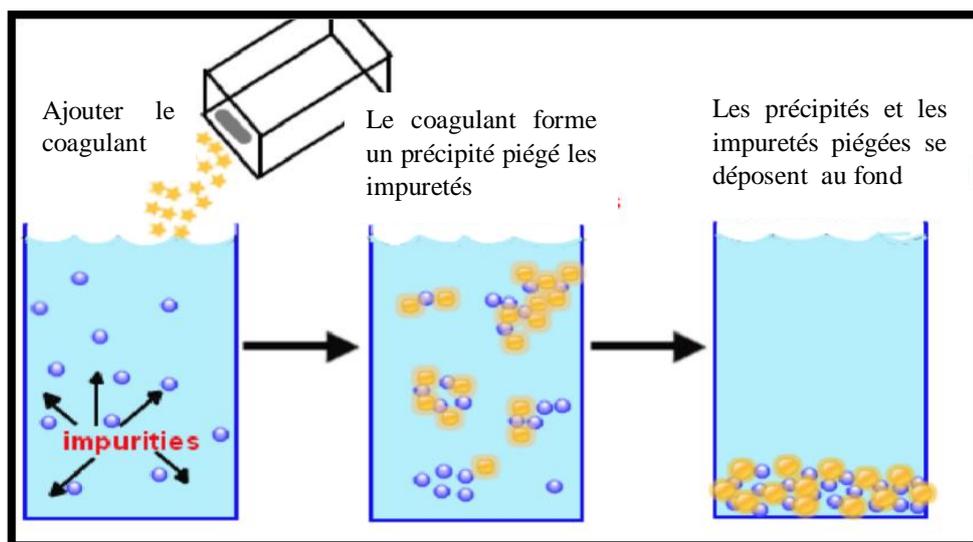


Figure I-1: Principe de la coagulation-floculation [14].

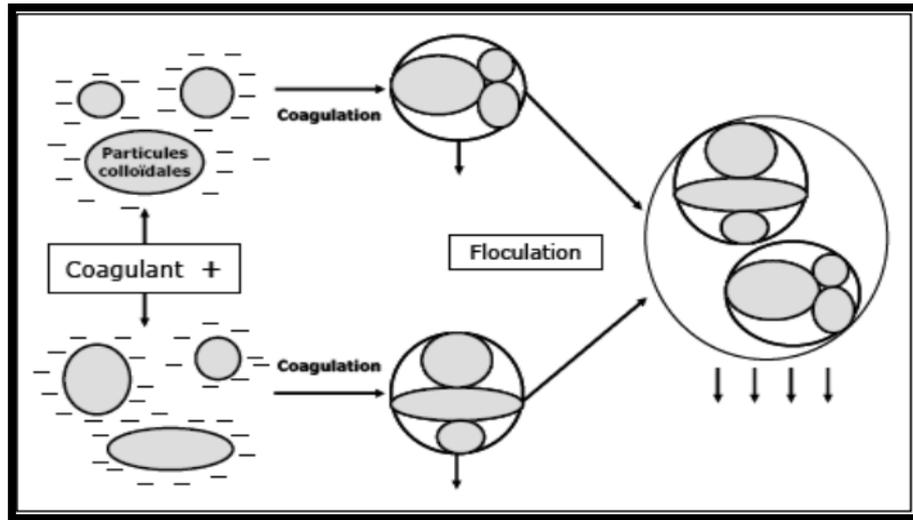


Figure I-2: Coagulation flocculation [15].

➤ **Adsorption :**

L'adsorption est un procédé utilisée pour éliminer les substances humiques responsables de la couleur, les goûts, les odeurs, les phénols et les crésols [16].

➤ **Flottation :**

Est basée sur l'élimination des colloïdes, des ions, des macromolécules, des micro-organismes et des fibres [17].

➤ **Précipitation chimique :**

La précipitation chimique a été utilisée pour l'élimination des composés organiques bios récalcitrants, de l'azote ammoniacal et des métaux lourds à partir des lixiviats [17].

➤ **Evaporation –oxydation chimique :**

Le principe de cette technique est d'utiliser la chaleur dégagée lors de la combustion du biogaz pour évaporer les lixiviats. Les fumées chargées de substances polluantes dégagées par l'évaporation sont alors recueillies et oxydées dans la torchère [18].

➤ **Ozonation :**

C'est un traitement chimique par oxydation. L'ozonation est généralement utilisée comme traitement d'appoint, car malgré son efficacité (jusqu'à un 90% de réduction pour la DCO), ce procédé encore récent reste très onéreux [18].

➤ **Peroxyde d'hydrogène (eau oxygénée H₂O₂) :**

On utilise généralement à température ambiante pour traiter les eaux peu chargées en matières organiques cependant à plus haute température, l'efficacité du traitement augmente et peut conduire à l'oxydation totale en H₂O et CO₂ de la charge organique par leur toxicité et leur résistance à la biodégradation [18].

➤ **Procédé d'oxydation avancé POA :**

Les POA ont été définis pour la première fois par Glaze et *al.* Comme étant des procédés de traitement des eaux opérant à température et pression ambiantes, et qui conduisent à la formation en solution et en quantité suffisante d'oxydants très puissants: les radicaux hydroxyles ($\cdot\text{OH}$) [19].

➤ **Electrocoagulation (EC) :**

Le procédé d'électrocoagulation est basé sur le principe des anodes solubles. Il s'agit, d'imposer un courant (ou potentiel) entre deux électrodes (fer ou aluminium) immergées dans un électrolyte contenu dans un réacteur pour générer, in-situ, des ions (Fe_2^+ , Fe_3^+ , Al_3^+) susceptibles de produire un coagulant en solution et de provoquer une coagulation- floculation des polluants que l'on souhaite éliminer. L'électrolyse peut également coaguler les composés solubles [20].

I-6-3- Méthodes membranaires :

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

- L'osmose inverse ;
- La nanofiltration ;
- La microfiltration ;
- L'ultrafiltration.

➤ **L'osmose inverse :**

L'Osmose Inverse (OI) est un traitement physico-chimique alternatif pour le lixiviat stabilisé. Dans l'application d'OI, n'importe quel liquide qui contient des cations en métal peut passer par une membrane de telle manière que les concentrations en métal soient réduites. Avec le taux du rejet 98- 99% pour les contaminants organiques et inorganiques, l'osmose inverse

peut être utilisée pour le déplacement des métaux lourds, des matériaux en suspension colloïdale et des solides dissous du lixiviat de décharge [21].

➤ **La nanofiltration :**

En raison de ses propriétés uniques entre l'ultrafiltration et l'osmose inverse, la nanofiltration a montré ses preuves dans l'élimination des composés organiques récalcitrants et des métaux lourds provenant des lixiviats [22,23]. La nanofiltration utilise généralement des membranes en polymère moléculaire de coupure entre 200 et 2000 g/mol [24].

➤ **Microfiltration :**

Est un procédé de séparation solide / liquide qui met en œuvre des membranes dont les diamètres de pores sont compris entre 0,1 et 10 μm . Il permet donc la rétention des particules en suspension ou des bactéries.

➤ **Ultrafiltration :**

Utilise des membranes microporeuses dont les diamètres de pores sont compris entre 1 et 100 μm . De telles membranes laissent passer les petites molécules (eau, sels) et arrêtent les molécules de masse molaire élevée (polymères, protéines, colloïdes) [25].

Références bibliographiques :

- [1] El- Fadel, M., Findikakis, AN., et Leckie , JO. (1997), " Impacts environnementaux de la mise en décharge des déchets solides", *Journal of Environmental Management*, Vol.50 No.1 , pp 1-25.
- [2] LECLERC G., et BONNEAU A. (1982), " La lixiviation: source, composition et atténuation". *Eau du Québec*, Vol.15 No.1, pp 37-45.
- [3] Martin, PA. (2006), " Expertises des centres d'enfouissement techniques de déchets urbains dans les PED : contribution à l'élaboration d'un guide méthodologique et à sa validation expérimentale sur sites ", Thèse de doctorat, Université de limoges. septembre 2006.
- [4] Kulikowska D., et Klimiuk E. (2008), "The effect of landfill age on municipal leachate composition", *Bioresource. Technol.* 99, pp 5981-5985.
- [5] Trabelsi, S. (2011), *Etudes de traitement des lixiviats des déchets urbains par les procédés d'oxydation avancée photochimiques et électrochimiques : application aux lixiviats de la décharge tunisienne "Jebel Chakir"*. Thèse de doctorat, Sciences et Techniques de l'Environnement. Université Paris-Est; institut national des sciences appliquées et de technologie INSAT, France, 159 p.
- [6] El-Fadel, M., Bou-Zeid, E., Chahine, W., et Alayli, B. (2002), "Temporal variation of leachate quality from pre-sorted and baled municipal solid waste with high organic and moisture content". *Waste management New York, N.Y)*, Vol. 22 No. 3, pp 269–282.
- [7] Ademe, (2000), " Déchet smunicipaux", 2ème édition, Paris, p 11.
- [8] Li X., Lin L., Zou S., Lan C., Luan T. (2006), "Determination of Bisphenol A in Landfill Leachate by Solid Phase Microextraction with Headspace Derivatization and Gas Chromatography-Mass Spectrophotometry", *Chinese. J. Anal. Chem.* 34, 325-328.
- [9] Belle, E. (2008), "Évolution de l'impact environnemental de lixiviats d'ordures ménagères sur les eaux superficielles et souterraines, approche hydrobiologique et

hydrogéologique". Site d'étude: décharge d'Étueffont (Territoire de Belfort–France), Doctoral dissertation, Université de Franche-Comté.

[10] Tatsi ,AA., Zouboulis ,AI., Matis, KA et Samaras,P, Department of Chemistry, Division of Chemical Technology, Aristotle University of Thessaloniki, Thessaloniki GR-541 24, Greece, Chemical Process Engineering Research Institute.

[11] Sahraoui, H. et Yaziz, A. (2016), "Evaluation des performances du système "FiltresImbriqués" appliqué au traitement des lixiviats". Mémoire de Master, Sciences et TechniquesEau& Environnement. Université de Marrakech, Maroc, 50 p.

[12] Silva, A.C., Dezotti , MetSant'Anna Jr, G.L. (2004), "Treatment and detoxication of asanitary landfill leachate", *Chemosphere*.55,207–214.

[13] Amokrane, A., Comel, C., et Veron, J. (1997), "Landfill leachates pretreatment by coagulation flocculation", *Water Res.* 31/2775-2782.

[14] Biyada, S., et Merzouki, P. M. (2015)," Traitement des lixiviats de la décharge publique contrôlée de la ville de Fès par voie biologique et physique". Faculté des sciences et techniques de Fès.

[15] Noual, MZ. (2008), "Essai de modélisation de l'étape de coagulation", Mémoire de fin d'études de l'université des sciences et technologie. Boumerdes.

[16] Bouchet, C. (2014). "Traitement des lixiviats: des effluents complexes qui nécessitent un traitement poussé". *L'Eau, l'industrie, les nuisances*, no 371.

[17] El Fadel, H. (2013). "Traitement physico-chimique et biologique des lixiviats de la décharge publique contrôlée de la ville de Fès : Application des procédés de filtration, de coagulation-floculation et du SBR", Thèse de doctorat - Faculté des sciences, Université Sidi Mohammed Ben Abdellah-Fès - Maroc,

[18] Laced, N., et Meziani, H. (2013)." Caractérisation des lixiviats de la décharge d'Ouled Fayet et leurs traitements par adsorption sur Hydroxyapatite", Doctoral dissertation, UMMTO.

[19] Amarouche, A., et Sadi, N. (2014), "Caractérisation et traitement des lixiviats issu de centre d'enfouissement technique de la ville de Bouira".Mémoire pour l'obtention du diplômede master en chimie Université Akli Mohand Oulhadj. Bouira.

- [20] Bennajah, M. (2007), "Traitement des rejets industriels liquide par électrocoagulation/électroflotation en réacteur airlift", Thèse de doctorat, De L'institut National Polytechnique De Toulouse, Décembre 2007
- [21] Sardi, K. (2014), "Contrôle de la qualité de l'eau de la station d'hémodialyse De l'EHU 1 er Novembre". Mémoire de Master, Faculté de chimie, Département de chimie physique, Université des Sciences et de la Technologie d'Oran, Mohamed Boudiaf P, 3, 4.
- [22] Linde, K., et Jönsson, A. S. (1995), "Nanofiltration of salt solutions and landfill leachate". *Desalination*, Vol.103 No.3, pp 223-232.
- [23] Chaudhari, L. B., et Murthy, Z. V. P. (2010), "Treatment of landfill leachates by nanofiltration". *Journal of environmental management*, Vol.91 No.5, pp 1209-1217.
- [24] Pronost, R., et Matejka, G. (2000), "Les lixiviats de décharges d'ordures ménagères: Production, caractérisation, traitement". *Environnement & technique*, (196), pp 25-29.
- [25] Guizard, C., et Rios, G. (1996), "Transport and fouling phenomena in liquid phase separation with inorganic and hybrid membranes". In *Membrane Science and Technology*. Elsevier. Vol. 4, pp. 569-618.

CHAPITRE II:
PRESENTATION
DU CENTRE
D'ENFOUISSEMENT
TECHNIQUE

Chapitre II : Présentation du centre d'enfouissement technique

II-1 Définition d'un centre d'enfouissement technique (CET) :

Les centres d'enfouissements techniques sont définis comme un site dans lequel sont enfouis différents déchets pour éviter les risques de pollution et protéger l'environnement : paysages ...etc.

II-2- Localisation du centre d'enfouissement technique de Bordj Bou Arreridj (BBA) :

Le centre d'enfouissement technique (CET) de Bordj Bou Arreridj est situé à 05 km au Nord-est du chef-lieu de la wilaya au lieu-dit « BOUMERGUED » commune de Sidi Embarek, comme c'est indiqué dans la figure (II-1). La date de sa mise en exploitation est : 09/06/2009.

Cette décharge reçoit les déchets des communes suivantes : Bordj Bou Arreridj, El Anasser, Hasnaoua, Sidi Embarek, Bordj el Ghedir et Medjana, le nombre de population desservie est de : 297 590 habitants. Elle occupe une surface de 10 hectares [1].



Figure II-1 : Plan d'accès au CET de Bordj Bou Arreridj « BOUMERGUED ».

II-3- Les contenus du CET de Bordj Bou Arreridj :

Le site est constitué [1] :

- Un bâtiment administratif, une zone de contrôles et un pont bascule ;
- Une aire de stockage des déchets, elle est composée de :

Casier N° 01 : (capacité de 150 000 m³) fermé.

Casier N° 02 : (capacité de 130 000 m³) saturé, (casier N°02 en cours d'exploitation).

Ce casier comprend différents composants qui en assurent la sécurité du site d'enfouissement et la protection d'environnement contre des risques potentiels. Les différents composants sont montrés sur la figure (II -3).

- Bassin de lixiviat.
- Station de traitement de lixiviat d'une capacité de 80m³ /j en cours de réalisation par le Ministère d'environnement.

La figure (II -2) montre les différents contenus du CET .

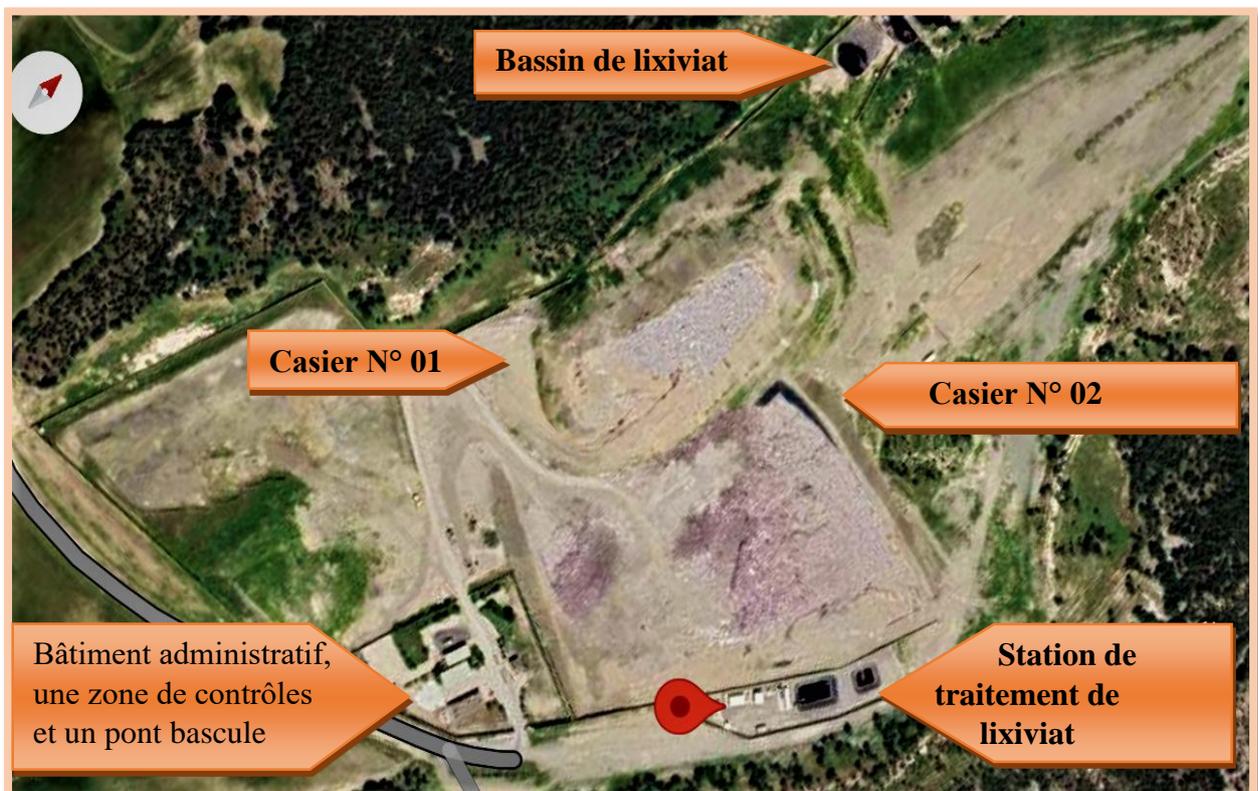


Figure II - 2 : Vue satellite de la décharge de « BOUMERGUED »

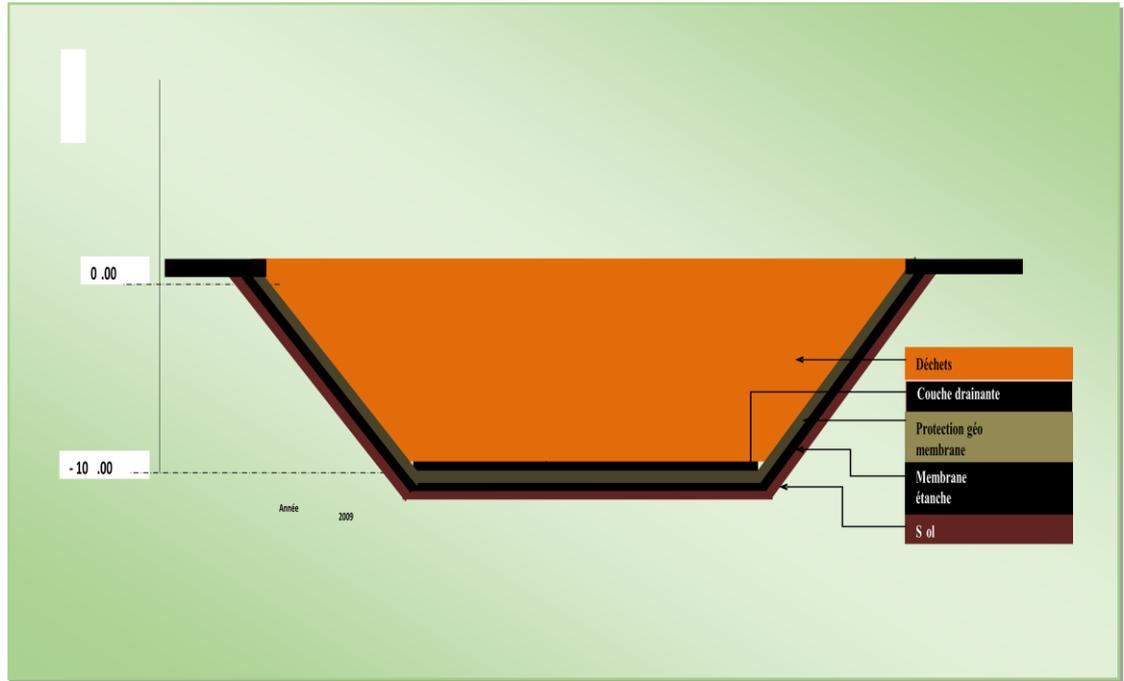


Figure II -3 : Schéma représentant le casier N°02 du CET de BBA

II-4- Classification du CET :

Suivant les directives européennes du 31/12/2001, N° 1999/31/CE, il existe trois types de CET qui réceptionnent différents déchets, les types sont regroupés dans le tableau II-1 [2] :

- ✓ Le centre d'enfouissement technique de Bordj Bou Arreridj est classé comme type II pour les déchets dits « non dangereux », quelques exemples du type II sont représentés sur la figure (II-4).

Tableau II -1 : La classification du CET [2] :

<p>CET de Classe I : «Déchets dangereux »</p>	<p>CET de Classe II : « Déchets non dangereux »</p>	<p>CET de Classe III : « Déchets inertes »</p>
<p>Ces CET sont habilitées à recevoir certains déchets industriels spéciaux, dangereux et/ou toxiques tels que :</p> <ul style="list-style-type: none"> -Les déchets industriels spéciaux traités et stabilisés ; - Les résidus de la sidérurgie : poussières, boues d'usinage et résidus d'incinération ; - Les déchets minéraux de traitement chimique : oxydes métalliques ; - Les résidus de peinture : déchets de peinture solides, de résine et de vernis ; - Les résidus de recyclage d'accumulateurs et de batteries : par exemple les résidus d'amiante ; - Les réfractaires et autres matériaux minéraux usés et souillés. 	<p>Les déchets admissibles dans ces décharges sont généralement des :</p> <ul style="list-style-type: none"> -Ordures ménagères et assimilés. -Déchets ménagers encombrants ; - Déchets vert ; - Déchets commerciaux, artisanaux et industriels banals assimilables aux ordures ménagères ; - Déchets d'origine agricole ne présentant pas de danger pour la santé humaine et l'environnement - Cendres et produits d'épuration refroidis résultants de l'incinération des ordures ménagères ; - Boues en provenance de l'assainissement urbain. 	<p>Ces décharges, de la classe III, ne reçoivent que les déchets inertes, issus des entreprises du bâtiment et des travaux publics et de travaux de bricolage de particuliers (terres, gravats, déchets de démolition, etc.), qui peuvent, également, être stockés dans les décharges de classe II.</p>



Figure II-4 : exemple de déchet non dangereux

II-5- Les types des déchets du CET de BBA :

Les types des déchets reçus par le centre d'enfouissement technique de BBA (BOUMERGUED) sont les suivants [1] :

- Déchets ménagers et assimilés ;
- Déchets industriels assimilés au DMA ;
- Déchets des abattoirs ;
- Déchets inertes de couverture ;
- Déchets de volontariat ;
- Déchets de saisie ;
- Déchets des administrations.

La figure (II-5) représente le pourcentage de chaque type reçu dans le centre durant l'année 2021.

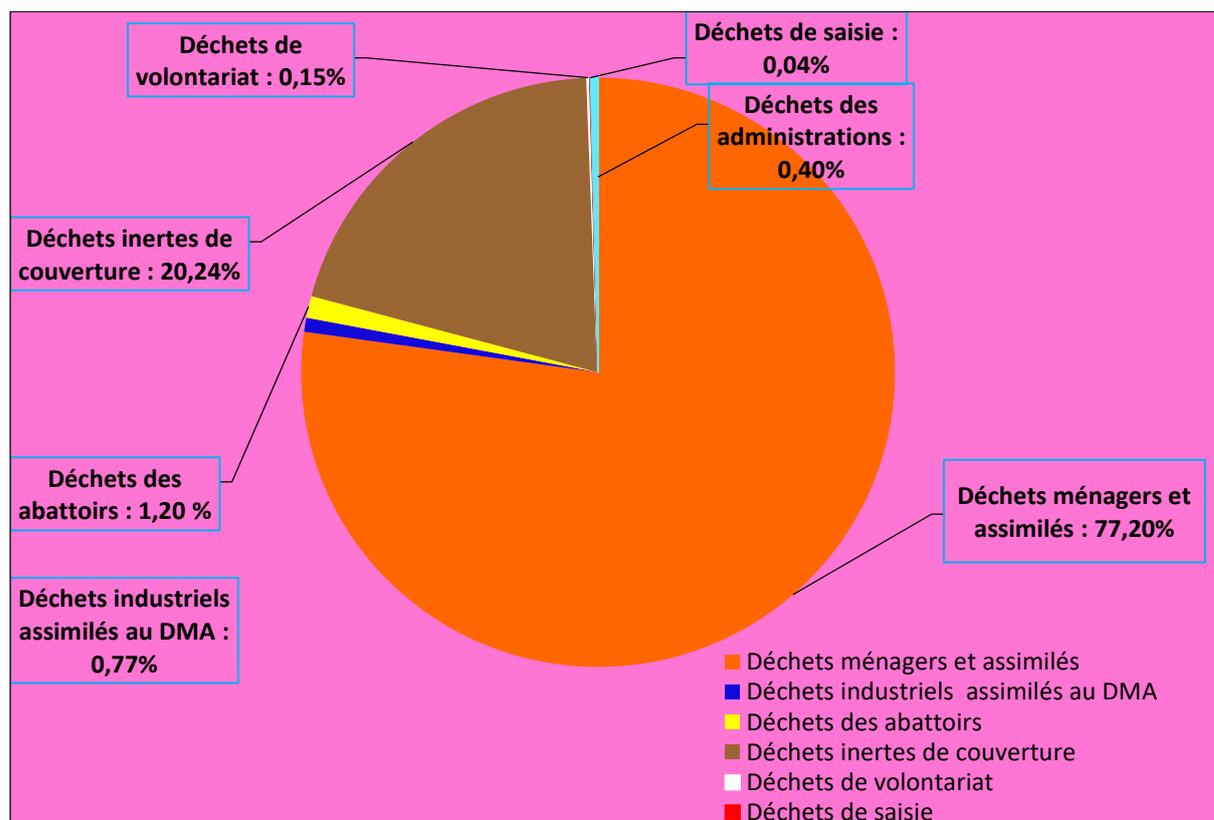


Figure II-5 : Pourcentage de chaque type de déchets réceptionnés durant l’année 2021.

II-6- Répartition de la quantité des déchets reçus à la CET de BBA pour chaque commune durant l’année 2021 :

La quantité totale des déchets réceptionnés en 2021 est de : **83 662.05** tonnes.

Le tableau (II-2) présente la quantité des déchets réceptionnés au CET de BBA durant l’année 2021 pour chaque commune et à chaque mois [1].

Tableau II-2 : La quantité des déchets réceptionnés au CET de BBA durant l'année 2021.

Mois Commune	JAN	FEV	Mars	AVR	Mai	JUIN	JUIL	AOU	SEP	OCT	NOV	DEC	Total par rapport chaque commune	Nombre d'habitant	Ratio Kg/j/ha
B.BOU ARRERIDJ	5103,94	4620,16	4929,66	5137,46	5468,46	5345,10	6355,42	5328,50	4725,65	4553,84	4235,68	4445,13	60248,58	190 737	1,07
SIDI EMBAREK	260,42	239,62	289,48	227,66	277,38	257,14	293,74	296,46	233,98	229,54	168,68	189,12	2963,22	13 189	0,68
EL ANASSER	436,70	388,30	395,46	416,06	445,54	433,52	521,12	404,36	359,28	328,22	334,12	383,86	4846,54	16 700	0,76
HASNAOUA	248,28	232,68	246,94	253,36	274,98	270,84	329,78	263,70	261,56	226,72	227,00	249,70	3085,50	22 076	0,38
MEDJANA	419,50	378,24	430,76	457,70	492,94	455,52	569,20	479,80	384,20	324,12	340,36	381,46	5113,80	25 382	0,54
BORDJ EL GHEDIR	296,46	335,48	376,90	331,76	429,08	404,32	520,00	383,74	354,58	272,84	262,70	355,42	4323,28	29 506	0,59
Entreprises et particuliers	226,92	205,79	309,02	429,98	315,15	266,39	203,17	240,49	243,13	222,21	191,35	227,53	3081,13		
TOTAL par rapport chaque mois	6991,8	6400,27	6978,22	7253,98	7703,53	7432,79	8792,43	7397,05	6562,38	6157,49	5759,89	6232,22	83 662,05	297590	
Mois/Jour	225,54	220,70	225,10	241,80	248,50	247,76	283,63	238,61	218,75	198,63	192,00	201,04			

II-7- Stockage des lixiviats au CET de BBA :

Les lixiviats sont stockés dans des bassins aménagés spécialement par géo-membranes (figure II-6). L'âge des lixiviats du CET de BOUMERGUED est de 13 ans [1].



Figure II-6 : Figure du bassin de lixiviat du CET de BBA.

II-7-1- Traitement du lixiviat :

Le centre d'enfouissement technique de Bordj Bou Arreridj « BOUMERGUED » contient une station de traitement de lixiviats par osmose inverse en cours de réalisation par le Ministère d'environnement.

Références bibliographiques :

[1] Etablissement public de gestion des centres d'enfouissement technique de la wilaya de Bordj Bou Arreridj (EPWG CET).

[2] Rouidi, L. M. (2021). "Etude du Traitement des lixiviats issus des déchets urbains par les Procédés d'Oxydation Avancés: Photochimique et Electrochimique. Application aux lixiviats du centre d'enfouissement technique de Zéralda et/ou de Corso", Thèse doctoral, Université des Sciences et de la Technologie, Houari Boumediène (Alger)

[3] Les déchets non dangereux : de nouvelles matières premières ? , Disponible sur : <https://www.ecodrop.net/dechets-non-dangereux-valorisation-recyclage-dib-dnd/> (consulté le 27 juillet 2022).

PARTIE
EXPERIMENTALE

CHAPITRE I :
MATERIELS ET
METHODES

Chapitre I : Matériels et méthodes

Dans cette partie sont présentés le matériel ainsi que les méthodes expérimentales et analytiques utilisées lors des analyses de caractérisation du lixiviat avant et après prétraitement.

I -1- Le prélèvement des échantillons :

Les échantillons du lixiviat ont été prélevés au niveau du CET intercommunal des déchets ménagers et assimilés de BBA.

Les échantillons ont été transportés dans des bouteilles en polyéthylène et prélevés en suivant les étapes ci-dessous :

- ✓ Les bouteilles ont été préalablement lavées à l'acide nitrique puis à l'eau distillée.
- ✓ Avant le remplissage des bouteilles, celles-ci ont été lavées par l'échantillon à prélever sur le terrain.
- ✓ Le remplissage des bouteilles a été fait à ras bord, puis bien fermées à l'aide de bouchons pour éviter tout échange gazeux avec l'atmosphère.
- ✓ Les échantillons ont été conservés et transportés dans une glacière à +4°C [1].

I-2- Matériel utilisé :

I-2-1- Spectrophotomètre (UV/ Visible) à Double Faisceaux UV-1900i SHIMADZU :

Nous avons utilisé un spectrophotomètre (UV/ Visible) à Double Faisceaux UV-1900i SHIMADZU. La figure (I-1) représente le spectrophotomètre utilisé.

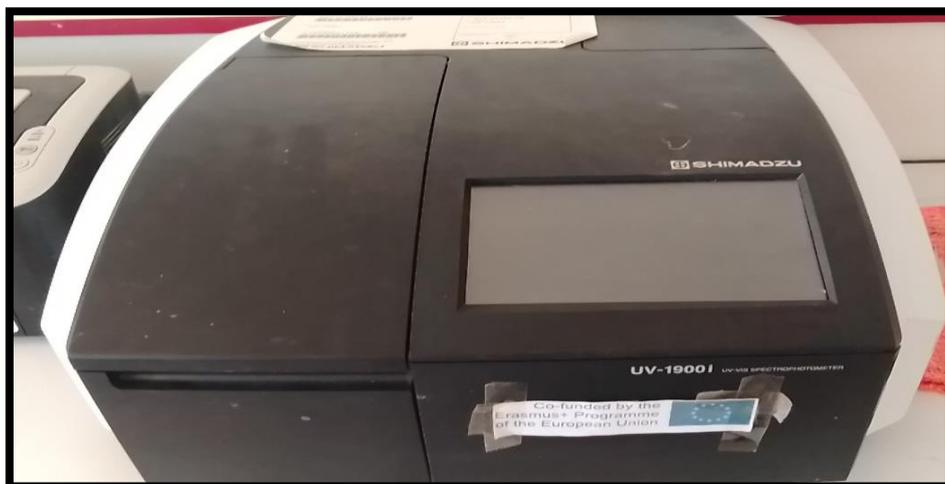


Figure I-1: Spectrophotomètre UV SHIMADZU UV-1900i.

I-2-2- pH mètre

Dans notre étude, nous avons utilisé un pH mètre de type inolab™ 7110, voir la figure (I-2).



Figure I-2 : pH-mètre de paillasse inolab™ 7110.

I-2-3- Conductimètre :

Dans notre étude, nous avons utilisé un conductimètre de type inolab™ 7110 , comme le montre la figure (I-3).



Figure I-3 : Conductimètre de paillasse inolab™ 7110.

I-2-4- Turbidimètre :

Nous avons utilisé un turbidimètre TB 300 IR qui permet de mesurer la turbidité de 0,01 – 1 100 NTU (figure I-4).

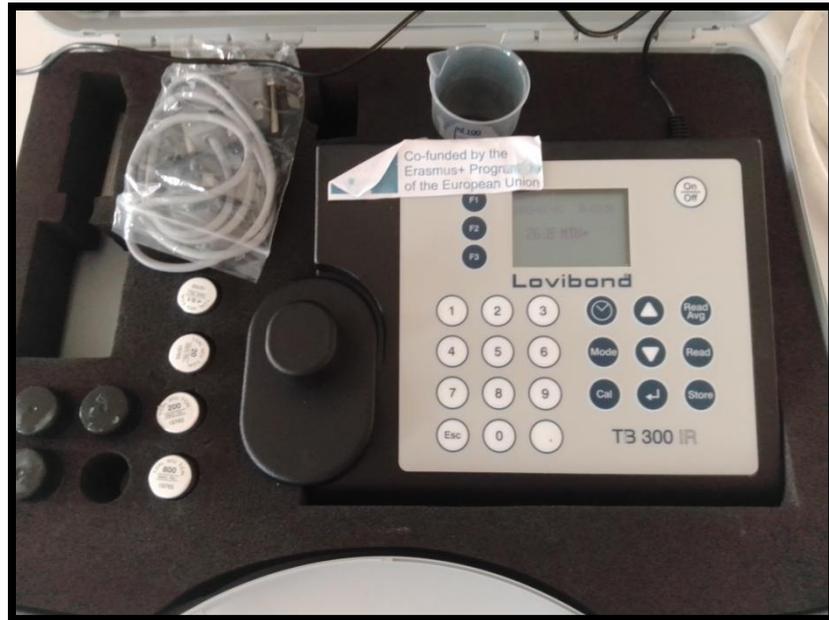


Figure I-4 : Turbidimètre TB 300 IR.

I-2-5- La Balance :

Pour les pesées, nous avons utilisé une balance analytique de type KERN & Sohn GmbH ABJ 220-4M (figure I-5), avec une précision de 0,0001g.

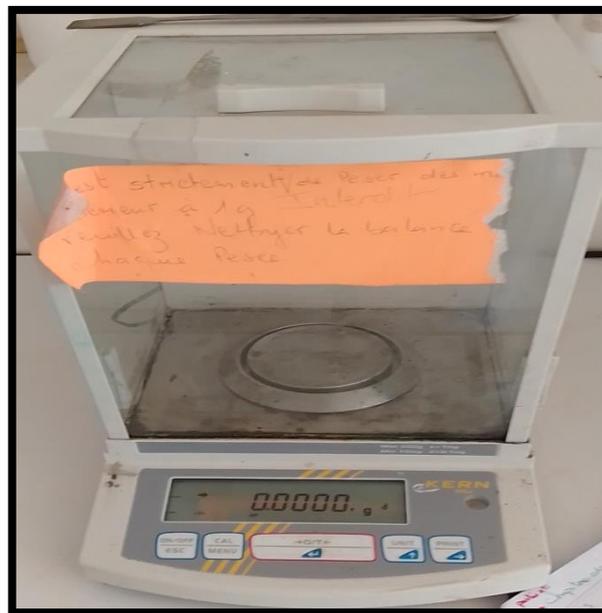


Figure I-5: Balance analytique KERN & Sohn GmbH ABJ 220-4M.

I-2-6- Jar-test :

Le Jar-test est un appareil utilisé lors de la détermination des concentrations optimales dans le processus de coagulation floculation. La figure I-6 présente le Jar –Test de 6 hélices.



Figure I-6 : Jar-test.

I-3- Analyses du lixiviat :

I-3-1- Les paramètres physico-chimiques :

I-3-1-1-Potentiel d'hydrogène (pH) et température :

❖ Principe :

La température influe sur la quantité d'oxygène, la décomposition de la matière organique et le développement des parasites responsables de certaines maladies. Le pH est en relation avec la concentration des ions hydrogénés présent dans les solutions [1].

❖ Mode opératoire :

1. Etalonner le pH-mètre ;
2. Prélever un échantillon du lixiviat ;
3. Mesurer le pH et la température.

I-3-1-2- Conductivité électrique :

❖ Principe :

La conductivité est la propriété que possède une eau à favoriser le passage d'un courant électrique, elle est due 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 leurs concentrations.

❖ **Mode opératoire :**

- 1-Etalonner le conductimètre ;
- 2-Prélever un échantillon du lixiviat ;
- 3-Mesurer la conductivité.

I-3-1-3- Turbidité :❖ **Principe :**

La turbidité se mesure par la réflexion d'un rayon lumineux dans l'eau (l'unité de mesure est le « NTU »).

- **Détermination du taux de réduction de la turbidité (TRT) :**

La quantification du taux de réduction de la turbidité (TRT) est définie par la relation suivante :

$$\text{TRT (\%)} = ((\text{Turbidité initiale} - \text{Turbidité finale}) \times 100) / \text{Turbidité initiale} \quad (\text{I-1})$$

Turbidité initiale : Turbidité avant le prétraitement.

Turbidité finale : Turbidité après le prétraitement.

❖ **Mode opératoire :**

- 1- Etalonner le turbidimètre ;
- 2- Prélever un échantillon du lixiviat ;
- 3- Mesurer la turbidité.

I-3-2- Analyse des éléments organiques :**I-3-2-1- Demande chimique en oxygène DCO :**❖ **Principe :**

La demande chimique en oxygène (DCO) correspond à la quantité d'oxygène utilisée pour l'oxydation totale des substances organiques et minérales par les oxydants chimiques forts. Elle est exprimée en mg d'oxygène par litre d'échantillon.

❖ **Mode opératoire :**

- ✓ Préparer un premier tube d'un échantillon de lixiviat dilué (10 fois) ;
- ✓ Introduire 2 ml du lixiviat dilué dans un tube DCO LR : 0 - 150 mg/L ;
- ✓ Préparer un deuxième tube (blanc) contenant 2 mL d'eau distillée, ce tube est utilisé dans la mesure de la DCO pour régler le zéro ;

- ✓ La minéralisation se fait dans un block chauffant de type CR 2200 WTW , spécialement conçu pour adopter les tubes test. Les deux tubes test de DCO doivent être maintenus 2 heures à 148 °C ;
- ✓ Laisser refroidir ;
- ✓ La lecture de la valeur de DCO s'effectue à l'aide d'un spectro Direct.

I-3-2-2- Demande biologique en oxygène DBO₅ :

❖ Principe :

La DBO₅ Demande Biochimique en Oxygène, est une expression de la quantité d'oxygène nécessaire pour dégrader biologiquement la matière organique présente dans un échantillon à analyser.

❖ Mode opératoire :

- ✓ Mettre 164 ml du lixiviat dans un flacon qui contient un barreau magnétique ;
- ✓ Ajouter de 2à3 pastilles de NaOH dans le bouchon ;
- ✓ Bien fermé et cliquer sur les 2 boutons en même temps ;
- ✓ Mettre dans une armoire thermorégulatrice pendant 5 jours à 20°C ;
- ✓ Lire la valeur affichée après 5 jours ;
- ✓ Convertir la valeur mesurée affichée sur le manomètre OxiTop® selon le tableau ci-dessous ;

Tableau I-1 : Guide de mesure la DBO₅

Portée de mesure	Quantité (ml)	Facteur
0 –40	432	1
0 –80	365	2
0 –200	250	5
0 –400	164	10
0 –800	97	20
0 –2000	43,5	50
0 –4000	22,7	100

Le calcul de la valeur réelle de DBO₅ s'effectue par la relation (I-2) :

$$\text{DBO}_5 \text{ (mg O}_2\text{/L)} = \text{Valeur lue (Mano)} * \text{Facteur} \quad \text{(I-2)}$$

I-3-2-3- Carbone organique totale COT :

Le principe de la mesure repose sur l'oxydation des composés carbonés contenus dans les eaux en les transformant en dioxyde de carbone (CO₂) qui est ensuite dosé à l'aide d'un analyseur infrarouge.

❖ Mode opératoire :

Type de tube utilisé dans ce test est : COT HR M. TT (50 - 800 mg/L COT).

- ✓ Préparez deux tubes en verre, propres et adéquats.
- ✓ Solution 01 (blanc) : versez 10 mL d'eau distillée dans le tube 1 ;
- ✓ Solution 02 (l'échantillon) : versez 10 mL de lixiviat dilué (10 fois) tube 2 ;
- ✓ Ajoutez 2 gouttes du réactif COT-1K dans les deux tubes (les deux solutions) et mélangez ;
- ✓ Le pH de l'échantillon devrait être inférieur à 2,5. Si nécessaire, réglez-le avec de l'acide sulfurique ;
- ✓ Mélangez pendant 10 minutes à vitesse modérée ;
- ✓ Dans le tube COT HR M. TT (50 - 800 mg/L COT) réservé au blanc versez 3 ml du blanc préparé (solution 1) ;
- ✓ Dans le tube COT HR M. TT (50 - 800 mg/L COT) réservé à l'échantillon, versez 3 ml de l'échantillon préparé (solution 2) ;
- ✓ Ajoutez une micro-cuillère rase de COT-2K dans les 2 tubes ;
- ✓ Fermez immédiatement les tubes à l'aide du capot en aluminium ;
- ✓ Chauffez les tubes pendant 120 minutes à 120 °C dans le thermo réacteur CR 2200 WTW préchauffé après les avoir mis à l'envers ;
- ✓ Laisser refroidir ;
- ✓ La lecture de la valeur du COT s'effectue à l'aide d'un spectro Direct.

I-3-3- Analyse des sels nutritifs**I-3-3-1- Nitrates (NO₃⁻) :****❖ Principe :**

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

❖ **Mode opératoire :****Courbe d'étalonnage :**

- Pour pouvoir tracer la courbe d'étalonnage ($Abs=f([NO_3^-])$) nous avons préparé 5 solutions selon la composition donnée dans le tableau I-2.
- Mesurer l'absorbance de chaque solution au spectrophotomètre UV ($\lambda=415\text{ nm}$) et tracer le graphe représentant l'absorbance en fonction de la concentration en nitrates voir annexe 1.

Tableau I-2 : Protocole expérimental pour l'étalonnage des Nitrates (NO_3^-).

Numéro du flacon	T	1	2	3	4
Solution stock de potassium à 50mg/L	0	2	4	6	8
Eau distillée (mL)	10	8	6	4	2
Solution de salicylate de sodium (mL)	1	1	1	1	1
Concentration des ions nitrates en mg/L	0	10	20	30	40

Dosage de l'échantillon (lixiviat) :

- ✓ Introduire 10 mL du lixiviat dilué (90 fois) dans un récipient ;
- ✓ Alcaliniser faiblement avec du NaOH ;
- ✓ Ajouter 1 mL de salicylate de sodium ;
- ✓ Effectuer la lecture sur un spectrophotomètre UV ($\lambda = 415\text{nm}$).

Déterminer graphiquement la concentration des nitrates dans l'échantillon à partir de la courbe d'étalonnage [2].

I-3-3-2- Nitrites (NO_2^-) :❖ **Principe**

L'acide sulfanilique, en milieu chlorhydrique en présence d'ion ammonium et de phénol forme avec les ions NO_2^- un complexe coloré jaune dont l'intensité est proportionnelle à la concentration en nitrite.

❖ **Mode opératoire :****Courbe d'étalonnage :**

- Pour pouvoir tracer la courbe d'étalonnage ($Abs=f([NO_2^-])$) nous avons préparé 5 solutions selon la composition de tableau I-3.

- Mesurer l'absorbance de chaque solution au spectrophotomètre UV ($\lambda = 435 \text{ nm}$) et tracer le graphe représentant l'absorbance en fonction de la concentration en nitrites voir annexe 1.

Tableau I-3 : Protocole expérimental pour l'étalonnage des Nitrites (NO_2^-).

Numéro du flacon	T	1	2	3	4	5	6
Solution fille étalon (mL)	0	2	3	4	5	6	7
Eau distillée (mL)	10	8	7	6	5	4	3
Réactif de ZAMBALLI (mL)	2	2	2	2	2	2	2
Attendre 10 minutes, puis ajouter							
Ammoniaque pur (mL)	2	2	2	2	2	2	2
Concentration ions nitrites (mg/L)	0	0,46	0,69	0,92	1,15	1,38	1,61

Dosage de l'échantillon (lixiviat) :

- ✓ Introduire 20 ml du lixiviat dilué (200 fois) dans un flacon ;
- ✓ Ajouter 10 ml de la solution fille étalon d'ion NO_2^- de [0,0023 g/L] ;
- ✓ Ajouter 2 ml du réactif ZAMBALLI ;
- ✓ Attendre 10 minutes, puis ajouter 2 ml d'ammoniaque pur ;
- ✓ Effectuer la lecture au spectrophotomètre UV ($\lambda=435\text{nm}$)

Déterminer graphiquement la concentration en nitrites dans l'échantillon à partir de la courbe d'étalonnage [2].

I-3-3-3- Orthophosphates (PO_4^{3-}) :

❖ **Principe :**

En milieu acide et en présence de molybdate d'ammonium, les orthophosphates donnent un complexe phosphomolybdique qui, réduit par l'acide ascorbique, développe une coloration bleue susceptible d'un dosage spectrométrique.

❖ **Mode opératoire :**

Courbe d'étalonnage :

- Pour pouvoir tracer la courbe d'étalonnage ($\text{Abs} = f([\text{PO}_4^{3-}])$) nous avons préparé 5 solutions selon la composition du tableau (I-4) ;
- Attendre 15 min ;

- Mesurer l'absorbance de chaque échantillon au spectrophotomètre UV ($\lambda = 700$ nm) et tracer le graphe représentant l'absorbance en fonction de la concentration en Orthophosphates voir annexe 1.

Tableaux I-4 : Protocole expérimental pour l'étalonnage des Orthophosphates (PO_4^{3-}).

Numéro du flacon	T	1	2	3	4
Solution étalon de phosphore (ml)	0	15	10	5	20
Eau distillée (ml)	20	5	10	15	0
Solution d'acide ascorbique (ml)	1	1	1	1	1
Concentration en phosphore (mg/L)	0	0,5	1	1,5	2
Réactif molybdique (ml)	4	4	4	4	4

Dosage de l'échantillon (lixiviat) :

- ✓ Introduire 20 ml du lixiviat diluée (100 fois) dans flacon ;
- ✓ Ajuster pH à 7 ;
- ✓ Ajouter 1 ml de la solution d'acide ascorbique et 4 ml de réactif molybdique ;
- ✓ Attendre 15 min ;
- ✓ Effectuer la lecture au spectrophotomètre ($\lambda = 700\text{nm}$) ;
- ✓ Déterminer graphiquement la concentration en orthophosphates dans l'échantillon à partir de la courbe d'étalonnage [2].

I-3-4- Matière en suspension MES :

❖ **Principe :**

L'eau est filtrée et le poids de matières retenues par le filtre est déterminé par pesée différentielle [1].

❖ **Mode opératoire :**

- ✓ On prend un papier filtre de $1,2 \mu\text{m}$, séché à 105°C , après peser la masse qu'on note m_0 ;
- ✓ Laisser refroidir dans un dessiccateur ;
- ✓ On filtre un volume de 100 ml du lixiviat sous vide ;
- ✓ Sécher le papier filtre à 105°C ;
- ✓ Laisser refroidir dans un dessiccateur ;
- ✓ Peser la masse du papier filtre m_1 .

- ✓ Calculer les MES (mg/L) par la relation (I-3)

$$\text{MES} = (m_1 - m_0) / v \quad (\text{I-3})$$

Tel que :

m_0 : La masse du papier filtre avant la filtration (mg).

m_1 : La masse du papier filtre après la filtration (mg).

v : Volume de l'échantillon (L).

I-4- Prétraitement du lixiviat par coagulation-floculation :

I-4-1- Les types de coagulant floculants utilisés :

Nous avons testé dans notre étude l'efficacité d'un coagulant et de deux floculants dans le but de réduire la charge du lixiviat pour pouvoir le traiter après osmose inverse :

Coagulant :

I-4-1-1- Chlorure de Fer :

Nous avons utilisé le chlorure de fer comme coagulant dans notre étude. Le chlorure de fer est un sel de fer de formule chimique FeCl_3 et de masse molaire (162,20 g/mole).

Floculants :

I-4-1-2- Amidon :

Extrait de la pomme de terre, du tapioca ou d'autres végétaux.

I-4-1-3- Jus cactus :

Extrait des figues de barbarie.

- ✓ **Préparation du bio- floculant (jus de cactus) :**

- 1) Récolter la cladode de figues de barbarie ;
- 2) Laver bien la cladode de cactus, l'éplucher et la broyer par un mixeur ;
- 3) Recueillir l'extrait aqueux de la plante par filtration au tamis ;
- 4) Dilution du jus dans l'eau distillée à divers concentration (2%, 5%, 10%, 15%) ;
- 5) Homogénéiser par un jar test (vitesse d'agitation 160 tours/min pendant 15 min) [3].

I-4-2- Mode opératoire du prétraitement du lixiviat par coagulation-floculation :

L'étude de la coagulation- floculation a été faite selon les étapes suivantes :

- 1) On lave bien les béchers ;

- 2) L'ajustement du pH a été fait en ajoutant du NaOH à la solution pour le milieu basique (pH=8) et on ajoutant du HCl pour le milieu acide (pH=4) ;
- 3) Remplir 6 béchers avec 500 ml d'échantillon de lixiviat, et plonger les hélices du jar test pour dans les béchers ;
- 4) Introduire des doses croissantes de coagulant ou, et floculant dans les échantillons sous agitation rapide de 150 tours/min pendant 3 min, puis 60 tours/min pendant 15 min ;
- 5) On cesse toute agitation, on retire les hélices et on laisse décanter ;
- 6) Après 40 min de décantation, on prélève de chaque bécher un échantillon pour analyse (mesurer la MES et la turbidité).

Remarque :

- ✓ La coagulation nécessite une vitesse d'agitation plutôt rapide (afin de bien mélanger l'eau et que les colloïdes se rencontrent et se neutralisent) ;
- ✓ La floculation- quant à elle, nécessite une vitesse relativement lente (afin de favoriser la rencontre entre l'agrégation des colloïdes sans détruire les floccs déjà formés).

Références bibliographiques :

[1] Rodier, J. (2009). "L'analyse de l'eau : Eaux naturelles, eaux résiduaires, eau de mer". 9^{ième} Edition. Dunod, 3-340 p.

[2] Godfred, A. (2017). "Traitement de lixiviat par voie biologique". Mémoire, Université Abdelmalek Essaâdi, Faculté des Sciences Tétouan, Maroc.

[3] Boukerroui, A., Bensalaheddine, S., & Balit, M. (2019). "Essais de traitements des eaux usées par différents coagulants-floculants chimiques et naturels ; cas de la station d'épuration des eaux usées urbaine de Souk ElTenine". Doctoral dissertation, université Abderrahmane Mira-Bejaia.

CHAPITRE II:

***RESULTATS ET
DISCUSSION***

Chapitre II : Résultats et discussion

Dans cette partie, nous allons présenter les résultats d'analyses des paramètres physico-chimiques du lixiviat brut et du lixiviat après le prétraitement par le procédé de coagulation-floculation. Cette étude a été réalisée dans deux milieux différents (milieu acide et milieu basique).

II -1- Caractérisation du lixiviat du CET de BBA «Boumergued » :

L'échantillon a été prélevé le 05/06/2022 à 07h20 au niveau du bassin de récupération du lixiviat.

Pour mieux connaître la composition de notre lixiviat, nous avons caractérisé en effectuant des analyses physico-chimiques tel-que : la Température, la Turbidité, la conductivité électrique, le pH, la DCO, DBO₅, les MES, COT, les nitrates, les nitrites et l'orthophosphates.

Les résultats obtenus sont représentés dans le tableau suivant :

Tableau II-1 : Analyses physico-chimiques des échantillons de lixiviat brut.

Paramètres à analyser	Résultats	Valeurs maximales [1]
Couleur	Noir	–
Odeur	Désagréable	–
Température (°C)	27,1	30
Turbidité (NTU)	54,7	–
Conductivité électrique (mS/cm)	30,5	–
pH	7,6	6,5 – 8,5
MES (mg/L)	610	40
DBO ₅ (mg d'O ₂ /L)	100	15
DCO (mg d'O ₂ /L)	1210	50
COT (mg/L)	6150	20
Nitrite (mg/L)	340	–
Nitrate (mg/L)	450	–
Orthophosphate (mg/L)	100	2

II-1-1- Discussion des résultats d'analyses :**❖ La couleur :**

La couleur constitue le premier indicateur de pollution. Le lixiviat étudié arborait une couleur noire, selon *Laceb et al.* [2] cette couleur est dûe essentiellement aux MES et à la présence des ions de sulfure qui proviennent de la dégradation des matières organiques et qui ont un pouvoir colorant élevé.

❖ L'odeur :

Les odeurs dégagées par les lixiviats sont désagréables, nauséabondes et insupportables. Selon *Laceb et al.* [2] ces odeurs sont dues principalement : à la fermentation anaérobie des microorganismes dégradant les déchets organiques, à la décomposition de la matière organique présente dans l'effluent et aussi à la température du milieu.

❖ La Température :

L'échantillon de lixiviat présente une température de 27,1°C, le prélèvement étant fait en surface, à la température ambiante du milieu environnant. Cette valeur de température est inférieure à la valeur maximale de rejet en milieu naturel « 30°C ».

❖ Conductivité électrique :

La conductivité électrique de notre lixiviat est de 30,5 mS/cm, selon *Rodier et al* [3] cette valeur est signe d'une charge de pollution minérale très importante.

❖ Le pH :

Notre lixiviat présente un pH= 7,6 ce qui fait qu'il est en phase stabilisée correspondant à la phase de maturation de la décharge. Cette valeur est dans l'intervalle des normes de rejet en milieu naturel (6,5 et 8,5).

❖ Matière en suspension (MES) :

D'après notre analyse, on constate que les lixiviats sont très chargés en MES, la valeur obtenue est égale à 610 mg /L, elle est très élevée par rapport à la norme de rejet qui est de

40 mg/L.

❖ La demande biologique en oxygène DBO₅ :

La valeur de la DBO₅ obtenue pour notre lixiviat est de 100 mg /L, cette valeur est trop élevée par rapport à la norme qui est de 15 mg/L.

❖ La demande chimique en oxygène DCO :

Les résultats d'analyses obtenues indiquent que la valeur de la DCO est forte d'ordre 1210 mg/L et très élevée par rapport à la norme qui est de 50 mg/L pour le rejet dans le milieu naturel. Ceci montre que le lixiviat est riche en matière organique oxydable.

❖ Carbone organique total COT :

La valeur du COT obtenue pour notre lixiviat est de 6150 mg /L, cette valeur est trop élevée par rapport à la norme qui est de 20 mg/L.

❖ Les nitrates et les nitrites :

Les concentrations obtenues pour les nitrates est 450 mg/L et celles des nitrites est 340 mg/L.

❖ Orthophosphate :

On remarque que la concentration de l'ortho phosphate est très élevée 100 mg/L par rapport à la norme de rejet qui est de 2 mg/L.

❖ Le rapport DBO₅ / DCO :

Le rapport DBO₅/DCO est de 0,08 cette valeur est inférieure à 0,1 ce qui permet de classer ce lixiviat dans le type de lixiviats stabilisés. Ce qui veut dire aussi que la biodégradabilité est très faible.

Conclusion : D'après les résultats de la caractérisation physico-chimique de lixiviats de la décharge publique contrôlée de BBA, nous constatons que cet effluent ne répond pas à la norme de rejet. Par conséquent, il doit être traité avant son rejet dans les milieux naturels pour éviter tous les risques de contamination.

II-2- Les essais de prétraitement :

Afin de déterminer l'efficacité du processus de coagulation-floculation, plusieurs essais ont été effectués sur l'échantillon de lixiviat en mesurant les différents paramètres (MES ; turbidité).et calculer le taux de réduction de la turbidité (TRT) et le taux de réduction de la MES (TRMES).

II-2-1- Etude de l'influence de la concentration du coagulant et des flocculants :

Nous avons testé l'effet du coagulant FeCl₃ et de deux flocculants : jus cactus et l'amidon dans deux milieux différents, basique à pH=8 et acide à pH= 4 à fin de déterminer leurs concentration optimale.

II-2-1-1- Les essais en milieu basique (pH= 8) :**a) Détermination de la concentration optimale de FeCl₃ :**

Pour déterminer la concentration optimale du coagulant, nous avons fait varié la concentration de FeCl₃ de 0,05 à 0,4 g/L et mesuré les MES et la turbidité. Les résultats obtenus sont donnés dans le tableau **II-2**.

Tableau II-2 : Résultats des analyses du lixiviat prétraité par la coagulation on utilisant le FeCl_3 .

FeCl_3 [g/L]	0	0,05	0,1	0,15	0,2	0,25	0,3	0,35	0,4
Turbidité (NTU)	54,7	44,8	43,4	38,9	36,2	21,7	9,95	22,2	23,6
TRT (%)		18,09	20,66	28,88	33,82	60,33	81,80	59,41	56,85
MES (mg/L)	610	243	240	132	130	125	109	128	164
TRMES (%)		60,16	60,65	78,36	78,68	79,50	82,13	79,01	73,11

❖ Discussion des résultats :

D'après les résultats, nous remarquons que l'addition de 0,05 g/L du coagulant a provoqué la diminution de la turbidité de 54,7 à 44,8 NTU et celle des MES de 610 à 243 mg/L. Avec l'augmentation de la concentration du coagulant les valeurs de la turbidité et les MES continuent à diminuer jusqu'à atteindre la valeur 0,3 g/L pour une valeur de la turbidité de 9,95 NTU (TRT= 81,80 %) et MES 109 mg/L (TRMES = 82,13%). En augmentant la concentration du coagulant au-delà de 0,3mg/L on remarque que les valeurs des paramètres mesurés croient avec l'accroissement de la concentration du coagulant. Cela veut dire que la surdose en coagulant provoque la déstabilisation des particules colloïdales ainsi la disponibilité de leurs sites diminue et empêche la formation des ponts inter particulaires [4]. On peut donc dire que la concentration du coagulant 0,3 g/L est la concentration optimale. Ce résultat est confirmé par le tracé de la turbidité et MES en fonction de la concentration de FeCl_3 voir figure II-1et figure II-2 (annexe 2).

b) Détermination de la concentration et volume des flocculants :

Après la détermination de la concentration optimale du coagulant, nous avons poursuivi notre étude afin de déterminer la concentration et le volume optimal en flocculant ainsi que le type de flocculant qui donne le meilleur résultat en terme de diminution de la turbidité pour cela nous avons réalisé une série d'expériences avec différents flocculants naturels (jus cactus et l'amidon) pour chaque essai, nous avons mesuré la turbidité et calculer le TRT(%).

➤ **Essais avec le jus de cactus :**

Après la dilution du jus de cactus à 2 %, nous avons varié le volume de 0,5 ml à 5 ml. Les résultats obtenus sont regroupés dans le tableau **II.3**.

Tableau II-3 : Etude de la floculation avec le jus de cactus

Jus de cactus (ml)	0	0,5	1	1,5	2	2,5	3	4	5
Turbidité(NTU)	60,2	49,3	48,5	48	45,2	48,4	50,3	55	56,4
TRT(%)		18,12	19,43	20,26	24,92	19,60	16,44	8,64	6,31

❖ **Discussion des résultats :**

Le tableau **II-3** regroupe les mesures de la turbidité du lixiviat prétraiter effectués à une température ambiante $T = 28^{\circ}\text{C}$ pour différents volume de floculants, on remarque que l'addition du jus de cactus diminue la turbidité à 24,92%, qui est un taux faible. Ce résultat est confirmé par le tracé de la turbidité en fonction du volume du jus cactus voir figure II-3 (annexe 2).

➤ **Essais avec l'amidon :**

Comme pour les essais précédents, nous avons fait varier les concentrations de l'amidon et mesuré la turbidité et calculer le TRT. Les valeurs sont regroupées dans le tableau ci-dessous.

Tableau II-4 : Etude de la floculation avec l'amidon

Amidon [g/L]	0	0,1	0,2	0,4	0,6	0,8	1	1,2	1,4
Turbidité (NTU)	59,4	58,3	56,2	49,5	44,7	45	53,3	55,8	60,3
TRT(%)		1,85	5,38	16,66	24,74	24,24	10,27	6,06	

❖ **Discussion des résultats :**

D'après les résultats obtenus, nous remarquons qu'il n y a pas eu un grand changement dans les valeurs de la turbidité et que le taux de réduction ne dépasse pas les 24,74%. Ce résultat est confirmé par le tracé de la turbidité et MES en fonction de la concentration de amidon voir figure II-4 (annexe 2).

Conclusion : Pour une milledure efficacité du procédé, les floculants doivent être associés à un coagulant.

c) Essais de coagulation- floculation :

Après avoir déterminé la concentration optimale du coagulant (0,3 g/L), nous avons effectué des essais de coagulation- floculation, les résultats sont regroupés dans les tableaux II-5 et II-6.

Tableau II-5 : Etude de la coagulation-floculation avec FeCl₃ et le jus de cactus.

Jus de cactus (mL)	0	0,5	1	1,5	2	2,5	3	4	6	7
Turbidité (NTU)	60,2	18	16,2	14,7	11,9	14,2	9,57	7,39	10,3	15,6
TRT(%)		70,09	73,09	75,58	80,23	76,41	84,10	87,72	82,89	74,08
MES (mg/L)	615	160	130	122	103	128	70	25	55	50
TRMES (%)		73,98	78,86	80,16	83,25	79,15	88,61	95,93	91,05	91,86

❖ Discussion des résultats :

La combinaison du coagulant FeCl₃ et le jus de cactus a permis d'atteindre des résultats appréciables. En effet, avec l'ajout de 4 ml du jus de cactus, nous avons obtenu un taux de réduction de la turbidité de 87,72% et un taux de réduction de MES de 95,93%, donc 4 ml est le volume optimal du floculant. Ce résultat est confirmé sur le tracé de la courbe de la turbidité et la courbe de MES en fonction du volume de jus cactus voir figure II-5 et figure II-6 voir annexe 2.

Tableau II-6 : Etude de la coagulation-floculation avec FeCl₃ et l'amidon.

Amidon (g/L)	0	0,1	0,2	0,4	0,6	0,8	1	1,2	1,4
Turbidité (NTU)	59,4	12,5	11,7	8,41	7,85	10,6	14,3	17,9	23,2
TRT(%)		78,95	80,30	85,84	86,78	82,15	75,92	69,68	60,94
MES (mg/L)	615	60	31	30	27	90	100	122	155
TRMES (%)		90,24	94,95	95,12	95,60	85,36	83,74	80,16	74,79

❖ **Discussion des résultats :**

Le jumelage FeCl_3 avec l'amidon nous donne de très bons résultats pour les paramètres de la turbidité de 7,85 NTU (TRT 96,78%) et de MES de 27 mg/L (TRMES 95,12 %), pour une concentration en amidon de 0,6 g/L, c'est la valeur optimale. Ce résultat est confirmé sur le tracé de la courbe de la turbidité et la courbe de MES en fonction de la concentration de l'amidon voir figure II-7 et figure II-8 voir annexe 2.

II-2-1-2- Les essais en milieu acide (pH=4) :

Nous avons remarqué qu'à l'ajout de HCl lors de l'ajustement du pH que ce dernier provoque une augmentation de la turbidité initiale de 59,4 à 482 NTU.

a) L'étude de l'influence de la concentration du coagulant :

Pour déterminer la concentration optimale de coagulant, nous avons varié la concentration de ce dernier de 0,8 à 1,8 g/L, et mesuré les MES et la turbidité. Les résultats obtenus sont donnés dans le tableau II-7

Tableau II-7 : Etude de la coagulation avec FeCl_3 .

FeCl_3 [g/L]	0	0,8	1	1,2	1,4	1,6	1,8
Turbidité (NTU)	482	54	47,8	45,9	64,8	194	137
TRT(%)		88,79	90,08	90,47	86,55	59,75	71,57
MES (mg/L)	570	153	55	41	61	198	168
TRMES (%)		73,15	90,35	92,80	89,29	65,26	70,52

❖ **Discussion des résultats :**

Nous observons une diminution significative de la turbidité et MES jusqu'à la concentration 45,9 mg/L, ensuite ils augmentent pour une surdose du coagulant. Ce résultat est confirmé sur le tracé de la courbe de la turbidité et la courbe de MES en fonction de la concentration de l'amidon voir figure II-9 et figure II-10 annexe 2.

b) L'étude de l'influence de concentration et volume des flocculants :

Nous avons réalisé une série d'essais avec différents flocculants, pour chaque essai nous avons mesuré la turbidité et calculer TRT(%).

➤ **Essais avec le jus de cactus :**

Le volume du jus de cactus a été varié de 2 ml à 14 ml avec dilution du jus avant utilisation à 5%. Les résultats obtenus sont donnés dans le tableau II-8.

Tableau II-8 : Etude de la floculation avec le jus de cactus.

Jus de cactus [mL]	0	2	4	6	8	10	12	14
Turbidité (NTU)	482	219	205	213	208	228	304	323
TRT(%)		54,56	57,46	55,80	56,84	52,69	36,92	32,98

❖ **Discussion des résultats :**

On remarque que l'addition du jus de cactus diminue la turbidité, l'ajout de 2 mL du floculant a provoqué la diminution de la turbidité de 482 à 219 NTU avec un TRT 54,56%. Ce résultat est confirmé sur le tracé de la courbe de turbidité en fonction du volume de jus de cactus voir figure II-11 annexe 2.

➤ **Essais avec l'amidon :**

Dans cet essai, nous avons fait varier la concentration de l'amidon de 0,2 à 0,7 g/L, mesuré la turbidité et calculer TRT. Les valeurs sont regroupées dans le tableau ci-dessous.

Tableau II-9 : Etude de la floculation avec l'amidon.

Amidon [g/L]	0	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8
Turbidité (NTU)	482	480	472	462	345	350	359	377
TRT(%)		0,41	2,07	4,14	28,42	27,38	25,51	21,78

❖ **Discussion des résultats :**

Nous observons une petite diminution de la turbidité jusqu'à la concentration optimale de 0,5 g/L (la valeur de la turbidité est de 345 NTU avec une TRT de 28,42%), la turbidité augmente ensuite pour une surdose de l'amidon. Ce résultat est confirmé sur le tracé de la courbe de la turbidité en fonction de la concentration de l'amidon voir figure II-12 annexe 2.

c) **Essais de la coagulation- floculation :**

Après avoir déterminé la concentration optimale des coagulants (1,2 g/L) nous avons effectué des essais de coagulation- floculation avec les floculants : jus de cactus et l'amidon, les résultats sont regroupés dans les tableaux **II-10** et **II-11**.

Tableau II-10 : Etude de la coagulation-floculation avec FeCl₃ et l'amidon

Amidon (g/L)	0	0,2	0,3	0,4	0,5	0,7	0,8
Turbidité (NTU)	445	52	51,6	50,4	48,6	106	110
TRT(%)		88,31	88,40	88,67	89,07	76,17	
MES (mg/L)	570	136	110	128	73	185	190
TRMES (%)		76,14	80,70	77,54	87,19	67,54	

❖ **Discussion des résultats :**

Nous remarquons qu'après l'ajout de différentes doses du floculants que la turbidité a démunie. A la concentration 0,5 g/L la valeur de la turbidité deviennent 48,6 NTU et les MES 73 mg/L. Ce résultat est confirmé sur le tracé de la courbe de la turbidité et la courbe de MES en fonction de concentration de l'amidon voir figure II-15 et figure II-16 voir annexe 2.

Tableau II-11 : Etude de la coagulation-floculation avec FeCl₃ et le jus de cactus

Jus de cactus (ml)	0	2	4	6	8	10	12	14
Turbidité (NTU)	482	55	50,2	46,1	40,4	48,7	56,3	67
TRT(%)		88,58	89,58	90,43	91,61	89,89	88,31	86,09
MES (mg/L)	570	87,62	82,14	73	38,5	58	95	88
TRMES (%)		84,62	85,58	87,19	93,24	89,82	83,33	84,56

❖ **Discussion des résultats :**

On remarque une diminution de la turbidité jusqu'à 40,4 NTU et MES à 38,5 mg/L pour un volume de 8 ml de jus de cactus (TRT 91,61%, TRMES 93,24%). Ce résultat est confirmé sur le tracé de la courbe de la turbidité et la courbe de MES en fonction du volume de jus cactus voir figure II-13 et figure II-14 voir annexe 2.

Conclusion :

Les résultats du milieu acide ne peuvent être exploités vu que la turbidité finale après le prétraitement est supérieure à la turbidité de l'échantillon brute.

Références bibliographiques :

- [1] Agence Nationale des Déchets, (2017). Centre d'Enfouissement Technique (CET) classe II déchets ménagers et assimilés, première édition.
- [2] Laced, N., & Meziani, H. (2013). Caractérisation des lixiviats de la décharge d'Ouled Fayet et leurs traitements par adsorption sur Hydroxyapatite (Doctoral dissertation, UMMTO).
- [3] Rodier.J. , Bazin, C., Broutin, J.-P., Chambon, P., Champsaur H., et Rodi. L. (2005) Analyse de l'eau. - Paris : DUNOD. - édition 8^{eme}.
- [4] Cardot, C. (1999). Les traitements de l'eau. Procédés physico-chimiques et biologiques. Ellipses Edition Marketing SA.

CONCLUSION
GENERALE

CONCLUSION GENERALE

Le CET de Bordj Bou Arreridj reçoit une quantité importante de déchets ménagers et assimilés avec une moyenne journalière de 212 tonnes par jour. Les lixiviats provenant de cette décharge présentent des caractéristiques dépassant les normes de rejets ce qui constitue un danger potentiel pour la faune, la flore et la santé publique. Le traitement des lixiviats avant leur rejet dans l'environnement semble donc nécessaire. Le centre d'enfouissement technique de Bordj Bou Arreridj « BOUMERGUED » contient une station de traitement de lixiviats par osmose inverse qui n'est pas fonctionnelle pour le moment (en cours de réalisation par le Ministère d'Environnement).

Notre travail a eu pour principal objectif l'étude de la faisabilité d'un prétraitement de lixiviats par le procédé de coagulation -floculation avant d'être traité par osmose inverse pour protéger les membranes du colmatage et augmenter leur durée de vie.

Dans ce travail, nous avons utilisé un coagulant FeCl_3 et deux flocculants : l'un est extrait du jus de cactus (figuiers de barbarie) et l'autre c'est l'amidon en vue de leur valorisation comme processus naturel.

Dans un milieu basique à $\text{pH} = 8$, nous avons obtenu les résultats suivants :

- Pour une concentration de 0,3 g/L du coagulant seul (FeCl_3), le taux de réduction de la turbidité (TRT) était 81,80% et celui des MES (TRMES) 82,13%.
- Lors du mélange de 0,3 g/L de FeCl_3 avec un volume de 5 mL du jus de cactus nous avons obtenu un TRT de l'ordre de 88 % et un taux de réduction de MES de l'ordre de 96 %.
- A l'addition de 0,3 g/L de FeCl_3 et 0,6 g/L de l'amidon, nous avons obtenu une réduction de la turbidité de 86,78% et une réduction de MES de 95,60%.

L'utilisation de FeCl_3 comme coagulant avec le jus de cactus ou l'amidon comme flocculants naturels donne de très bons résultats en milieu basique qui est un milieu proche du pH initial du lixiviat.

Conclusion générale

En perspective, il est intéressant de tester le procédé en amont du traitement membranaire (osmose inverse) afin de protéger les membranes du colmatage et augmenter leur durée de vie.

ANNEXE

Annexe 1 :

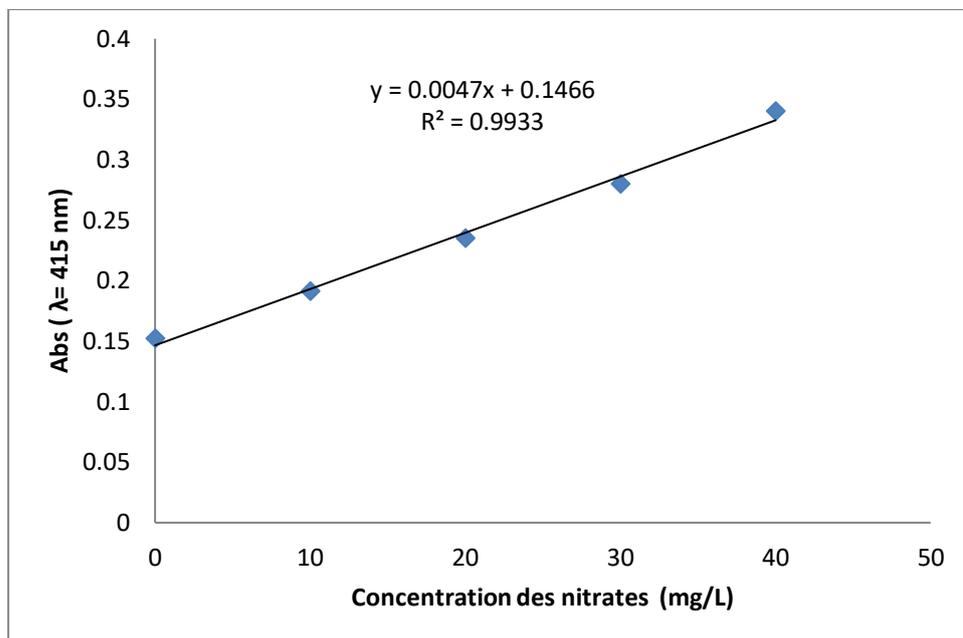


Figure I-1 : Courbe d'étalonnage des nitrates.

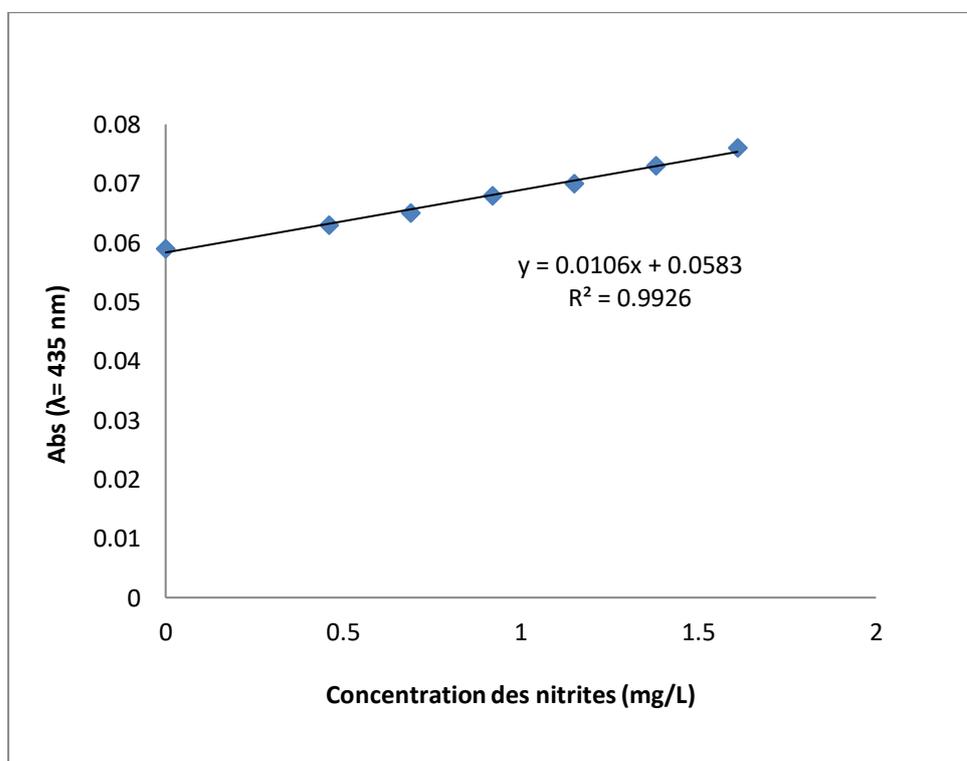


Figure I-2 : Courbe d'étalonnage des nitrites.

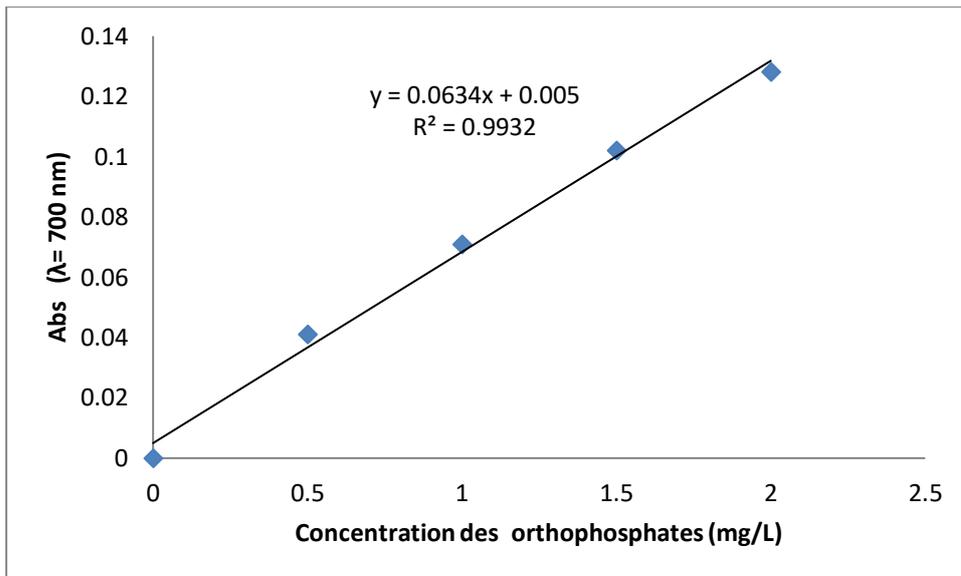


Figure I-3 : Courbe d'étalonnage des Orthophosphates.

Annexe 2 :

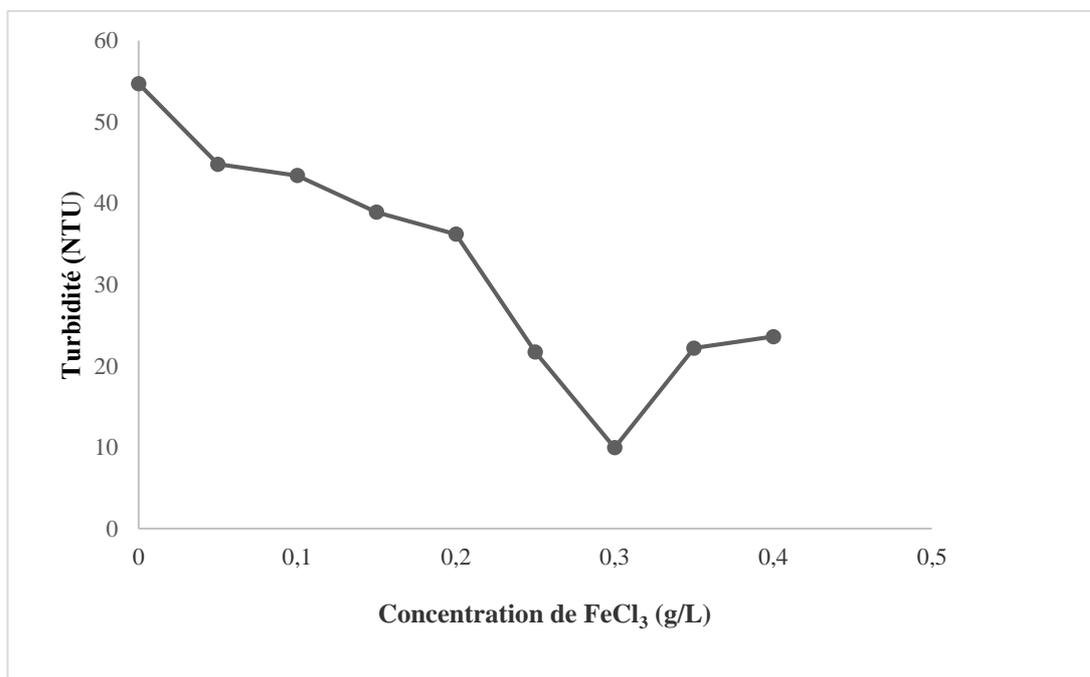


Figure II.1: Variation de la turbidité en fonction de la concentration de FeCl₃ à pH =8 et T=27° C.

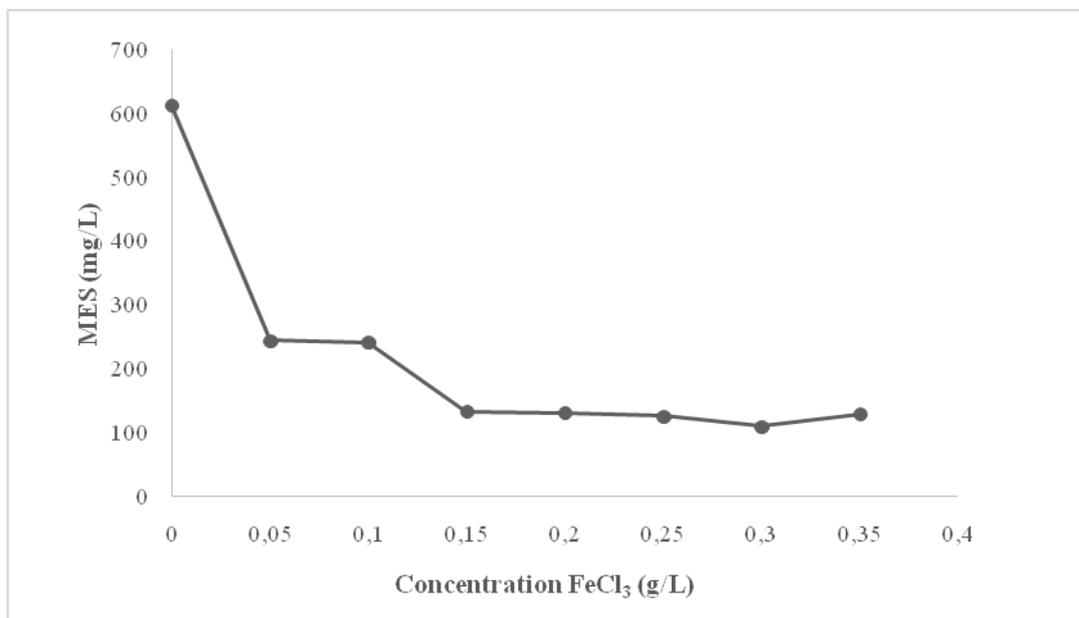


Figure II.2 : Variation de MES en fonction de la concentration de FeCl₃ à pH=8 et T=27° C

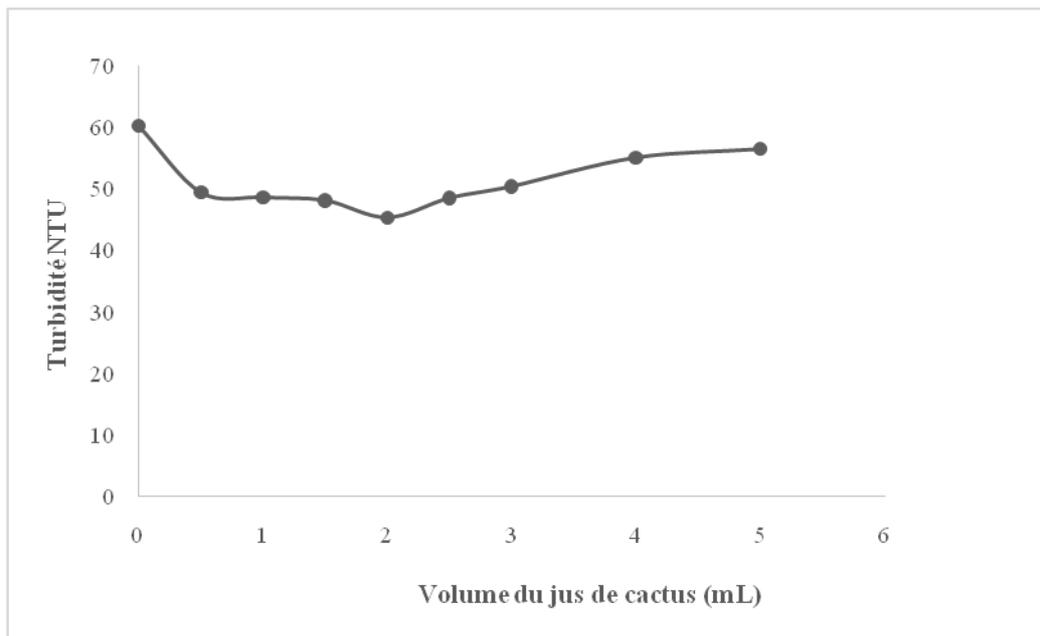


Figure III.3 : Variation de la turbidité en fonction du volume du jus de cactus à pH=8 et T=27° C

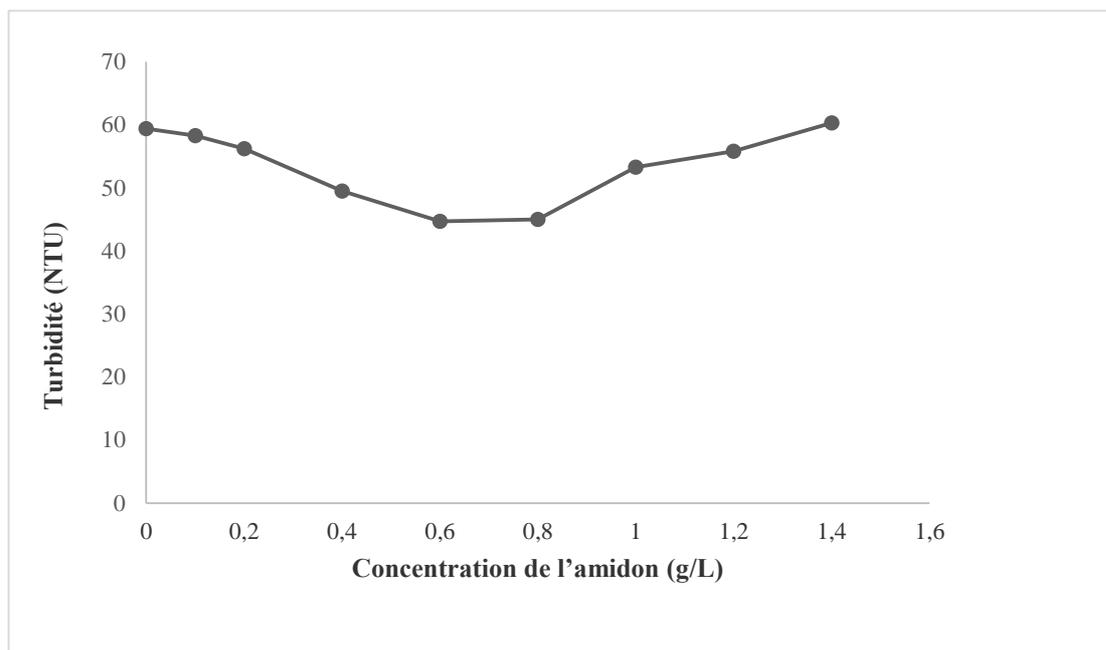


Figure II.4 : Variation de la turbidité en fonction de la concentration de l'amidon à pH=8 et T=27°C

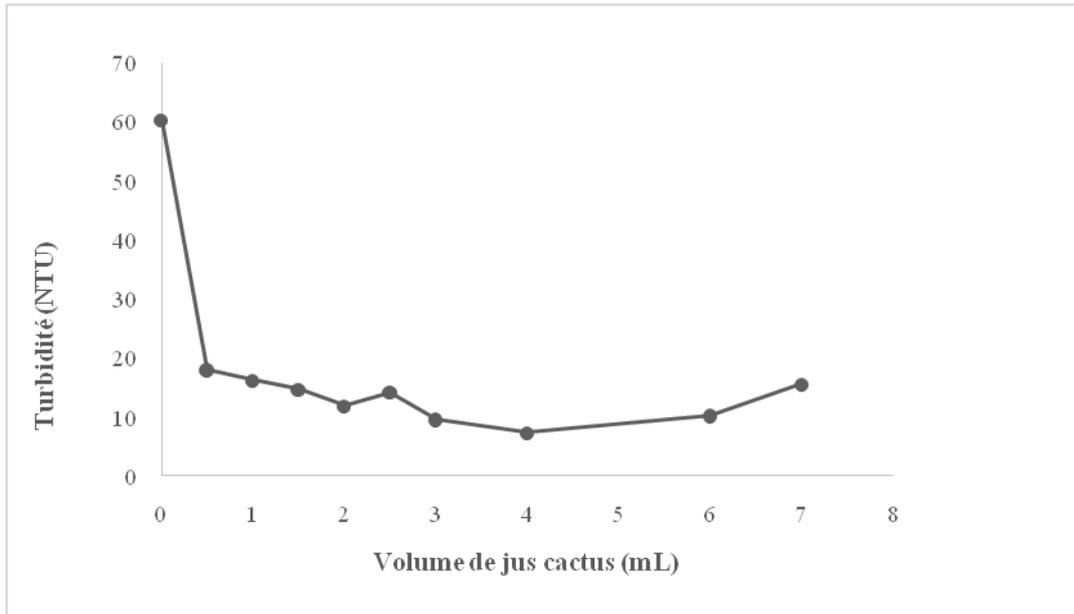


Figure 5 : variation de la turbidité en fonction du volume de jus cactus à pH=8 et T=27°C

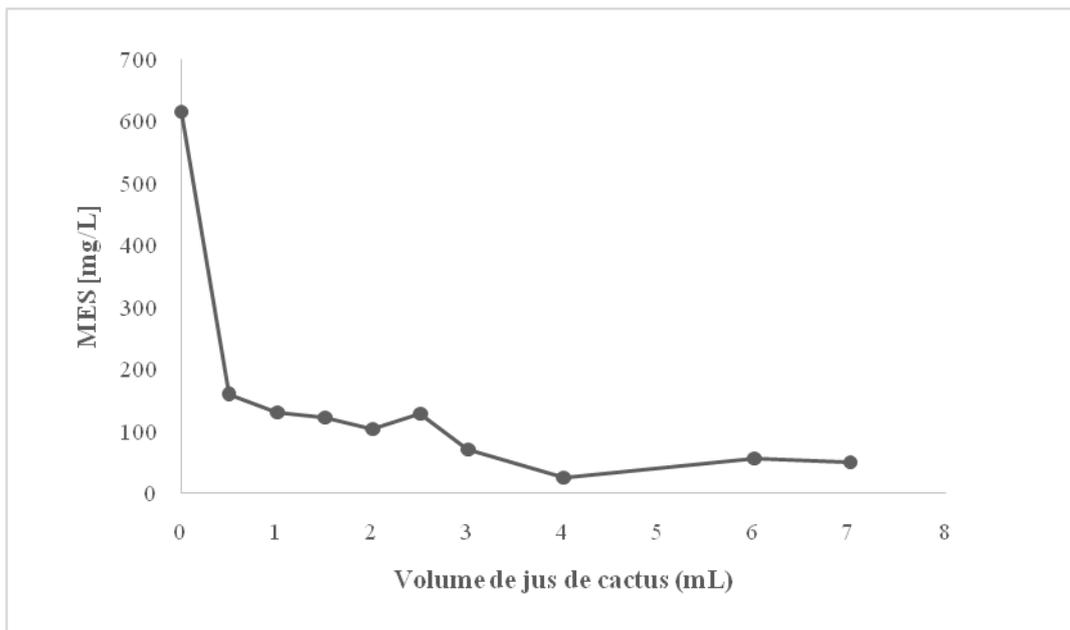


Figure II.6 : Variation de MES en fonction du volume du jus de cactus à pH=8 et T =27°C

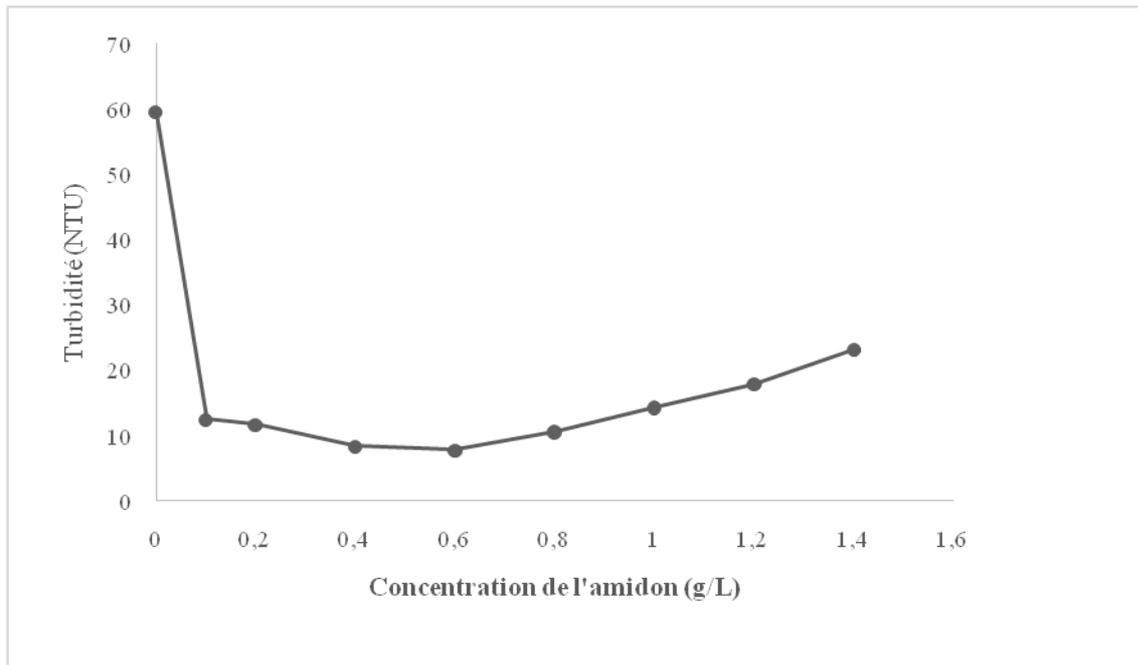


Figure II.7 : Variation de la turbidité en fonction de la concentration de l'amidon à pH=8 et T=27°C

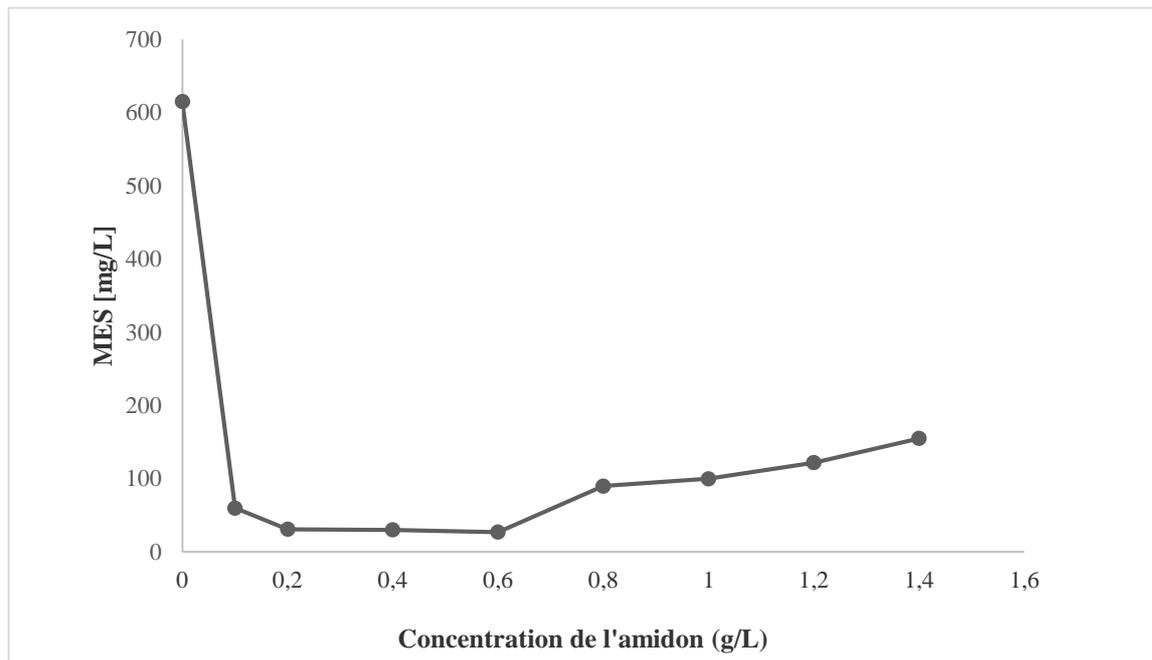


Figure II.8 : Variation de MES en fonction de la concentration de l'amidon à pH=8 et T=27°C

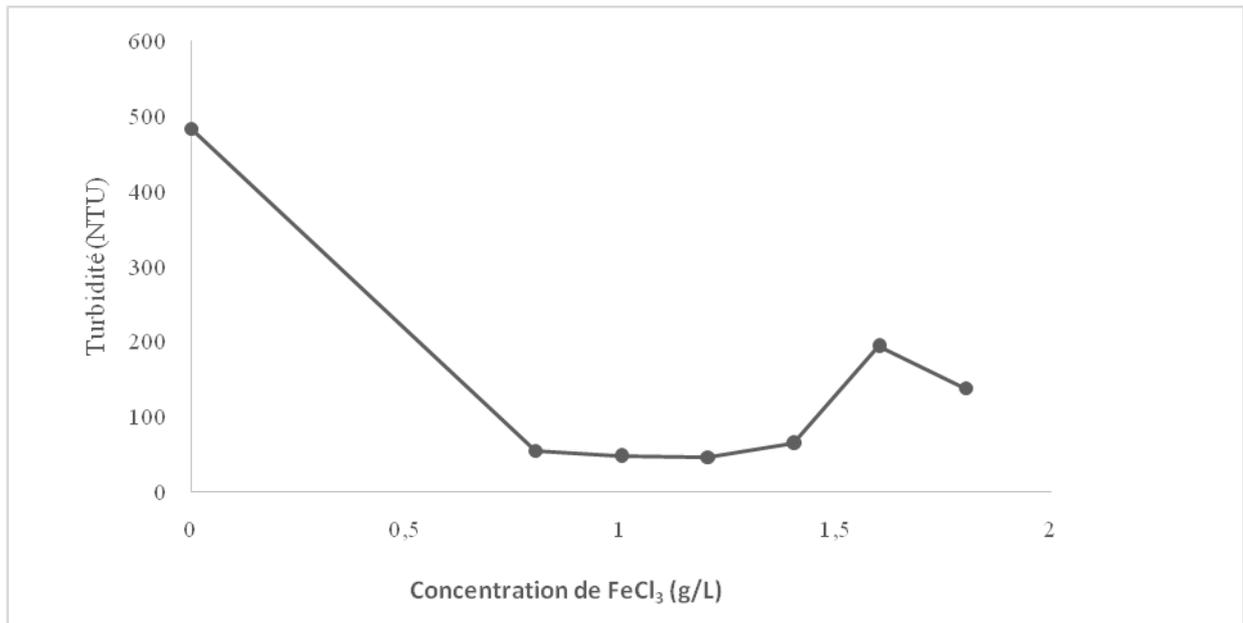


Figure II.9 : Variation de la turbidité en fonction de la concentration de FeCl₃ à pH=4 et T=30°C

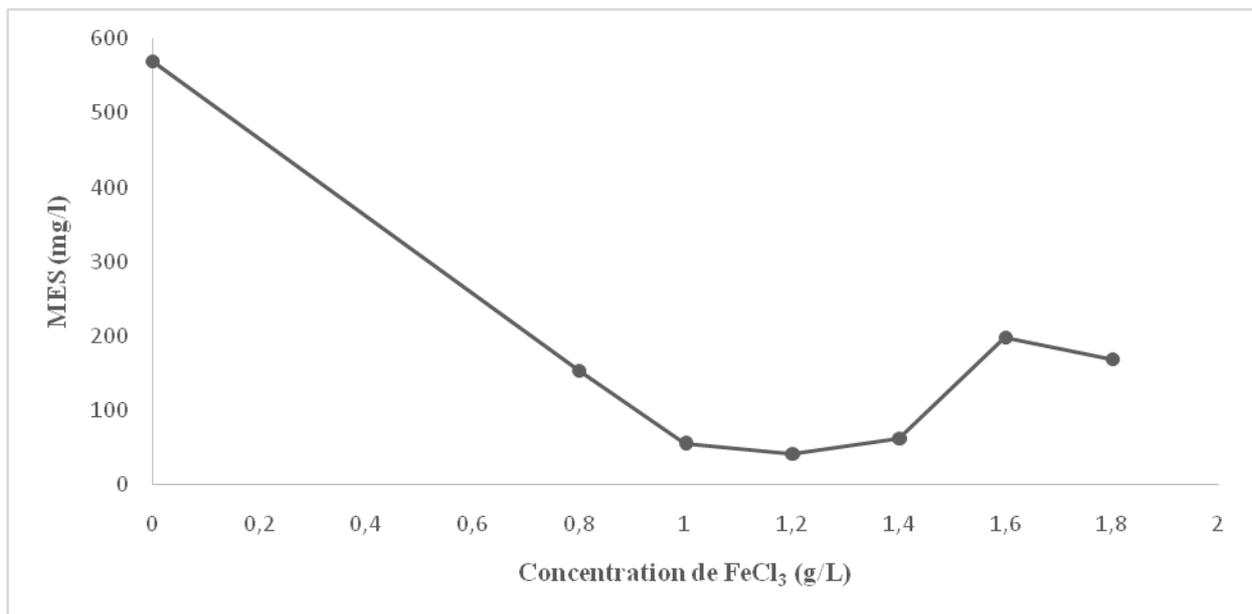


Figure II.10 : Variation de MES en fonction de la concentration de FeCl₃ à pH=4 et T=30°C

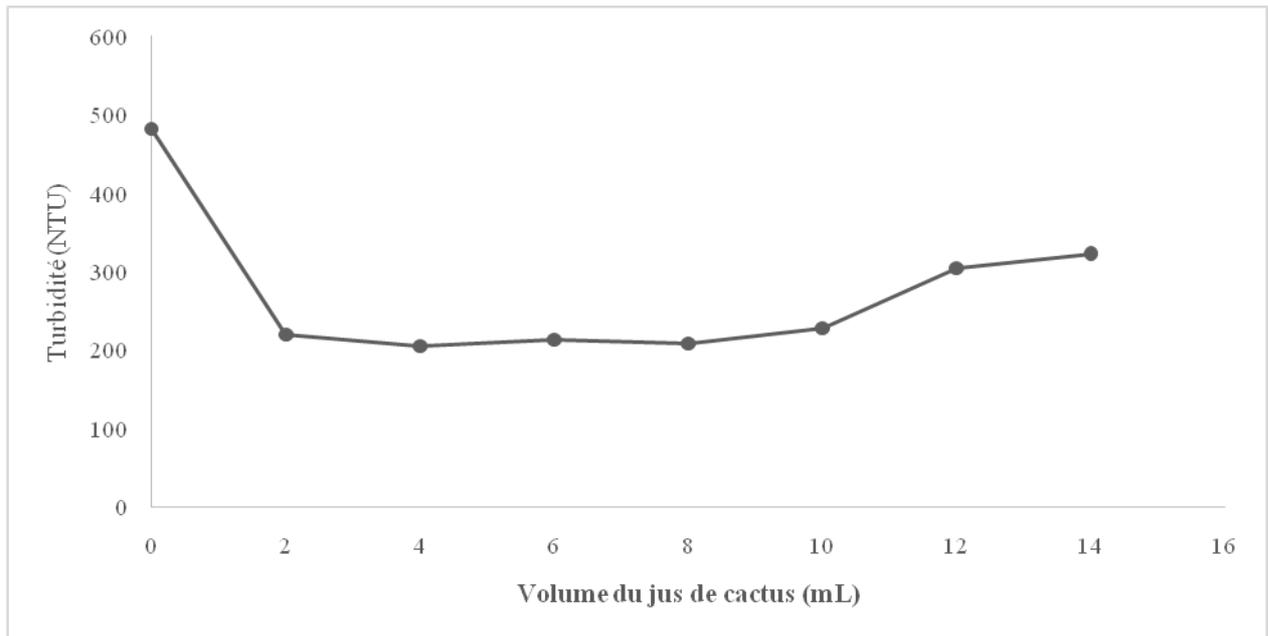


Figure II.11 : Variation de la turbidité en fonction du volume du jus de cactus à pH=4 et T=30°C

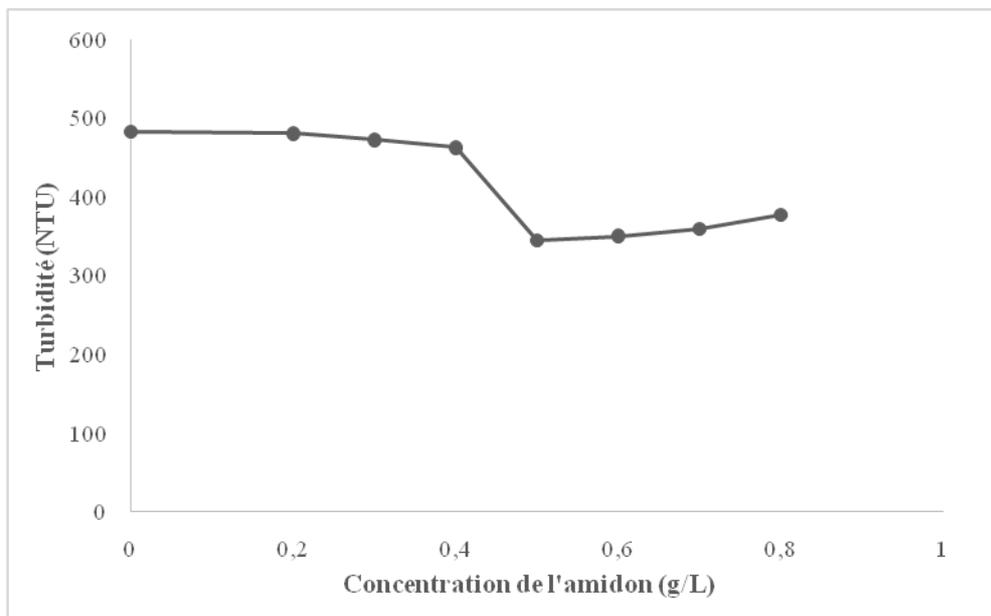


Figure II.12 : Variation de la turbidité en fonction de la concentration de l'amidon à pH=4 et T=30°C

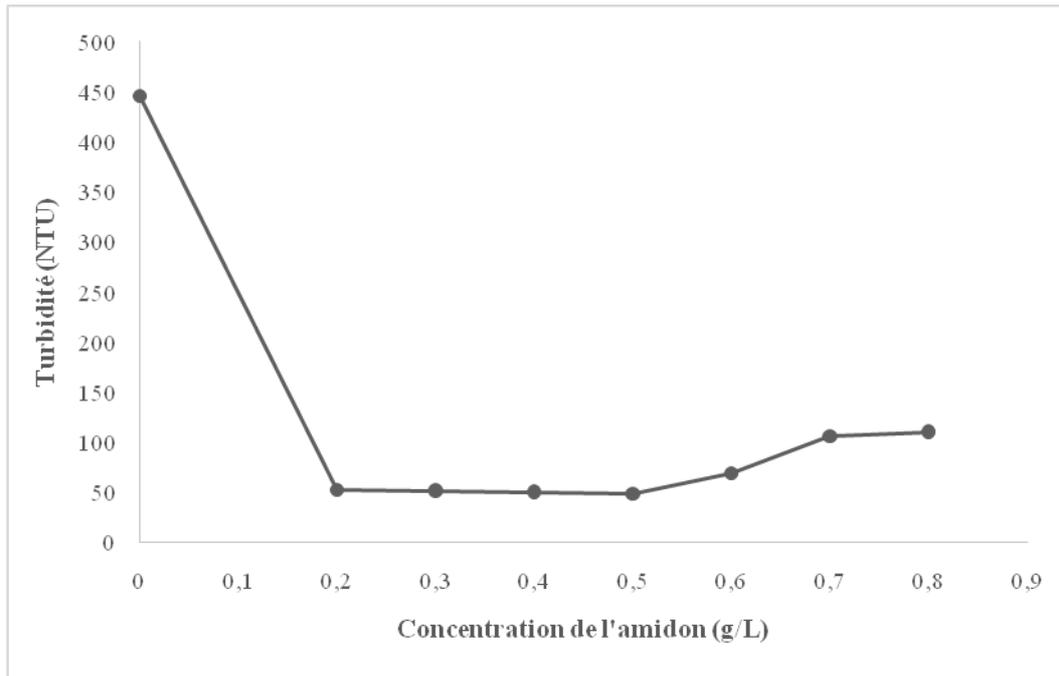


Figure II.13 : Variation de la turbidité en fonction de la concentration de l'amidon à pH=4 et T=30°C

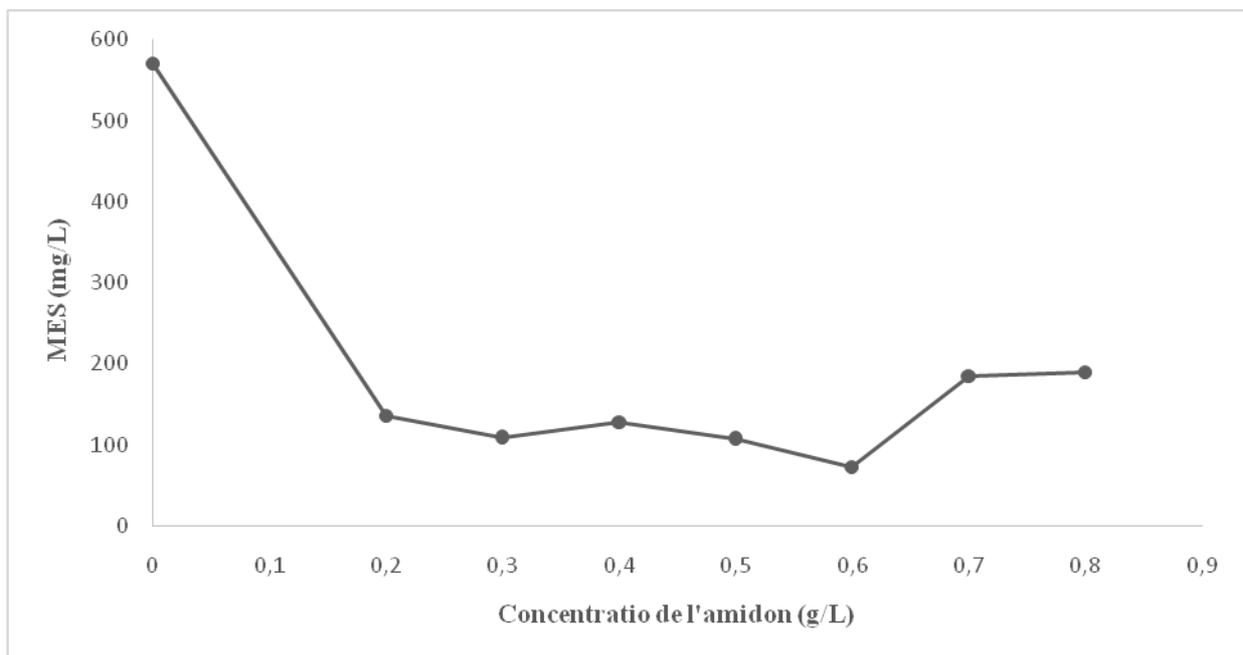


Figure II.14 : Variation de MES en fonction de la concentration de l'amidon à pH=4 et T=30°C

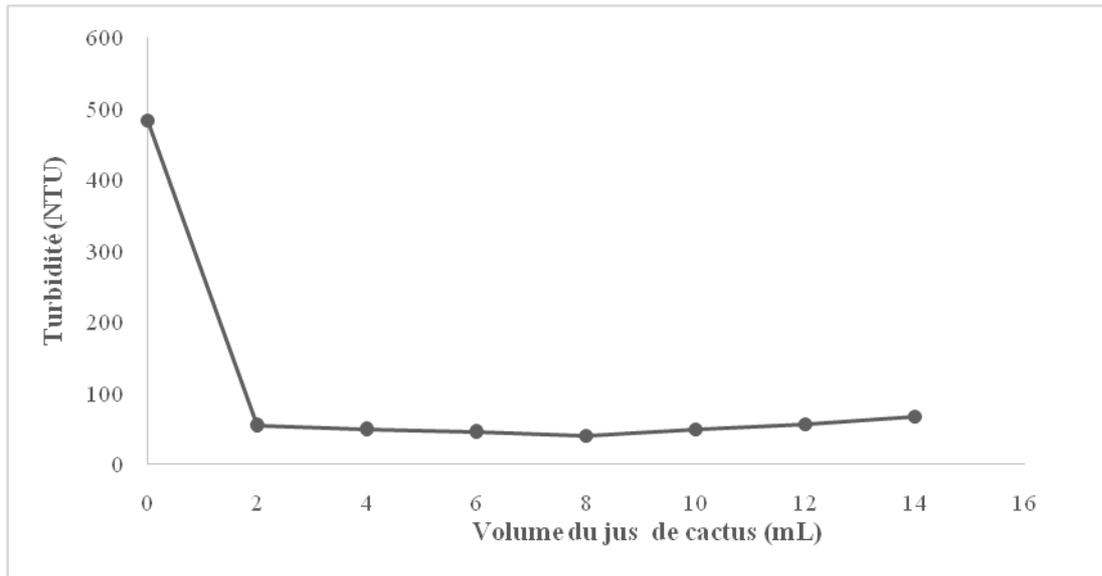


Figure II.15 : Variation de la turbidité en fonction du volume du jus de cactus à pH=4 et T=30°C

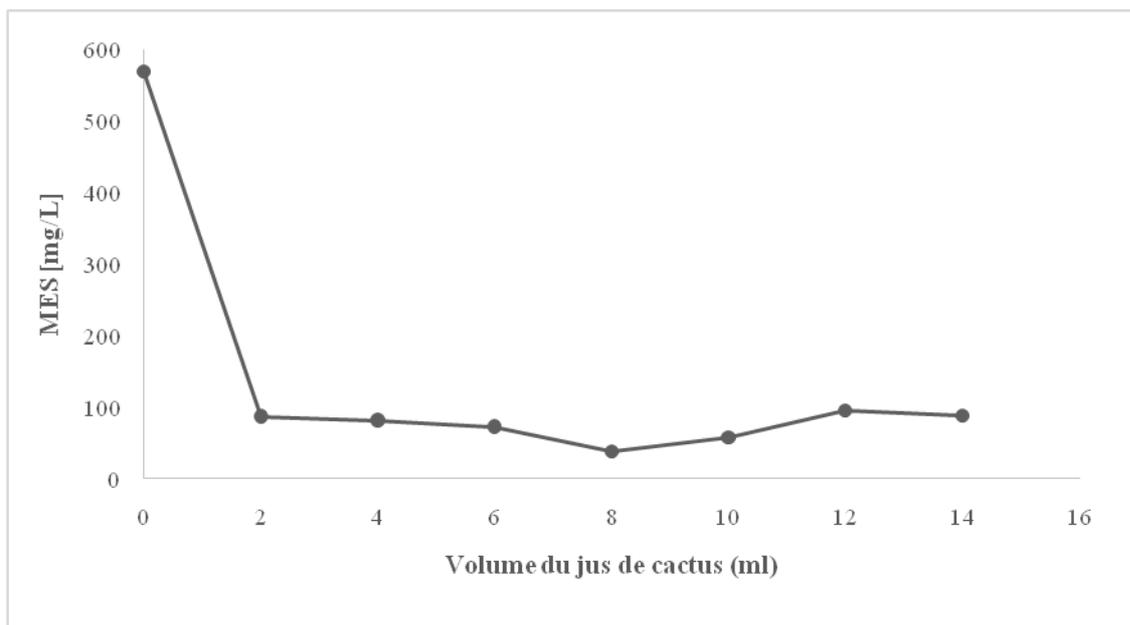


Figure II.16 : Variation de MES en fonction du volume du jus de cactus à pH=4 et T=30°C

الملخص

وفقاً للأدبيات، فإن معالجة السوائل المرشحة بالتناضح العكسي تعطي نتائج جيدة جداً. ومع ذلك، فإن فعاليتها محدودة بسبب تلوث الأغشية. من أجل تقليل قوة انسداد المواد المرشحة من مدافن النفايات، يتم فحص التخثر والتلبد في هذا العمل كعلاج مسبق لعملية التناضح العكسي.

وفقاً للنتائج التي تم الحصول عليها، في وسط أساسي (درجة الحموضة = 8)، أثبتت عملية تخثر التلبد فعاليتها في المعالجة المسبقة للرشح مع إضافة 0.3 غرام/لتر من ثلاثي كلوريد الحديد وحجم 5 مل من عصير الصبار، حصلنا على معدل تقليل العكارة 88% ومعدل تقليل المواد العالقة بحوالي 96%.

كلمات البحث: العصارة، المعالجة المسبقة، التخثر والتلبد، معدل تقلل العكارة، معدل تقليل المواد العالقة

Résumé :

D'après la littérature, le traitement de lixiviats par osmose inverse donne de très bons résultats. Cependant, son efficacité est limitée par l'encrassement de la membrane. Afin de réduire le fort pouvoir colmatant des lixiviats de décharge, la coagulation-floculation est examinée dans ce travail comme prétraitement au procédé membranaire.

D'après les résultats obtenus, dans un milieu basique (pH=8), le procédé de coagulation floculation a démontré son efficacité dans le prétraitement des lixiviats, avec l'ajout de 0,3 g/L de $FeCl_3$ et un volume de 5 mL du jus de cactus, nous avons obtenu un TRT de l'ordre de 88 % et un taux de réduction de MES de l'ordre de 96 %.

Mots-clés : Lixiviat, prétraitement, coagulation-floculation, TRT, TRMES.

Abstract:

According to the literature, the treatment of leachates by reverse osmosis gives very good results. However, its efficiency is limited by membrane fouling. In order to reduce the strong clogging power of landfill leachates, coagulation-flocculation is examined in this work as a pretreatment to the membrane process.

According to the results obtained, in a basic medium (pH=8), the flocculation coagulation process demonstrated its effectiveness in the pretreatment of leachates, with the addition of 0,3 g/L of $FeCl_3$ and a volume of 5 mL of cactus juice, we obtained a TRT of around 88% and a SS reduction rate of around 96%.

Keywords : Leachate, pretreatment, coagulation-flocculation, TRT, TRMES.