

**République Algérienne Démocratique et Populaire**  
**Ministère de l'enseignement supérieur et de la recherche scientifique**  
**Université Dr Moulay Tahar de Saida**



**Faculté des sciences**  
**Département de : chimie**  
**Mémoire de : licence**  
**Filière : Génie de procédé**  
**Spécialité : Gestion et valorisation des déchets**

### **Thème**

**Etude de l'efficacité du chitosane/ bentonite comme  
adjuvants de coagulation-floculation pour le traitement  
des lixiviats de la décharge de Saida**

**Présenté par : Bencherif Yassine**  
**: Kerkeb Nasereddine**

**Soutenu le : 15/06/2014**

### **Devant le jury composé de :**

Présidente Mme Zaoui.F de conférences-A Univ. Saida  
Examineur Mr Aimer.Y Maitre assistant A Univ. Saida  
Examineur Mme Belarbi.O Maitre assistant A Univ. Saida  
Encadreur M<sup>elle</sup> Choumane.F.Z Maitre assistant A Univ. Saida

# Remerciements

---

Ce travail a été réalisé au sein du laboratoire de Chimie de l'Université Dr Tahar Moulay de Saida. Il a été dirigé par M<sup>elle</sup> Fatima Zohra CHOUMANE, Maître assistante, classe A à l'université de Saida.

Nous témoignons à notre encadreur notre profonde reconnaissance pour la volonté avec laquelle elle a suivi et guidé notre travail, pour son aide inestimable, pour ses explications et ses précieux conseils.

Nous adressons nos remerciements aux responsables du laboratoire pour avoir mis à notre disposition les produits chimiques et les matériels.

Notre reconnaissance s'adressent aux membres de jury pour l'honneur qu'ils nous ont fait en jugeant ce travail.

Enfin, nous exprimons notre respect à tous les enseignants de département de chimie.

# Sommaire

---

Introduction générale	1
<b>Première partie</b>	
Recherche bibliographique	
Problématique.....	3
I. Définition du terme "déchet	3
I.1. Classification .....	4
II. Les déchets solides urbains en Algérie .....	4
II-1.Quantité des déchets urbains produits en Algérie .....	4
II-2. Composition physico-chimique des déchets urbains.....	5
II-3. Composition des déchets ménagers et assimilés.....	7
II-4. Elimination des déchets urbains en Algérie .....	8
II -5. Enfouissement technique des ordures ménagères.....	8
II.-5.1. Réglementations : Vers une politique globale des déchets .....	8
II-6. Nombre de site en Algérie .....	9
II-6-1. Types de centre d'enfouissement technique CET .....	9
II-7.Conception d'un centre d'enfouissement technique (CET)....	10
II-8. Fonctionnement du Centre d'enfouissement technique de Saïda (zone d'étude) ...	11
III. Flux polluant générés par le stockage des déchets .....	12
III-1. Les lixiviats.....	12
III-2. Impact des lixiviats .....	13
IV. Gestion et traitement des déchets.....	13
IV. 1.Les principaux procédés.....	14
IV.2. Choix d'une filière de traitement.....	15
IV.3. Coagulation-Floculation.....	15
IV.4. Le choix des adjuvants de coagulation-floculation.....	20
<b>Deuxième partie</b>	
Caractérisation et traitement des lixiviats	26
Introduction.....	26
I.1. Le sites de collecte.....	27
II. Matériels et méthodes.....	28
II.1. Prélèvements des lixiviats.....	28

II-2. Caractérisation des lixiviats.....	28
II- 3. Méthodes d’analyses physico-chimiques.....	29
II.4. Normes de rejets des effluents .....	29
II. 5. Caractéristiques physiques.....	30
II. 6. Paramètres chimiques.....	31
II. 7. Paramètres organiques.....	38
III. Résultats et interprétations.....	39
IV. Traitement des lixiviats.....	42
IV.1. La coagulation-floculation.....	43
IV.2. Méthodologie d’étude .....	43
IV.3. essais de coagulation-floculation.....	43
IV.3.1. Protocole expérimental.....	43
IV.3.2. Taux de la turbidité.....	48
IV.3. 3.L’ajout des flocculants.....	50
IV.3.4. Resultats et discussions.....	51
V.Etude de la performance du chitosane et bentonite comme agent coagulant/floculant	57
Conclusion générale.....	60
Références bibliographiques	62
Annexe	

première partie

## *Introduction générale*

L'Algérie est un pays en voie de développement dont le désir politique formulé et affiché depuis Juin 2001, est de connaître un développement durable. Ceci s'est manifesté par la création du Ministère de l'Environnement et de l'Aménagement du Territoire, dont les missions sont exclusivement consacrées à la protection de l'environnement et l'aménagement durable du territoire. Le recours à des investissements nationaux et internationaux permettra au pays de conforter ses choix en matière de développement durable, de transfert de technologie propre et d'amélioration du cadre de vie des citoyens. Une stratégie nationale en matière d'environnement et plus particulièrement de gestion des déchets solides permettra l'amélioration de l'hygiène du milieu et sa protection.

La gestion des déchets solides représente l'un des défis les plus importants des sociétés urbaines et industrielles. Si l'enfouissement sanitaire des déchets solides produits par les centres urbains et par les industries est une pratique courante et technologiquement maîtrisée à coté d'autres pratiques de valorisation matière et énergie dans les pays industrialisés, elle est dans les pays en développement la solution par défaut pratiquée sans aucune considération pour l'environnement.

De grandes quantités de déchets sont encore enfouies de façon inadéquate, dans des décharges incontrôlée. Malgré les efforts fournis et la création de centres de stockage des déchets calqués sur les modèles internationaux qui fonctionnent très mal, ces amas de déchets constituent encore des sources de pollution aggravée du fait de leur concentration : production de lixiviat mal drainé et non traité, production de biogaz non récupéré, impacts visuels et olfactifs, risques des populations avoisinantes etc.

Les déchets ainsi déversés ne sont que très rarement totalement inertes et de nombreuses réactions physico-chimiques et biologiques interviennent à la fois entre le déchet et le milieu dans lequel il se trouve (roches, sol, nappes, eaux de percolation), mais également au sein même des déchets d'origines diverses. L'évolution des déchets en décharge et leurs interactions avec le milieu extérieur conduisent à la dispersion de flux polluants, essentiellement à travers l'émergence de lixiviats qui résultent de la mise en solution par voies physico-chimique et biologiques, des éléments polluants dans les eaux de percolations.

De ce fait on comprend aisément que les eaux pluviales qui pénètrent dans le dépôt vont participer aux réactions physico-chimiques (dissolutions, précipitations) et biologiques qui s'y déroulent. Les lixiviats qui sortent de la décharge vont donc être contaminés par les divers produits, métabolites, et polluants contenus dans la phase liquide présente dans ce bioréacteur que constitue la décharge. On en déduit que les propriétés des lixiviats vont évoluer au cours du temps, au fur et à mesure que la décharge vieillit. La composition du lixiviat est, en quelque sorte, une photographie instantanée de l'état d'évolution du dépôt. Or ces lixiviats doivent dorénavant répondre à des normes de rejet contraignantes, et doivent de ce fait être traités.

L'objectif de ce travail est de caractériser la charge polluante de des lixiviats et d'autre part le but vise à évaluer les performances de plusieurs flocculants (organiques et minéraux) pour obtenir un abattement très significatif de la charge organique du lixiviat en fonction des paramètres opératoires, avec l'étude de l'effet combiné du chitosane-bentonite sur l'efficacité du traitement. Chacun de ces flocculants possède un comportement spécifique vis-à-vis de ces lixiviats. L'influence du traitement par coagulation-floculation sur les performances d'épuration a également été examinée, cette étude constitue une étape préliminaire au traitement de ces lixiviats.

Le plan du présent travail comporte une partie introductive permettant une mise en contexte, une synthèse bibliographique pour situer la problématique et récapituler l'état des déchets en Algérie, une description succincte des méthodes expérimentales utilisées dans la présente étude, une présentation des résultats avec une description et une discussion et finalement une récapitulation des principales conclusions issues de ce travail.

## **Problématique**

Le problème de la croissance urbaine des villes, en raison des changements profonds dans la vie de l'homme contemporain, touche à presque tous les domaines des activités humaines et devient progressivement le thème d'étude de nombreuses disciplines. Dans un contexte de timide relance de l'activité économique, les actions des industries fortement polluantes en Algérie restent limitées, la prévention de l'environnement dépendra des actions à mener à l'avenir et qui doivent être prévues et décidées aujourd'hui.

De nos jours, il est universellement admis qu'aucun développement économique n'est possible sans une gestion rationnelle de l'environnement. Depuis la conférence de Stockholm sur « l'environnement humain » réunie en 1972, le concept de développement durable ou "viable" s'est peu à peu dégagé, affiné, puis imposé sur le plan international, les questions liées à l'environnement constituent déjà les enjeux du 21<sup>e</sup> siècle.

A ce jour, l'Algérie n'a pas encore réussi à concilier développement et prévention du milieu, les problèmes d'environnement auxquels est confronté notre pays sont liés à son niveau de développement économique et social. L'industrialisation rapide qui a caractérisé les deux décennies de l'indépendance est à l'origine de graves déséquilibres écologiques compromettant ainsi la qualité de la vie. En outre, l'absence de croissance économique réelle et durable est la cause de la dégradation accélérée des écosystèmes, fragilisée par une exploitation et une gestion irrationnelle.

Un déchet est encore considéré dans la majorité des cas comme un sous-produit de l'activité économique. L'évolution des mentalités le pousse de plus en plus à un autre usage, une "seconde vie" par valorisation, recyclage de la matière, compostage des déchets organiques ou production de l'énergie. Sans oublier que les déchets représentent un danger pour l'environnement et la santé publique.

### **I. Définition du terme "déchet" [1]**

L'article 3 de la Loi du 12 décembre 2001 relative à la gestion, au contrôle et à l'élimination des déchets, définit un déchet comme- tout résidu d'un processus de production, de transformation ou d'utilisation. Et plus généralement toute substance, ou produit et tout bien meuble dont le propriétaire ou le détenteur se défait, projette de se défaire, ou dont il a l'obligation de se défaire ou de l'éliminer.

Et au sens de la présente loi, on entend par :

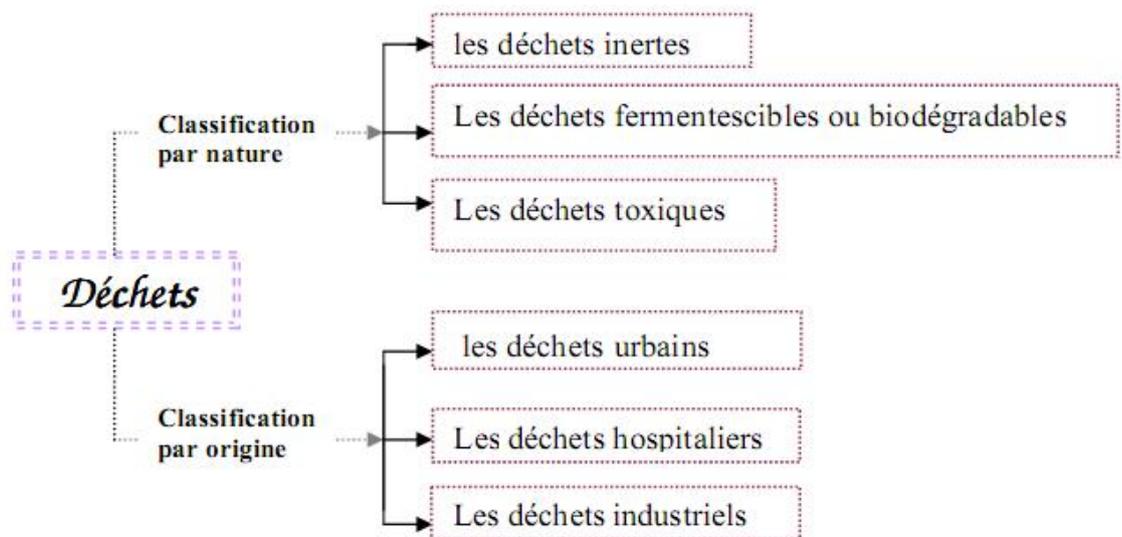
*Déchets ménagers et assimilés* : tous déchets issus de ménages ainsi que les déchets similaires provenant des activités industrielles commerciales, artisanales et autres qui, par leur nature et leur composition, sont assimilables aux déchets ménagers.

### I.1. Classification

La loi algérienne relative à la gestion, au contrôle et à l'élimination des déchets, donne la classification suivante des déchets (Article, 5):

- *Les déchets spéciaux* y compris les déchets spéciaux dangereux;
- *Les déchets ménagers et assimilés*;
- *Les déchets inertes*.

La classification des déchets peut être faite de différentes façons, selon que l'on base sur certaines caractéristiques, ou sur les différents secteurs d'activités ou de production On peut distinguer :



**Figure I.1.** Organigramme de classification des déchets

## II. Les déchets solides urbains en Algérie

### II. 1. Quantité des déchets urbains produits en Algérie

La connaissance de la production d'ordures ménagères est essentielle dans la planification d'un système de gestion. La quantité produite par collectivité est variable en fonction de plusieurs éléments [1] ; elle dépend essentiellement, du niveau de vie de la population, de la saison, du mode de vie des habitants, du mouvement des populations pendant la période des vacances, les fins de semaines et les jours fériés, du climat.

Elle peut être exprimée en poids ou en volume, seul le poids constitue une donnée précise et facilement mesurable.

## II.2.Composition physico-chimique des déchets urbains

La connaissance de la composition des déchets est indispensable pour leur gestion. Elle permet de choisir et de dimensionner correctement les outils de collecte, de traitement et d'élimination, et aussi la récupération de matériaux recyclable : papier, cartons, verres, plastique etc....

Deux études locales ont également évalué la composition physique moyenne des ordures ménagères à Alger [2,3] (Tableau I.1). Les déchets sont répartis selon des catégories spécifiques comme les plastiques, papiers, cartons, textiles, verres, métaux, etc....

Les variations de composition peuvent provenir de la méthode même d'évaluation de la production des déchets : évaluation au sein de foyers [4], ou évaluation à l'année sur le site de regroupement, de transfert ou de traitement [5], dans ce cas il faut tenir compte du secteur informel, qui recycle une partie des déchets produits.

Pour Alger la production journalière des ordures ménagères et assimilées est de l'ordre de 2025 T/J, et l'estimation de la quantité totale des ordures en 2005 est égale à 1.919.6 T/J, pour les ordures ménagères et 2.531.2 T/J pour les déchets [2].

**Tableau I.1.** : Composition des ordures ménagères à Alger.

<b>Catégories de déchets</b>	<b>KITTELBERGER (1995) %</b>	<b>PNUE (2004) %</b>
<b>Papier – Cartons</b>	11,5	12
<b>Plastiques</b>	7,3	7
<b>Verres</b>	0,8	nd
<b>Métaux</b>	0,2	1
<b>Textiles</b>	2,3	nd
<b>Matières organiques</b>	66,6	67
<b>Autres</b>	10,3	13

Les principaux composants ou catégories de déchets ménagers sont : la matière organique, le papier / carton, les matières plastiques. Les autres composants (verre, métaux) jouent un rôle insignifiant dans la gestion des ordures ménagères à Alger.

Le développement de l'industrie alimentaire et de l'emballage a modifié sensiblement la composition des ordures ménagères ainsi que les habitudes de consommation en Algérie en général et de l'algérien en particulier. Des campagnes d'échantillonnage ont été réalisées au niveau de certaines villes algérienne en 1992 au niveau de la ville d'Oran [6] et à Ghardaia , Chlef et Bourdj Bouraridj en 2006 [7] dont les résultats sont résumés dans le (Tableau I.2) Ci-dessous.

**Tableau I.2.** Composition des ordures ménagères dans des villes algériennes.

Catégories de déchets	Chlef Commune (Ténès) %	Bourdi Bouraridj Commune (El Achir) %	Ghardaia Commune (Berriene) %	Oran %
Papier – Cartons	4	15,5	8,3	16
Plastiques	12	9	20	2,5
Verres	2	-	-	-
Textiles	8	2,2	-	-
Métaux	02	12,2	13,3	2,5
Matières organiques	72	61	58,3	69
Autres	-	-	-	10
<b>Σ %</b>	100	100	100	100

La matière organique est toujours le principal composant des déchets, présente plus des 2/3 de la masse des déchets au niveau des différentes villes cités.

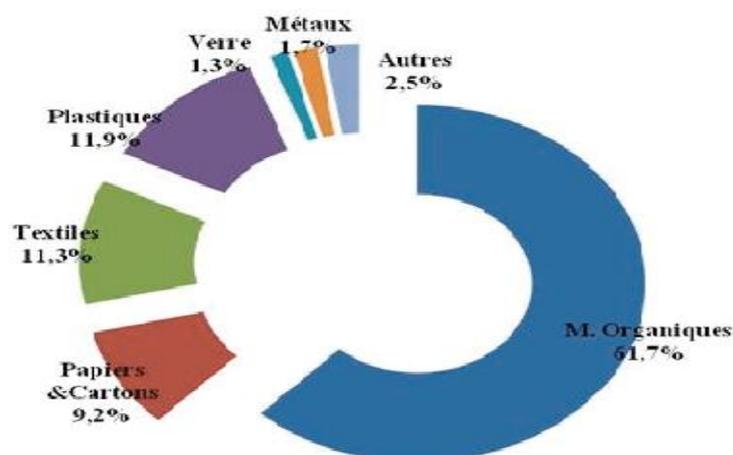
La fraction fermentescible des déchets est toujours dominante dans les pays du Maghreb, elle dépasse les 60% en Tunisie et au Maroc. La part des papiers - cartons et plastique est aussi significative, elle reflète le nouveau mode de consommation des différents pays. La fraction fermentescible à Nouakchott est valorisée comme aliment de bétail au sein même des ménages [4] d'où la divergence des résultats obtenus.

**Tableau I.3.** Composition des ordures ménagères dans des villes du Maghreb [8]

Pays	Fraction organique Putrescibles	Papiers cartons	Plastiques	Fraction inertes fines
Algérie	67-89	7-9	2-3	0,2-23
Libye	42-48	16-19	2	3
Maroc	50-70	5-20	2-8	5-20
Mauritanie	4,6	3	17	44,5
Tunisie	37-81	1-23	1-16	0-2

### II.3.Composition des déchets ménagers et assimilés

Malgré l'étendue du territoire et les spécificités culturelles et culinaires des régions, les fermentescibles (matières organiques) représentent la fraction la plus importante (plus de 60%) sur l'ensemble des sites (Figure I.2). Une légère différence est néanmoins constatée entre le Nord (zone humide) et le sud (zone aride) à cause des interactions entre climat et régime alimentaire. On trouve très peu de métaux et de ferrailles. Ces derniers sont récupérés à la source. La proportion des déchets d'emballages (plastiques, papiers et carton) et les textiles est presque comparable (plus de 30%). Leur progression est de plus en plus perceptible dans toutes les régions [9].

**Figure. I.2.** Composition des Déchets Ménagers et Assimilés (DMA) – Algérie

## **II.4. Elimination des déchets urbains en Algérie**

L'expérience Algérienne en matière de traitements et d'élimination des déchets reste en fait très limitée, alors que le volume de déchets ne cesse d'augmenter, sous la double pression de la croissance économique et du développement des infrastructures. Quelques wilayas dont celles d'Alger et Biskra, disposent de nouvelles décharges contrôlées (Ouled Fayet et El Outaya). En matière de valorisation, l'unité de compostage à Gué de Constantine réalisée par la ville d'Alger en 1971 a cessé de fonctionner en 1986, et d'après le PNUE en 2004, les problèmes étaient dus à la dégradation des équipements et probablement au non maîtrise de la technique pour la production de compost destiné au secteur agricole.

Hormis l'unité de compostage de Blida, sis à Beni Mered (dont le compost est de mauvaise qualité à cause des impuretés, de l'incinérateur hospitalier d'isser (Boumerdes), il n'existe pas d'autres installations de traitement de déchets à Alger [2]

Actuellement l'élimination des ordures ménagères et des déchets industriels banals est effectuée exclusivement dans les décharges publiques, qui sont généralement des dépotoirs à ciel ouvert sans réaménagement, ni protection contre la pollution de l'environnement.

L'enquête réalisée par des services du Ministère de l'Environnement en 2005, fait état de 2100 décharge sauvages sur le territoire national, dont 350 décharges sauvages au niveau de 40 grandes villes du pays et occupent une superficie totale de 22000 ha. 90 CET(S) sont finalisés et lancés pour exploitation, et au niveau de la wilaya d'Alger, 4 CET(S) sont en cours de lancement (Staouali, Hamici, Korso, et Reghaia). L'objectif est d'atteindre 300 CET exploités en 2014. 25 CET sont réalisés par AMENHYD, en plus du CET d'Ouled Fayet et celui d'El Outaya à travers le territoire national. Mais deux Wilayas Alger et Biskra disposent de centre d'enfouissement technique (Ouled Fayet et El Outaya) actuellement en exploitation.

## **II.5. Enfouissement technique des ordures ménagères**

### **II.5.1. Réglementations : Vers une politique globale des déchets**

A ce jour, la principale voie de traitement des déchets en Algérie est la mise en décharge. Cette technique est souvent utilisée dans les PED, mais elle aboutit souvent à des décharges incontrôlées. La notion décharge contrôlée et des différents modes d'exploitation visant la protection de l'environnement apparaît pour la première fois en 1983 loi n° 83.03 du 05 février 1983, relative à la protection de l'environnement, elle précise la nocivité des déchets et demande à mettre fin à la mise en décharge brute des ordures.

Le décret n°84.378 du 15 décembre 1984 fixant les conditions de nettoyage, d'enlèvement et du traitement des déchets urbains, précise et complète la loi n° 83.03. Elle pose la définition de déchets urbains, met fin à la décharge brute des ordures, et préconise la mise en décharge contrôlée, accompagnée d'études d'impact et d'une instruction technique, réunissant l'ensemble des prescriptions techniques (distances minimales d'éloignement par rapport aux immeubles, protection de captage, étude hydrogéobliologique, l'imperméabilité de la base de décharge, son drainage et le contrôle de la qualité de l'eau de la nappe).

La loi du 12 décembre 2001 relative à la gestion, au contrôle et à l'élimination des déchets, complète et renforce le décret exécutif n° 83.378, fixe les modalités de gestion, le contrôle et de traitement des déchets, précise et identifie les déchets admis, donne une classification et introduit le terme enfouissement, le définit comme "tout stockage de déchets en sous sol". Toutefois depuis 2003, date de la promulgation de la loi n° 03.10 du 19 juillet 2003, relative à la protection de l'environnement dans le cadre du développement durable, le renforcement du contenu sanitaire de l'étude d'impact conduit à s'intéresser directement aux effets des décharges sur la santé de l'homme.

## **II.6. Nombre de site en Algérie**

Des centres d'enfouissement techniques de déchets, appelés actuellement centres de stockage de déchets, ont été réalisés ou sont en cours de réalisation dans divers Wilayas du pays, Les CET réalisés et exploités sont le CET d'Ouled Fayet, le CET d'El.Outaya ; le Temps d'Algérie (Quotidien National d'Information) rapporte en date du 24 Avril 2010 selon l'Agence Nationale des Déchets (AND), 32 CET sont achevés à travers le territoire national, 42 sont en cours de réalisation, 7 autres en voie de lancement, 12 en phase d'étude et 4 centres sont en phase de choix de site. Et en vue d'absorber les déchets ménagers de la wilaya d'Alger, trois CET sont prévus au niveau des communes de Corso, de Réghaïa et d'El Hamiz. [1]

### **II.6.1. Types de centre d'enfouissement technique CET**

- **Les CET de Classe I** : sont habilités à recevoir les déchets dangereux ultimes résultant ou non d'un traitement d'un déchet. Les résidus doivent être stables ou stabilisés par des procédés physico-chimiques. Ces centres de stockage ne peuvent être construits que sur des sols imperméables afin d'éviter le transfert vers le milieu naturel d'éléments toxiques.
- **Les CET de Classe II** : sont habilités à recevoir les ordures ménagères, les déchets industriels et commerciaux banals. Ces centres sont construits sur des sols semi-

perméables. Le stockage se fait en casiers équipés de systèmes de drainage. Les eaux de percolations font l'objet d'un traitement avant rejet dans le milieu naturel.

- **Les CET de Classe III** : sont habilités à recevoir les déchets inertes : les terres, les déblais, les gravats... Ce type de CDS peut être installé sur des terrains perméables.

## II.7. Conception d'un centre d'enfouissement technique (CET)

Le confinement des déchets dans des centres de stockage a été établi en réponse à certaines préoccupations liées à l'expérience du passé sur les décharges. Chaque site est spécifique, la réponse géotechnique est à adapter en conséquence [10]. Il existe un risque de pollution des eaux souterraines, lorsque les eaux percolant à travers les déchets sont susceptibles d'atteindre la nappe phréatique. En d'autres termes, à l'heure de choisir un site pour y enfouir les déchets, le degré d'isolement de ce site vis-à-vis d'un aquifère constituera un élément de première importance. Le choix entre une barrière géologique unique de type argileuse et l'étanchéification du casier par des membranes imperméables peut se poser en termes d'efficacité technique et de priorité économique [11].

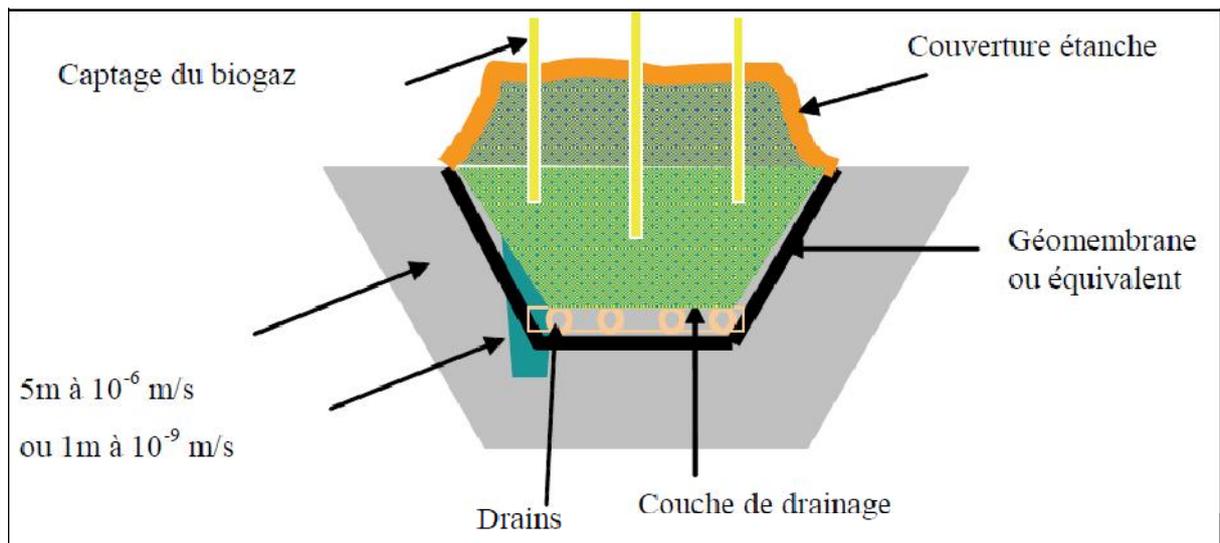
Un CET est un ensemble de casiers, qui sont des unités hydrauliquement indépendantes. En pratique, les casiers ont en général, des surfaces allant de 5000 m<sup>2</sup> à 1,5 ha. Le confinement des déchets et des lixiviats formés est assuré par l'étanchéité du site réalisée par une structure multicouche constituée d'une barrière de sécurité passive et d'une barrière de sécurité active.

Concernant le stockage des déchets ménagers et assimilés (CET de classe II), la réglementation impose qu'une barrière de sécurité passive soit constituée par le substratum avec une perméabilité  $K \leq 1.10^{-9}$  m/s sur une épaisseur d'au moins un mètre, ou bien  $K \leq 1.10^{-6}$  m/s sur au moins 5 mètres d'épaisseur. La barrière de sécurité active est conçue par des géomembranes (ou produit équivalent).

Cependant, il ne faut pas parler que d'étanchéité et réduire le débat à cette seule fonction. Dans le cadre du stockage des déchets, il est primordial de ne pas dissocier drainage et étanchéité. La géomembrane telle qu'elle est définie aujourd'hui dans la réglementation par les concepteurs, les utilisateurs et les contrôleurs, est un produit qui favorise un bon drainage. En fait, l'étanchéification des casiers et le contrôle des eaux sont réalisés à l'aide de plusieurs couches: matériaux drainants 20/40 sur 50 cm, géomembrane PEHD de 2 mm ( $K \leq 1.10^{-14}$  m/s), géotextile d'au moins 500 g/m<sup>2</sup>, ainsi que des drains en PEHD, regards et vannes. Sur le terrain, la réalisation d'un CET se traduit comme suit (Figure I.3):

- En bas, la sécurité passive constituée d'un terrain naturel argileux.

- Au-dessus, une géomembrane placée directement sur la couche d'argile.
- Puis un géotextile pour protéger le système d'étanchéité du poinçonnement que pourrait exercer le massif drainant se situant au dessus. Dans celui-ci, un drain est inséré pour collecter les eaux polluées (les lixiviats) qui percolent à travers la masse des déchets.



**Figure. I.3.** Centre d'Enfouissement Technique

## II. 8.Fonctionnement du Centre d'enfouissement technique de Saïda (zone d'étude)

La commune de Saïda dispose d'un centre d'enfouissement technique qui est opérationnel depuis le mois d'avril 2008, il gère les déchets ménagers générés de 07 communes à savoir celle de Saïda, Ain El Hadjer, Ouled Khaled, Maamora, Ain Skhouna, Moulay Larbi et Sidi-Ahmed avec 02 centres de transferts celui de Maamora et Sidi-Ahmed.

La quantité de déchets ménagers générés par les communes de Sidi-Ahmed et Moulay Larbi sont déposées au niveau du centre de transfert d'Ouled Djelloul (commune de Sidi Ahmed), et celle des communes de Maamora et Ain Skhouna au niveau du centre de transfert de Maamora. Qui sont à leur tour transférés au niveau du CET de Saïda.



**Photo 1.** Bassin de lixiviats de CET de Saïda

Les déchets vont se dégrader, lentement à l'intérieur de la décharge il y a de la matière organique et de l'humidité. Ces deux éléments donnent naissance à l'activité de bactéries. Ces bactéries sont au coeur du mécanisme de fermentation aérobie(en présence d'air) puis anaérobie (sans présence d'air) des déchets. Il se passe aussi d'autres transformations physiques et chimiques complexes.

Tous ces phénomènes sont à l'origine des nuisances et de pollutions, les principaux étant les lixiviats et les biogaz [12].

### **III. Flux polluant générés par le stockage des déchets**

#### **III.1. Lixiviats**

Le terme lixiviat est défini comme étant "Tout liquide filtrant par percolation des déchets mis en décharge et s'écoulant d'une décharge ou contenu dans celle - ci " (Directive européenne du 26 avril 1999 et l'Arrêté ministériel du 09 septembre 1997) qui se charge mécaniquement, bactériologiquement et surtout chimiquement de substances minérales et organiques [13-15].

Lixiviats appelés aussi " jus de décharge ", lessivât ou percolât) sont les eaux qui passe au travers (percolation) des déchets et qui se mélangent avec des bactéries et des substances chimiques (matières minérales et organiques).

La production de lixiviat est un des principaux problèmes environnementaux associés à l'exploitation d'un site d'enfouissement. Le lixiviat est une source de pollution potentielle des eaux (eaux de surface, eaux souterraines), des sols, de l'air, etc. Ce qui demande à l'exploitant des mesures pour le suivi de production de lixiviat – tant du point de vue qualitatif que quantitatif – durant toutes les phases d'exploitation et de post exploitation.

La production de lixiviat et sa qualité peuvent varier de façon significative en fonction de plusieurs paramètres :

- climat (précipitations et leur distribution dans le temps et dans l'espace, évaporation, ensoleillement, température, etc.),
- composition des déchets,
- type de recouvrement : intermédiaire et final (couverture végétale, couche de surface, épaisseur, couche de protection, en pente, drainée, etc.),
- densité des déchets,
- nature des déchets : humidité, teneur en eau lors de la mise en place ou au compactage et leur capacité de rétention, etc.
- ruissellement (fonction de la pente du recouvrement et du type de surface),
- perte d'eau sous forme de vapeur associée au biogaz,
- variation de l'accumulation d'eau,
- profondeur du site et les couches de fond.

Il faut noter que même en l'absence d'infiltrations, un petit volume de lixiviat sera toujours généré, dû à des réactions biochimiques de dégradation de la masse de déchets [16].

### **III.2. Impact des lixiviats**

Suite au dépôt dans une décharge, les déchets sont soumis à des processus de dégradation liés à des réactions biologiques et physico-chimiques complexes. L'eau s'y infiltre et produit des lixiviats et du biogaz chargés en substances organiques ou minérales qui engendrent une pollution essentiellement de type organique et métallique en relation avec la biodégradation naturelle des déchets confinés et avec leurs composants anthropiques qui libèrent de nombreuses substances toxiques dans le milieu naturel. Sur les sites de décharges on rencontre essentiellement trois types de pollution : pollution par les matières organiques et/ou minérales, pollution par les métaux lourds et pollution par les microorganismes [17].

### **IV. Gestion et traitement des déchets**

La question des déchets a commencé à se poser de manière aigüe avec le développement urbain. Le volume de déchets s'amplifie de façon préoccupante, leur caractère hétérogène rend difficile la généralisation d'une filière de traitement, connaître leur composition et leurs caractéristiques permettra le choix d'une filière de traitement la mieux adaptée et la plus pérenne possible.

#### IV.1. Les principaux procédés [18]

- **Le lagunage aéré** : Les lixiviats sont recueillis dans un bassin et brassés par une turbine qui, par injection d'air, active le travail d'une faune bactérienne.  
Ce procédé réduit, en deux à trois mois, la pollution azotée et organique biodégradable. Le lixiviat passe ensuite dans des bassins de décantation. Les dépôts de boues doivent être séchés et stockés en CET. Le lagunage ne permet pas à lui seul d'arriver à un niveau correct d'épuration.
- **Traitement sur des cultures fixées**. Fonctionnement selon le même principe que précédemment, il est plus rapide, ce qui permet de réduire le volume des bassins. D'une bonne fiabilité, il devrait se développer en association avec des traitements complémentaires.
- **Bioréacteur à membranes** : Ce procédé associe un bassin de traitement biologique à une unité de microfiltration ou d'ultrafiltration. Au sein du bassin, les bactéries transforment la pollution organique. La séparation entre le lixiviat dégradé et la biomasse est ensuite assurée par les membranes. L'installation est de petite dimension. Ce système permet de traiter la quasi totalité de la DBO5, jusqu'à 80 % de la DCO, 95 % de l'azote et la totalité des micro-organismes. Restent les métaux et les sels...
- **Ozonation** : Etant un oxydant très puissant, l'ozone permet d'éliminer la pollution organique. Il peut être associé aux ultraviolets et au peroxyde d'hydrogène. Mais l'azote minéral, les métaux lourds et les sels subsistent.
- **Osmose inverse**. Issu des techniques de dessalement de l'eau de mer, ce procédé peut compléter certains des traitements précédents, voire les remplacer, lorsque la teneur en MES des lixiviats est faible. Il concentre principalement les composés de poids moléculaire supérieur à 50, dont la DCO, les métaux et les sels. Il décolore totalement l'effluent. Les rétentats sont importants.
- **Evaporation**. Elle permet de concentrer la pollution. Il convient toutefois de maîtriser les rejets gazeux, par exemple par évaporation sous vide avec post condensation des vapeurs et récupération des distillats. Pour arriver à des prix acceptables, la chaleur peut être fournie par le biogaz émis par la décharge.
- **Evapo-incinération**. Elle s'effectue à plus haute température que la précédente (1200°C), ce qui permet de réduire les rejets de gaz toxiques. On a production de poussières sèches devant être envoyées en CET. A noter que le biogaz du site doit être disponible en quantité suffisante.

- **Coagulation-floculation.** Elle permet d'éliminer une fraction de la pollution difficilement biodégradable (DCO dure), les MES et les éléments métalliques. La production de boues représente environ 20% du volume du lixiviat traité. Elles pourront être déshydratées avant envoi en CET.

## IV.2. Choix d'une filière de traitement

Il existe de nombreuses techniques de traitement applicables aux lixiviats de décharge. Plusieurs études ont montré que ces différentes techniques épuratoires sont complémentaires et ont donc des efficacités spécifiques.

Quel que soit le mode d'exploitation d'une décharge, les lixiviats constituent, s'ils ne sont pas traités avant leur rejet, une source de nuisance qui vient s'ajouter aux nombreux problèmes de contamination du milieu environnant.

## IV.3. Coagulation-Floculation

Le mot coagulation vient du latin coagulare qui signifie « agglomérer », la couleur et la turbidité d'une eau de surface sont dues à la présence de particules de très faible diamètre : les colloïdes. Leur élimination ne peut se baser sur la simple décantation. En effet, leur vitesse de sédimentation est extrêmement faible. Le temps nécessaire pour parcourir 1 m en chute libre peut être de plusieurs années. [19]

La coagulation et la floculation sont les processus qui permettent l'élimination des colloïdes. La coagulation consiste à les déstabiliser. Il s'agit de neutraliser leurs charges électrostatiques de répulsion pour permettre leur rencontre. La floculation rend compte de leur agglomération en agrégats éliminés par décantation et/ou filtration [20].

La coagulation-floculation apparaît de plus en plus comme non seulement un procédé de clarification mais également comme un traitement d'élimination spécifique capable, dans une certaine mesure, de rivaliser avec des traitements plus coûteux comme l'adsorption sur charbon actif ou l'oxydation par l'ozone.

### IV.3.1. But de la coagulation-floculation

L'opération de coagulation-floculation a pour but la croissance des particules qui sont essentiellement colloïdales par déstabilisation des particules en suspension puis formation de floccs par absorption et agrégation. Les floccs ainsi formés seront décantés et filtrés par la suite. [21]

### IV.3.2. La coagulation [22]

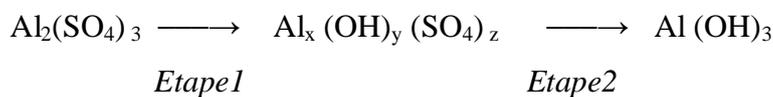
Les particules colloïdales en solution sont « naturellement » chargées négativement. Ainsi, elles tendent à se repousser mutuellement et restent en suspension. On dit qu'il y a stabilisation des particules dans la solution. La coagulation consiste dans la déstabilisation des particules en suspension par la neutralisation de leurs charges négatives. On utilise, pour ce faire, des réactifs chimiques nommés coagulants. Le procédé nécessite une agitation importante. Les coagulants sont des produits capables de neutraliser les charges des colloïdes présents dans l'eau. Le choix du coagulant pour le traitement doit tenir compte de son efficacité et de son coût. Le type de coagulant et la dose ont une influence sur :

- La bonne ou la mauvaise qualité de l'eau clarifiée,
- Le bon ou le mauvais fonctionnement de la floculation et de la filtration,
- Le coût d'exploitation.

Il existe deux principaux types de coagulant :

- Les sels de fer (chlorure ferrique).
- Les sels d'aluminium (sulfate d'aluminium).

La mise en solution se déroule en deux étapes. Le cas du sulfate d'aluminium est très significatif [20]. Les réactions peuvent être représentées de la façon suivante :



- L'étape 1 est une phase d'hydrolyse. Des intermédiaires polychargés positifs se forment, cette étape dépend de la température et nécessite un *pH* compatible avec l'existence de ces intermédiaires polychargés.
- L'étape 2 permet la formation du précipité  $\text{Al}(\text{OH})_3$ . Elle dépend de l'agitation du milieu. Ce précipité est l'élément qui assure le pontage et la coalescence entre les colloïdes déstabilisés : c'est la forme floculante.

Tout coagulant présente successivement les deux formes actives coagulantes et floculante. Le maintien de cette dernière dépend du *pH* du milieu. Cette notion de *pH* permet de définir les zones optimales de coagulation-floculation.

Le choix du coagulant peut varier avec la température et la saison. Le sulfate d'aluminium, par exemple, est un coagulant utilisé pour une température supérieure à 10-12 °C. On peut rappeler également que plus un coagulant a de charges positives, plus son

efficacité est grande. Par la suite, nous allons énumérer l'ensemble des paramètres influençant le bon fonctionnement du procédé de coagulation [23- 25].

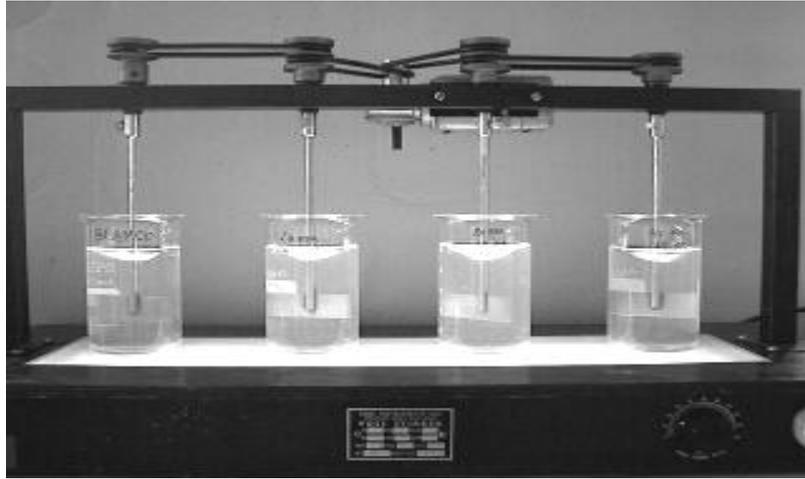
#### **a) L'influence du paramètre $pH$**

Le  $pH$  a une influence primordiale sur la coagulation. Il est d'ailleurs important de remarquer que l'ajout d'un coagulant modifie souvent le  $pH$  de la solution. Cette variation est à prendre en compte afin de ne pas sortir de la plage optimale de précipitation du coagulant. La plage du  $pH$  optimal est la plage à l'intérieur de laquelle la coagulation a lieu suffisamment rapidement. En effet, une coagulation réalisée à un  $pH$  non optimal peut entraîner une augmentation significative du temps de coagulation. En général, le temps de coagulation est compris entre 15 secondes et 3 minutes. Le  $pH$  a également une influence sur l'élimination des matières organiques.

#### **b) L'influence de la dose de coagulant**

La dose de réactif est un paramètre à prendre en compte. Le coagulant qui est habituellement fortement acide a tendance à abaisser le  $pH$  de la solution. Une dose de coagulant excessive entraîne une augmentation du coût d'exploitation, tandis qu'un dosage insuffisant conduit à une qualité de l'eau traitée insuffisante.

La quantité de réactifs ne peut pas se déterminer facilement. Des théories ont été élaborées sur les charges électriques nécessaires pour déstabiliser les colloïdes avec la mesure d'un potentiel, appelé potentiel Zeta, à partir duquel apparaît un floc. La difficulté principale est de déterminer la quantité optimale de réactif à injecter en fonction des caractéristiques de l'eau brute. A l'heure actuelle, il n'existe pas de modèle de connaissance simple qui permet de déterminer le taux de coagulant en fonction des différentes variables affectant le procédé. La détermination du taux de coagulant est effectuée par analyse au laboratoire à l'aide d'un essai expérimental appelé « Jar-test » (Figure I.4). Cet essai consiste à mettre des doses croissantes de coagulant dans des récipients contenant le même échantillon. Après quelques instants. La dose optimale est donc déterminée en fonction de certains paramètres.



**Figure I.4.** Appareil Jar- test

### c) L'influence de la température

La température joue un rôle important. En effet, une température basse, entraînant une augmentation de la viscosité de l'eau, crée une série de difficultés dans le déroulement du processus : la coagulation et la décantation du floc sont ralenties et la plage de  $pH$  optimal diminue. Pour éviter ces difficultés, une solution consiste à changer de coagulant en fonction des saisons.

### d) L'influence de la turbidité

La turbidité est, elle aussi, un paramètre influant sur le bon fonctionnement du procédé de coagulation. Dans une certaine plage de turbidité, l'augmentation de la concentration en particules doit être suivie d'une augmentation de la dose de coagulant. Quand la turbidité de l'eau est trop faible, on peut augmenter la concentration en particules par addition d'argiles. Dans le cas de fortes pluies, l'augmentation des *MES* favorise une meilleure décantation. Enfin, pour grossir et alourdir le floc, on ajoute un adjuvant de floculation.

### 1V.3.3. La floculation

Après avoir été déstabilisées par le coagulant, les particules colloïdales s'agglomèrent lorsqu'elles entrent en contact. C'est la floculation. Le floc ainsi formé, peut décanter, flotter ou filtrer (coagulation sur filtre), suivant le procédé de rétention choisi.

La floculation est le phénomène de formation de floccs de taille plus importante (agglomération des colloïdes déchargés dans un réseau tridimensionnel). On utilise, pour ce faire, des coagulants ou adjuvants de floculation. Contrairement à l'étape de coagulation, la

floculation nécessite une agitation lente. Les flocculants ou adjuvants de floculation sont, dans leur grande majorité, des polymères de poids moléculaire très élevé. Ils peuvent être de nature minérale, organique naturelle ou organique de synthèse.

Comme pour la coagulation, il existe un certain nombre de paramètres à prendre en compte pour le bon fonctionnement de ce procédé. Le mélange doit être suffisamment lent afin d'assurer le contact entre les floccs engendrés par la coagulation. En effet, si l'intensité du mélange dépasse une certaine limite, les floccs risquent de se briser. Il faut également un temps de séjour minimal pour que la floculation ait lieu. La durée du mélange se situe entre 10 et 60 minutes. Les temps d'injection du coagulant et du flocculant sont en général espacés de 1 à 3 minutes, cette durée étant fonction de la température de l'eau.

L'optimisation du procédé de floculation sera fonction des conditions qui peuvent être inhérentes à la phase liquide (pH, force ionique, nature des ions, température,...) ou aux particules à séparer (nature, taille, charges de surface,...). Elle pourra être accomplie en jouant sur le type et le dosage du coagulant, le temps de floculation, l'énergie du mélange, la géométrie du réacteur.

#### **IV.3.4. Description des essais de floculation**

Les essais sont réalisés selon le protocole bien connu du "Jar-test" sur un flocculateur "FLOC TESTER " munis d'une vitesse de rotation individuelle variant entre 0 et 200 tr/min. qui permet d'agiter simultanément le liquide contenu dans une série de béchers remplis chacun de 300 ml d'échantillon. Une agitation rigoureusement identique et réglable pendant une même période grâce à une commande centrale.

L'influence de la dose de coagulant introduit, du pH et de la température a été observée au cours de nos essais. Les différentes phases de l'essai de floculation et leurs conditions optimales sont les suivantes :

Une agitation rapide au cours de laquelle le réactif coagulant est introduit et dispersé. La vitesse de rotation des pâles de l'agitateur est de 150 tr/min. et le temps d'agitation adopté est 10min.

Plusieurs agents chimiques peuvent être employés dans le procédé de coagulation-floculation. Les sels métalliques sont indéniablement les coagulants les plus utilisés dans le monde actuellement. Récemment, plusieurs types de coagulants et de flocculants inorganiques sous formes de polymères ont été développés et sont maintenant largement utilisés en Chine, au Japon, en Russie et Europe de l'Est. D'autres recherches montrent que l'utilisation de polymères d'origine biologique est une avenue forte prometteuse.

#### **IV.4. Le choix des adjuvants de coagulation-floculation**

Le choix du polymère à utiliser dépend de sa masse moléculaire mais aussi du type de clarification mis en œuvre sur le terrain (coagulation sur filtre ou coagulation avec décantation). En effet, les polymères à longue chaîne permettent une meilleure élimination de la turbidité ou des matières organiques naturelles lorsque le traitement mis en œuvre est une coagulation sur filtre. Par contre, un polymère de masse moléculaire élevé sera déconseillé pour un traitement par coagulation/décantation car il dégrade l'efficacité de la décantation en raison d'un réglage du taux de traitement plus sensible aux variations de l'eau brute qu'avec un polymère de masse moléculaire moyenne. Un polymère de masse moléculaire moyenne, qui offre malgré tout un bon compromis pour l'élimination conjointe de la turbidité et des matières organiques, sera alors dans ce cas préférable.

##### **IV.4.1. Chitosane - adjuvants de coagulation-floculation**

La découverte de la chitine et du chitosane date du 18<sup>e</sup> siècle, mais ce n'est que dans les années 1970 que ces deux produits ont suscité un réel intérêt [26,27]. La chitine et le chitosane sont des produits des transformations successives des exosquelettes (carapaces) de crustacés provenant des industries agro-alimentaires. Plus spécifiquement, le chitosane est obtenu par N-désacétylation de la chitine (Figure I.5).

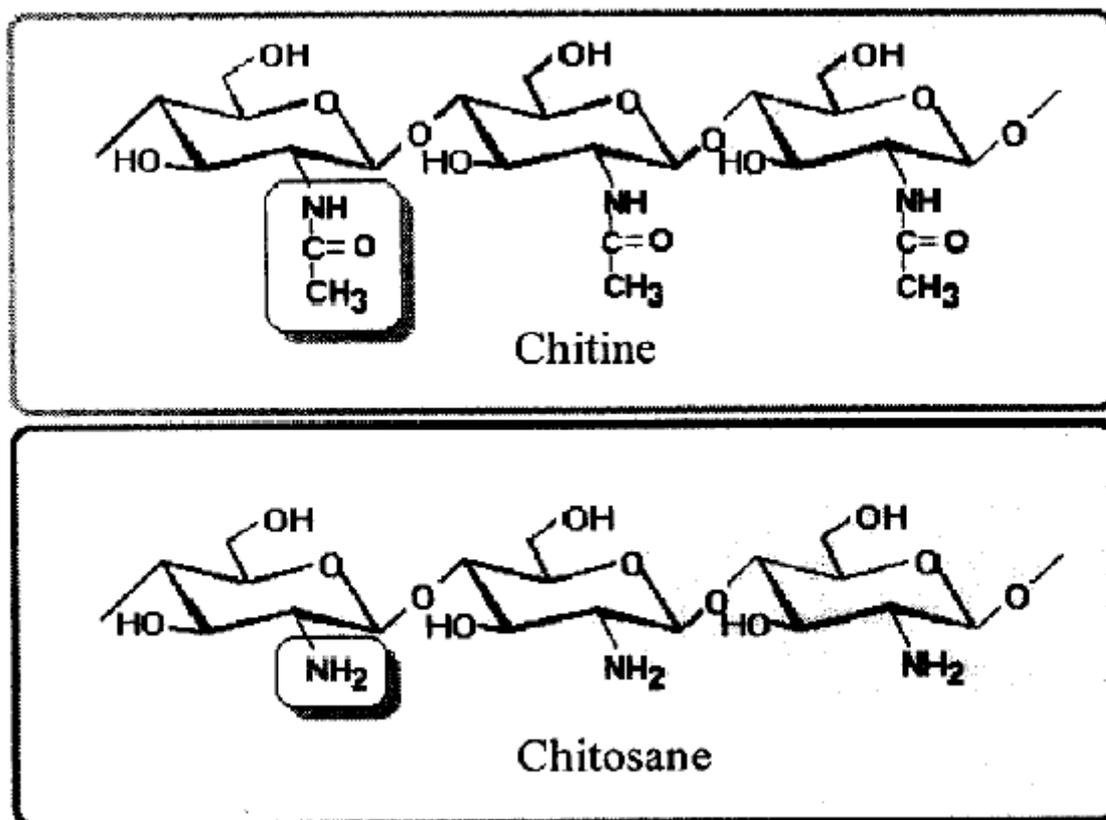
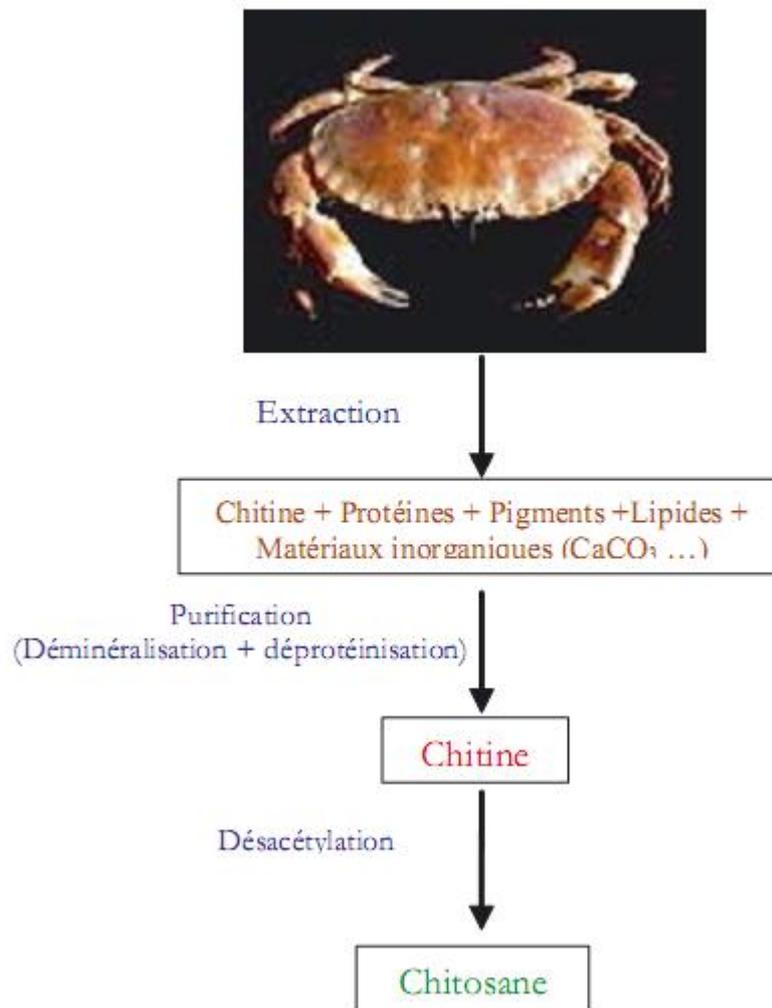


Figure I.5. Structure chimique de la chitine et du chitosane.

Le chitosane est un biopolymère polycationique non toxique, biodégradable et biocompatible, soluble dans les acides organiques dilués sous forme de gel chargé positivement [28-31]. Le chitosane a donc des propriétés chimiques et biologiques utilisables dans de nombreuses applications industrielles, médicales et environnementales [32-35]. Plusieurs études ont montré que le chitosane peut être utilisé comme coagulant/foculant cationique naturel pour le traitement des eaux usées [36-42].

La production de chitosane est décrite à la (figure I.6.) et fondamentalement, elle comprend trois étapes successives (déminéralisation, déprotéination et désacétylation). Pour réaliser l'étape de désacétylation, trois voies différentes ont été développées.



**Figure I.6.** Etapes de l'extraction du chitosane des exosquelettes de crevettes (en trois étapes).

- La première voie, appelée la méthode chimique, utilise uniquement du NaOH concentré et requiert entre trois à quatre jours pour atteindre un degré de désacétylation de 70 à 75 % [34].
- La seconde voie repose sur une réaction enzymatique faisant appel aux enzymes trypsine, chitosanase et/ou mycelia [43,44]. Les hydrolyses enzymatiques sont effectuées en 28 h, pour atteindre le même degré de désacétylation, 74 % [45]. Les inconvénients majeurs de cette voie sont les quantités importantes d'enzymes nécessaires à la réaction (691 mg-chitosanase/g-chitine) et la difficulté de les isoler [46]. La troisième voie de désacétylation est réalisée par une technique thermomécanique en utilisant des autoclaves en cascade. Cette technique nécessite un milieu basique NaOH, une température de 230 °C et une pression de 17,24 MPa (2500

psi). Elle semble être la plus rapide des trois voies puisqu'elle nécessite 24 h pour atteindre un degré de désacétylation de 71 % [47,48]. L'inconvénient majeur de cette technique réside dans les besoins d'infrastructures tels que l'installation d'autoclaves en cascade avec une pressurisation sous atmosphère d'azote [49,50].

#### **IV.4.1.1. Principales propriétés du chitosane [51]**

➤ **Principales propriétés chimiques du chitosane :**

polyamine cationique ; densité de charge élevée à  $\text{pH} < 6,5$  ; adhère à des surfaces chargées négativement; forme des gels avec les polyanions ; large intervalle de masse moléculaire; peut former des solutions de différentes viscosités; chélate certains métaux de transition; contient des groupements réactifs d'amines et d'hydroxydes.

➤ **Principales propriétés biologiques du chitosane :**

Polymère d'origine naturel; biodégradable; non toxique; hémostatique; anticancérigène.

Le chitosane commerciale est fournie par Sigma-Aldrich

#### **IV.4.2. Les argiles - adjuvants de coagulation-floculation**

##### **IV.4.2.1. Origine et composition des argiles**

Une argile se forme essentiellement à partir de roches et de cendres volcaniques qui se sont transformées au cours de millions d'années. À l'état sec, une argile a une granulométrie très fine, et devient plus ou moins plastique en présence d'eau [52]. La partie colloïdale d'une argile comporte généralement des particules de moins de cinq microns, contenant souvent un peu de silice, du manganèse, du fer, et diverses bases (chaux, magnésie, potasse et soude).

##### **IV.4.2.2. Les grandes familles d'argiles**

Les minéraux de l'argile se répartissent principalement en quatre grandes familles qui sont [52] :

- Famille du kaolin;
- Famille des micas,
- Famille de la montmorillonite;
- Famille des chlorites

#### **IV.4.2.3. Caractérisation des argiles**

Les argiles sont surtout caractérisées par leur capacité de gonflement en présence d'humidité et d'eau. Cette propriété des argiles implique l'intercalation de molécules d'eau entre les feuillets d'argiles, ce qui a pour effet d'accroître la distance entre ces feuillets.

#### **IV.4.2.4. La bentonite**

La bentonite est une roche volcanique qui s'est déposée sous forme de cendres volcaniques dans des eaux douces ou salées il y a des millions d'années. Ces cendres se sont chimiquement modifiées en bentonite. La bentonite sodique est formée des cendres déposées dans l'eau de mer, tandis que la bentonite calcique est formée des cendres déposées dans l'eau douce. La bentonite provient aussi de l'altération de roches siliceuses comme le basalte et le granite. [53]

Le terme bentonite désigne actuellement le nom commercial d'un minéral qui contient essentiellement des smectites, dont la forme géologique la plus commune est la montmorillonite, appellation dérivant du nom d'un gisement à Montmorillon, au sud de la France.

Dès le début des premières civilisations, la montmorillonite a été utilisée pour la fabrication de céramiques ou comme matériau de construction. Plus tard, elle fut également utilisée dans la clarification des vins [54]. Actuellement, elle est utilisée dans de nombreux domaines, dont la catalyse, la cosmétique, les industries pharmaceutiques, l'épuration et la clarification des eaux, comme aide-coagulant avec des sels minéraux.

La bentonite utilisée provient des gisements de maghnia, en Algérie, produite par la compagnie nationale ENOF. Elle a été utilisée telle qu'elle a été fournie à l'état de poudre fine brute

#### **IV.4.3. Le gel de silice**

Le gel de silice est un hydroxyde de silicium  $\text{Si(OH)}_4$  polymère d'acide silicique préparé à partir de silicate de sodium.

##### **IV.4.3.1. Utilisation en chimie [55]**

Le gel de silice est principalement utilisé comme phase stationnaire pour la chromatographie. Il peut également être utilisé comme desséchant, comme réactif ou comme support pour des réactifs.

Le gel de silice est aussi utilisé pour constituer de la litière animale, pour déshydrater les plantes, notamment pour les bouquets de fleurs secs et les herbiers, en mini sachets pour la conservation des aliments secs ou des objets qui craignent l'humidité dans leur emballage, etc. Sous le nom de « silica-gel » il fut utilisé pendant la première guerre mondiale dans les cartouches filtrantes des masques à gaz. Durant la deuxième guerre mondiale, il fut indispensable pour la conservation de la pénicilline et pour les militaires pour protéger les équipements électroniques des moisissures.

Du « gel de silice colloïdale » est commercialisé comme complément alimentaire buvable, dans le but annoncé de renforcer le tissu conjonctif, réguler l'hydratation et contribuer à la formation de collagène chez les personnes ayant une carence nutritionnelle en silicium. Mais une telle carence est en réalité très rare car c'est un oligo-élément largement consommé dans le cadre d'une alimentation normale.

#### IV.4.4.L'amidon

L'amidon utilisé est de type commercial, sa structure est la suivante

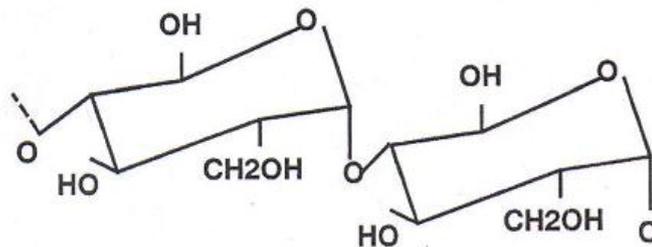


Figure I.7. Structure de l'amidon

#### IV.4.5.Sulfate d'Aluminium

Alun -  $Al_2(SO_4)_3 \times 14H_2O$  est utilisé pour réduire la dureté ainsi que la charge en phosphate des eaux usées. En solution, il réagit avec les composés alcalins présents (carbonate, bicarbonate et hydroxyde) ou le phosphate pour former un sel d'aluminium insoluble. [56]

#### IV.4.6.Chlorure ferrique

Chlorure ferrique- $FeCl_3$  réagit selon l'alcalinité et la concentration en phosphate pour former un sel de fer insoluble [56]

Avant d'entamer le traitement des lixiviats par les essais de coagulation – floculation par jar test, il est indispensable de caractériser les lixiviats bruts.

# deuxième partie

## *Caractérisation et traitement des lixiviats*

### **I. Introduction**

Les lixiviats, appelés aussi percolats ou plus familièrement "jus de décharge", on désigne l'eau qui a percolé à travers la masse des déchets en se chargeant bactériologiquement et surtout chimiquement de substances tant minérales qu'organiques.

Leur composition et leur volume sont difficiles à déterminer car les décharges constituent un réacteur complexe évoluant spontanément. Divers facteurs contribuent à l'hétérogénéité de la composition des lixiviats : la nature des déchets, l'épaisseur de la couche des déchets, la nature du matériau du substratum et de la couverture des déchets, les facteurs climatiques, le bilan hydrique, la situation géographique, le type de site, le mode d'exploitation et l'âge de la décharge. Le nombre de facteurs intervenant dans la composition d'un lixiviat explique sa grande variabilité non seulement d'une décharge à l'autre, mais aussi au sein d'une même décharge [57].

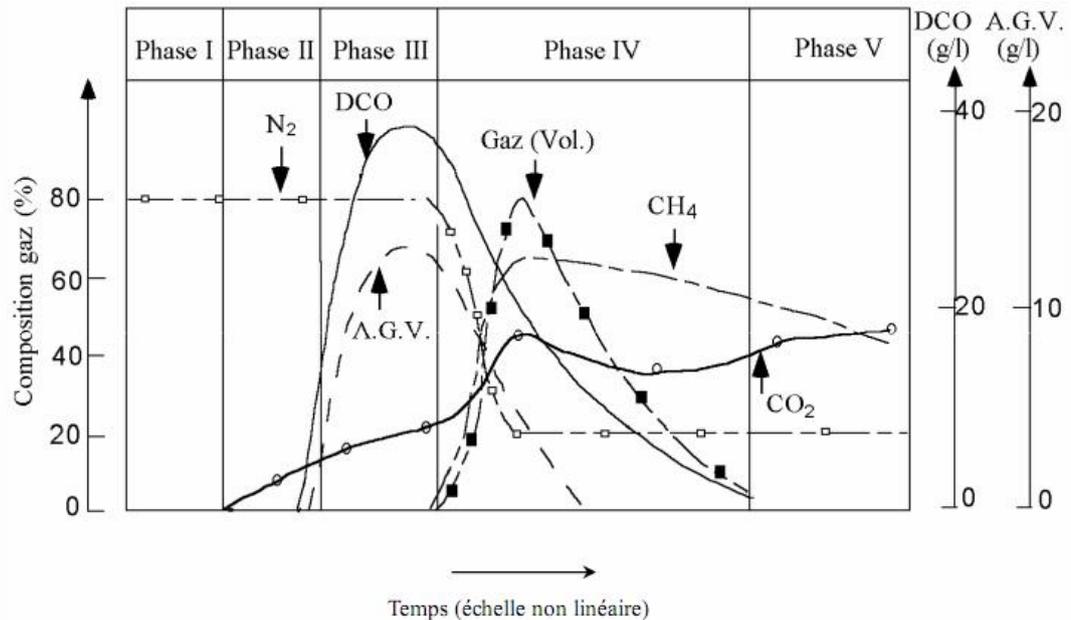
Cependant, la composition du lixiviat suit quelques grandes constantes liées au fait qu'une grande partie des déchets est constituée de matières putrescibles et biodégradables. Ces matières organiques évoluent au cours du temps en une série de sous-produits divers suite aux différentes réactions métaboliques

Par ailleurs, une des particularités des lixiviats de décharge est leur évolution au cours du temps du fait des faibles vitesses de dégradation des déchets, du passage des conditions aérobies aux conditions anaérobies, de stockage et des différentes étapes de l'anaérobiose. Celles-ci induisent des modifications du milieu réactionnel.

Chian et al. 1985 ont résumé l'évolution des déchets au sein d'une décharge sous la forme d'un graphique présenté dans la (figure II.1), et qui montre l'évolution des différents paramètres au cours de la maturation des déchets au sein d'une décharge. L'évolution des lixiviats se déroule globalement en cinq étapes successives [58] :

- **Phase I** : mise en place des déchets et remplissage des alvéoles,
- **Phase II** : milieu de plus en plus réducteur, augmentation progressive de la charge organique de l'eau de percolation. La charge organique étant mesurée par la Demande Chimique en Oxygène (DCO),

- **Phase III** : augmentation de l'acidité du milieu, complexation des espèces métalliques, charge organique très élevée,
- **Phase IV** : production de biogaz,
- **Phase V** : maturation finale, stabilisation de la matière organique, chute de la production de gaz. Cette phase correspond à la fin de l'activité de la décharge.



**Figure II.1.** Evolution de quelques paramètres au cours de la stabilisation des déchets dans un casier de décharge [58]

Il est très difficile d'établir une composition moyenne des lixiviats car elle dépend de la nature des déchets entreposés, de la gestion du site et de son état d'évolution. Chaque lixiviat est un cas particulier, mais l'étude poussée d'un lixiviat donne des indications générales sur le comportement des autres lixiviats. La composition globale des lixiviats est fréquemment déterminée grâce à des analyses physico-chimiques, dérivées du traitement des eaux.

### I.1. Le sites de collecte

Les lixiviats étudiés proviennent du Centre d'Enfouissement Technique (CET) de Saida (classe II), le site a été mis en service en Février 2007, ce CET reçoit principalement des ordures ménagères considérés comme âgés car son âge remonte à plus de 20 ans

(Figure II.2), à l'extérieur du casier, les lixiviats s'écoulent gravitairement au travers d'un tuyau en PEHD ( $\varnothing$  32 mm). [59, 60]

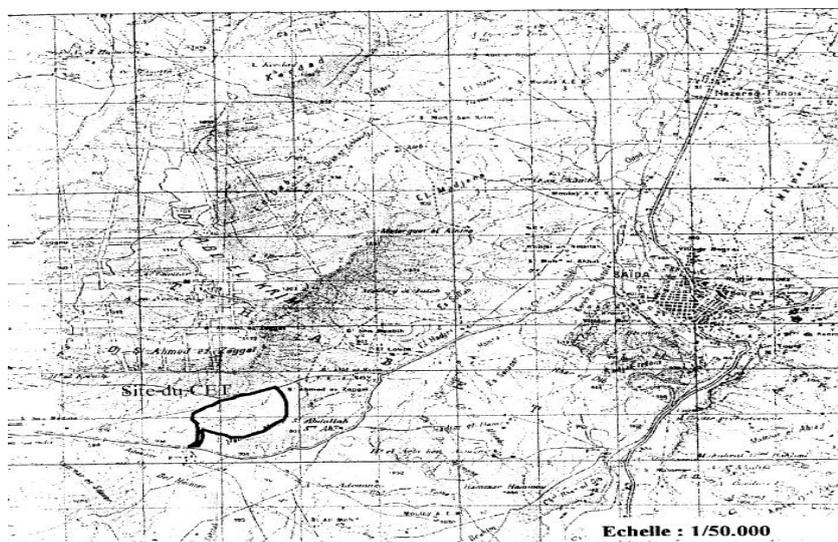


Fig n°1 : Extrait de la feuille topographique n°304 de Saida réalisée par l'IGN

EIE du projet de CET du Groupement Intercommunal de Saida

Inspection de l'Environnement

Figure II.2. Centre enfouissement technique du groupement international de Saida

## II. Matériels et méthodes

### II.1. Prélèvements des lixiviats

Afin de mieux apprécier le degré de pollution due à la décharge et de comprendre les mécanismes qui régissent cette pollution, un programme de prélèvements et d'analyses plus poussés des lixiviats a été entrepris.

Les lixiviats sont prélevées dans des flacons en polyéthylène tenus au frais pendant le transport. Ces lixiviats sont ensuite stockés au réfrigérateur à 4°C de manière à limiter toute activité biologique.

### II.2. Caractérisation des lixiviats

Divers types d'analyses peuvent être réalisés sur les lixiviats récoltés, Certaines mesures sont réalisées sur site " in situ" à l'aide d'une mallette pratique de transport d'analyse pour éviter l'évolution des échantillons. Les échantillons sont ensuite acheminés au laboratoire de chimie de l'environnement de l'université D<sup>r</sup> Tahar Moulay de Saida, où ils sont l'objet des analyses physico- chimique.

### II.3. Méthodes d'analyses physico chimiques

Les analyses physico chimiques ont porté sur la détermination de paramètres globaux et la quantification des éléments. Les paramètres suivants : le pH, la température, la conductivité électrique, la salinité, le potentiel redox et l'O<sub>2</sub> dissous et ont été mesurés directement in situ à l'aide d'un conductimètre multi - paramètres HACH, modèle 443600 et un pH- mètre WTW, pH 522 avec une électrode combinée. Cependant, Tous les éléments chimiques importants dans les lixiviats ont été dosés selon les moyens disponibles.

### II. 4. Normes de rejets des effluents

Les normes de rejet ont pour but de maintenir, ou le cas échéant de restaurer, la qualité des eaux superficielles qui reçoivent les effluents traités. Les systèmes d'épuration, ont donc pour mission de réduire au maximum les paramètres caractérisant un effluent (DBO, DCO; MES, PT, NK...).

La limite de pollution tolérée est fixée par l'intermédiaire de la réglementation sanitaire. Les différents niveaux de rejet sont déterminés en fonction des paramètres suivants :

- L'objectif de qualité assigné au milieu récepteur.
- Les caractéristiques de l'effluent avant épuration (débit, concentration et biodégradabilité).

Il n'existe pas de solution universelle simple au problème du traitement des lixiviats de décharge. Etant donné la variation de leur composition dans le temps et d'un site à l'autre, les techniques épuratoires seront différentes selon le percolat à traiter. Des exemples en France et en Allemagne sont donnés dans le (tableau II.1) [61, 62].

**Tableau II.1.** Exemples de normes de rejet imposées aux lixiviats en France et en Allemagne

Paramètre	Norme de rejet en France (TSM, 1990)	Norme de rejet en Allemagne (Heyer <i>et al.</i> , 1998)
pH	6,5 – 8,5	-
O <sub>2</sub> dissous (mg/l)	> 3	-
DCO (mg O <sub>2</sub> /l)	< 120	< 200
DBO <sub>5</sub> (mg O <sub>2</sub> /l)	< 40	< 20
Cr (mg/l)	< 0,1	< 0,1
Pb (mg/l)	< 1	< 0,5
Cu (mg/l)	< 1	< 0,5
Cd (mg/l)	< 1	-
Fe (mg/l)	< 2	-
Sulfates (mg/l)	< 250	-
Nitrates (mg/l)	< 45	-

Les normes physico- chimiques requises sont ceux relatifs au décret exécutif n°06/141 du 20 Rabie El-Aouel 1427 correspondant au 19 Avril 2006 définissant les valeurs limites des rejets d'effluents liquides industrielles.

Tout rejet d'effluents incompatibles avec les limites fixées ci-dessous est interdit. Au cas où la qualité des effluents ne permettrait pas leur rejet vers le milieu naturel, ces effluents peuvent être traités au centre de traitement, en cas d'impossibilité ; être gérés comme des déchets et éliminés dans des installations appropriées et autorisées à cet effet.

## **II.5. Caractéristiques physiques [63,64]**

### **II.5.1. Eléments organoleptiques**

Le lixiviat présente une odeur fécaloïde indiquant l'influence des déchets sur la qualité des eaux, et une couleur brunâtre qui constitue le premier indicateur de pollution.

### **II.5.2. La température**

La température est une grandeur physique qui caractérise un équilibre thermique. Elle joue un rôle dans la solubilité des sels dissous et dans la détermination du pH.

### **II.5.3. Le pH**

Le pH ou potentiel d'hydrogène constitue une expression de l'acidité ou alcalinité du milieu. La méthode de mesure consiste à déterminer la différence de potentiel produite entre l'électrode de verre et l'électrode de référence (calomel -Cl saturé) plongeant dans l'échantillon à analyser.

### **II.5.4. La conductivité**

La conductivité électrique d'une solution est la conductance d'une colonne d'eau comprise entre deux électrodes métalliques de  $1 \text{ cm}^2$  de surface, séparés l'une de l'autre de 1cm, elle est déterminée par un conductimètre. Elle varie en fonction de la température et de la concentration des substances dissoutes. C'est un moyen de mesure utilisée pour évaluer la minéralisation ou la salinité d'un échantillon.

### **II.5.5. La turbidité**

La turbidité caractérise l'état d'un liquide trouble, elle donne une idée de la teneur en matières colloïdales d'origine minérale ou organique. La turbidité est déterminée par un turbidimètre "Méthode néphélométrique" ; le faisceau lumineux

traverse horizontalement la cuvette contenant l'échantillon, une partie de cette lumière est diffusée par effet Tyndall grâce aux particules en suspension.

### Mode opératoire

On procède à l'étalonnage de l'appareil, puis on remplit la cellule avec l'échantillon à analyser et on lit la turbidité correspondante

## II.5.6. Les Matières En Suspension (MES)

La détermination des matières en suspension dans les lixiviats se fait par filtration, le poids des matières retenues par filtre est déterminé par pesée différentielle. Les matières en suspension sont des matières organiques et des matières minérales, qui ne sont ni solubilisées, ni à l'état colloïdale.

### Mode opératoire :

On Prélève 25 ml de chaque échantillon à analyser à l'aide d'une éprouvette, L'échantillon prélevé est filtré à l'aide d'un dispositif à filtration ordinaire ; le filtre est ensuite séché en étuve à 105°C, après refroidissement, la masse du résidu retenu par le filtre est mesuré avec une balance de précision.

### Expression des résultats :

$$MES = \frac{P_2 - P_1}{v} \cdot 100 \text{ (mg/l)}$$

$P_1$  : le poids de papier filtre vide (mg)

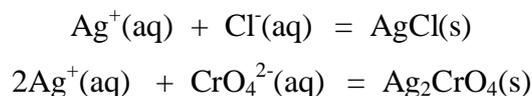
$P_2$  : le poids de papier filtre après filtration (mg)

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

## II.6. Paramètres chimiques [63,64]

### II.6.1. Les Chlorures

Les chlorures sont dosés en milieu neutre, par une solution titrée de nitrate d'argent  $\text{AgNO}_3$ , en présence de chromate de potassium  $\text{K}_2\text{CrO}_4$ , à la fin de la réaction, il y a apparition d'une couleur rouge caractéristique du chromate d'argent  $\text{Ag}_2\text{CrO}_4$ .



**Réactifs utilisés:**

- Solution de Nitrate d'Argent  $\text{AgNO}_3$  (0,1 N).
- Solution de chromate de potassium  $\text{K}_2\text{CrO}_4$  à 10% ;
- Acide nitrique pur  $\text{HNO}_3$  ;
- Carbonate de Calcium solide pur  $\text{CaCO}_3$  .

**Mode opératoire:**

On introduit 100ml de lixiviat à analyser dans un erlenmayer, puis, on ajoute quelques gouttes d'acide nitrique ou 0,2 g de carbonate de calcium, et 3 gouttes de chromate de potassium. Le mélange est bien agité, puis titré avec une solution de nitrate d'agent, en agitant constamment jusqu'à l'apparition d'une teinte rougeâtre

**Expression des résultats**

$$\text{Teneur en chlorures (mg/l)} = \frac{N_{\text{AgNO}_3} \cdot V_{\text{AgNO}_3}}{V} \cdot 1000 \cdot M_{\text{Cl}^-}$$

$V_{\text{AgNO}_3}$  : volume de  $\text{AgNO}_3$  utilisé pour le titrage.

$N_{\text{AgNO}_3}$  : normalité de  $\text{AgNO}_3$  utilisé pour le titrage.

V : volume de lixiviat

$M_{\text{Cl}^-}$  : Masse molaire de  $\text{Cl}^-$ .

**II.6.2. Les Sulfates**

Les sulfates sont précipités en milieu chlorhydrique a l'état de sulfate de baryum.

Les précipité obtenu est stabilisé a l'aide d'une solution de Tween.

Les suspensions homogènes sont mesurées par spectrophotométrie.

**1/Réactifs :**

-une solution étalon de sulfate de sodium de 100mg/l de  $\text{SO}_4^{-2}$

-une solution chlorhydrique 10%.

-Une solution de  $\text{BaCl}_2$  stabilisé avec du Tween 80 ( polyoxyéthylène (80) sorbitan monolaurate ) avec :

- 5 g  $\text{BaCl}_2$

- 2.5g de Tween 80

- 50 ml d'eau

## 2/Manipulation

Dans une série de capsules de 50 cm<sup>3</sup> on introduit successivement :

Fiolle	blanc	1	2	3	4	5
SO <sub>4</sub> <sup>-2</sup> (ml)	0	1	2	3	5	10
Eau distillée (ml)	25	24	23	22	20	15
Correspondance en mg/l (SO <sub>4</sub> <sup>-2</sup> )	C	C <sub>1</sub>	C <sub>2</sub>	C <sub>3</sub>	C <sub>4</sub>	C <sub>5</sub>
HCl 1/10 (ml)	1	1	1	1	1	1
BaCl <sub>2</sub> (ml)stabilisé avec Tween	5	5	5	5	5	5

Une septième fiole sera préparée avec 25 ml de l'eau analysée. Agiter et attendre 15 minutes ; agiter de nouveau ; Lire au spectrophotomètre a la longueur d'onde 650 nm.

### II.6.3. Les Nitrates

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

#### 1/Réactifs et solution :

- Solution de salicylate de sodium à 0,5% (à renouveler toutes les 24 heures.)
- Acide sulfurique concentré
- Solution d'hydroxyde de sodium et de tartrate double de sodium et de potassium :
  - Hydroxyde de sodium.....400g
  - Tartrate double de sodium et de potassium.....60g
  - Eau distillée.....1000cm<sup>3</sup>
- Solution mère étalon d'azote nitrique .....0,1g/l :
  - Nitrate de potassium anhydre.....0,722g
  - Chloroforme (conservateur) .....1cm<sup>3</sup>
  - Eau distillée.....1000cm<sup>3</sup>
- Solution fille étalon d'azote nitrique à 5mg/l :
  - Diluer 50cm<sup>3</sup> de la solution mère à un litre avec de l'eau distillée.

**2/ Etablissement de la courbe d'étalonnage :**

-Dans une série de capsule de 50cm<sup>3</sup> on introduit successivement :

Numéro de capsule	T	1	2	3	4
Solution étalon de NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> à 5mg/l	0	1	2	5	10
Eau distillée (cm <sup>3</sup> )	10	9	8	5	0
Correspondance en mg/l d'azote nitrique	0	0,5	1	2,5	5
Solution de salicylate de sodium (cm <sup>3</sup> )	1	1	1	1	1

-Evaporer à sec au bain de sable.

-Après refroidissement, reprendre le résidu par 2 cm<sup>3</sup> d'acide sulfurique concentré en ayant soin de l'humecter complètement.

-Attendre 10 minutes, ajouter 15 cm<sup>3</sup> d'eau distillée puis 15 cm<sup>3</sup> de la solution d'hydroxyde de sodium et de tartrate double de sodium et de potassium qui développe la couleur jaune.

-Effectuer la lecture au spectrophotomètre à la longueur d'onde de 420 nm, soustraire des absorbance lues pour les étalons, la valeur lue pour le témoin.

-Construire la courbe d'étalonnage.

**3/ analyse de l'échantillon**

-Introduire 10 cm<sup>3</sup> de lixiviat dans une capsule de 60 cm<sup>3</sup>. Ajoute 1 cm<sup>3</sup> de solution de salicylate de sodium et pour suivre comme pour la courbe d'étalonnage.

-Préparer de la même façon un témoin avec 10cm<sup>3</sup> d'eau distillée.

-Effectuer les lectures de la valeur lue pour le témoin et se reporter à la courbe d'étalonnage.

**II.6.4. La dureté totale ou titre hydrométrique**

La dureté totale (TH) est la somme des concentrations calciques et magnésiennes. C'est un dosage par complexométrie à l'aide de l'EDTA, à PH = 10 et en présence du Noir d'Eriochrome (AFNOR NTF 90- 003).

**Réactif**

- Solution titrée d'E .D.TA N/50.
- Solution tampon.
- Indicateur noir Eriochrome T.

**Mode opératoire**

Dans un erlenmayer de 250ml, on met un volume de 10ml d'échantillon à analyser, la solution est chauffée à une température de 60°. Puis, on ajoute 1ml d'une solution tampon et quelques milligrammes de l'indicateur coloré (N.E.T), le mélange obtenu est titré par la solution d'E .D.T.A jusqu'au virage de rouge violet au bleu vert.

**Expression des résultats**

$$TH = \frac{N_{EDTA} \cdot V_{EDTA}}{V_{lixiviat}} \cdot 1000. \text{ (meq/l)}$$

**II.6.5. Le calcium****Réactifs**

- Solution d'E. D.T.A 0,01N.
- Solution de NaOH 1M.
- Indicateur murexide.

**Mode opératoire**

Dans un erlenmayer, on introduit 20ml de lixiviat avec 1ml d'une solution de NaOH puis en ajoutant quelques milligrammes d'indicateur coloré. Le mélange est titré avec une solution d'E. D.T.A jusqu'à la disparition de la teinte rose et l'apparition de la couleur pourpre (violet).

**Expression des résultats**

$$\text{Dureté calcique} = V_{EDTA} \times 4,008 F^\circ$$

**II.6.6. Le magnésium**

Les teneurs en  $Mg^{2+}$  sont calculées par différence des valeurs de la dureté totale et de celle du calcium.

**II.6.7. Le titre d'alcalinité (TA) et le titre d'alcalinité complet (TAC)**

Le titre alcalimétrique ou TA mesure la teneur en alcalis et en carbonates alcalins caustiques. Le titre alcalimétriques complet ou TAC correspond à la teneur en alcalis libres, carbonates et hydrogénocarbonates.

➤ **Mesure de titre alcaline alcalimétrique (TA)**

**Réactifs**

- Acide chlorhydrique HCl ou acide sulfurique H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> N/50.
- Solution de phénophtaléine dans l'alcool à 0,5%.

**Mode opératoire**

Dans un erlenmayer de 250ml, on introduit un volume de 100ml d'échantillon à analyser, en ajoutant 1 à 2 gouttes d'une solution alcoolique de phénophtaléine, une coloration rose doit alors se développer puis on titre avec l'acide à l'aide d'une burette, on agite jusqu'à décoloration complète de la solution.

**Expression des résultats**

$$TA = \frac{N_{\text{acide}} \cdot V_{\text{acide}}}{V_{\text{lixiviat}}} \cdot 1000. \text{ (meq/l)}$$

**N** : Normalité d' HCl ou H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>

**V** : Volume d' HCl ou H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> utilisé pour le titrage.

**V<sub>lixiviat</sub>** : Volume de la prise d'essai.

➤ **Mesure de titre alcalimétrique complet TAC**

**Réactif**

- Acide chlorhydrique HCl ou acide sulfurique H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> N/50.
- Solution de méthylorange.

**Mode opératoire**

On utilise l'échantillon traité précédemment s'il n'y a pas de coloration, on ajoute 1 à 2 gouttes de méthylorange puis on titre avec l'acide jusqu'au virage du jaune au jaune orangé.

**Expression des résultats**

$$TAC = \frac{N_{\text{acide}} \cdot V_{\text{acide}}}{V_{\text{lixiviat}}} \cdot 1000. \text{ (meq/l)}$$

**N** : Normalité d' HCl ou H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>

**V** : Volume d'acide HCl ou H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> utilisé.

**V<sub>lixiviat</sub>**: Volume de la prise d'essai.

### II.6.8. Instrument de mesure

Les éléments chimiques suivants: les nitrites, les Orthophosphates , phosphore total, l'ammonium, et la DCO ont mesuré par l'instrument de mesure photomètre; incorporé par un thermoréacteur sous l'action des réactifs du test en kit ( photos 2).

#### ➤ Le photolab " photomètre"

L'appareil de mesure photolab permet de mesurer plusieurs paramètres, leur grand afficheur multifonctions permet toutes les mesures standards.

Ce photomètre permet de déterminer la concentration de nombreux paramètres, le principe de base est le suivant: la concentration de la substance à déterminer; contenue dans l'échantillon à analyser réagit sous l'action des réactifs du test en kit pour former une coloration. Le protocole de fonctionnement est le suivant: Ouvrir le couvercle, insérer le tube codé et lire le résultat. La fonction "Auto Select" effectue tous les réglages nécessaires, le couvercle sert en même temps de protection contre la poussière et d'interrupteur avec fonction contrôle.

#### ➤ Thermo réacteur ou "réacteur thermique"

Il est utilisé pour la minéralisation, Les températures et le temps de réaction nécessaires sont programmés à l'aide du clavier à l'avant du réacteur. Il est également possible de présélectionner des temps de réaction ainsi qu'un fonctionnement continu. Lorsque la digestion est terminée, le réacteur se coupe automatiquement et une alarme retentit.



(1)



(2)

**Photos 2.** Photomètre photolab (1) et le thermo réacteur (2)

## II.7. Paramètres organiques [64,65]

### ❖ La demande chimique en oxygène (DCO)

Elle exprime la quantité d'oxygène nécessaire pour oxyder la matière organique (biodégradable ou non) d'un échantillon. La DCO est déterminée selon la norme AFNOR NT F 90-101. La mesure se fait avec un photomètre incorporé par un thermoréacteur (photo 5) avec un tube spécial contenant les réactifs (bichromate de potassium, sulfate de mercure, acide sulfurique) pour des échantillons non dilués.

Ce paramètre offre une représentation plus ou moins complète des matières oxydables présentes puisque certains composés comme les hydrocarbures aromatiques, les hétérocycles (pyridine) ne sont toutefois pas oxydés par cette méthode.

La mesure de la Demande Chimique en Oxygène d'un lixiviat peut être perturbée par la présence de nitrites et les sulfures mais surtout de chlorures, leur teneur maximale ne doit pas dépasser 2000 mg/L. Pour avoir des valeurs de la DCO fiable, les mesures ont été donc réalisées sur des échantillons dilués.

### ❖ La demande biologique en oxygène (DBO<sub>5</sub>) :

La DBO est la quantité d'oxygène nécessaire aux micro-organismes présents dans un milieu pour oxyder (dégrader) les substances organiques contenues dans un échantillon maintenu à 20° et dans l'obscurité, pendant 5 jours

La mesure de la Demande Biologique en Oxygène au bout de 5 jours a été facilitée par l'emploi d'oxitops WTW (figure II.3), cette mesure est effectuée pour estimer la biodégradabilité des échantillons.



**Figure II.3.** Système de mesure de la DBO OXITOP

La mesure avec OxiTop repose sur une mesure de la pression dans un système clos. Les micro-organismes qui se trouvent dans l'échantillon consomment l'oxygène en formant du

CO<sub>2</sub>. Celui-ci est absorbé avec NaOH. Il s'ensuit une dépression dont la mesure peut être lue directement dans la DBO en mg/l.

#### ❖ Le rapport DBO<sub>5</sub>/DCO

Ce rapport évalue la biodégradabilité d'une eau usée, c'est à dire la faculté de transformation de la matière organique en matière minérale, admissible par le milieu naturel. Il est calculé dans le but de déterminer le caractère biodégradable des molécules, et de suivre cette biodégradabilité au cours du temps.

### III. Résultats et interprétations

Le tableau II.2 donne les résultats des analyses effectuées sur les lixiviats de la décharge de Saida. L'examen du tableau montre que le lixiviat étudié accuse une charge polluante élevée.

**Tableau II. 2.** Résultats des caractéristiques physiques des lixiviats étudiés

Paramètres	résultats	Unités	Normes (valeurs limites)	Tolérances aux valeurs limites
T°	18,8	°C	30	30
pH	8,49	-	6,5-8 ,5	6,5-8 ,5
La conductivité	11,3	µS/cm	/	/
MES	58,4	mg/l	100	120
La turbidité	164	NTU	/	/

- Une contamination caractérisée par une odeur fécaloïde et une teinte foncée marron (couleur de café).
- La mesure du pH renseigne sur l'état de dégradation des déchets, on observe une montée de pH jusqu'à des valeurs relativement basiques, il est de l'ordre de 8,49, ce qui traduit par la phase de méthanogénèse, pauvre en acide gras volatils.
- La température joue un rôle très important dans l'augmentation de l'activité chimique ou bactérienne et de l'évaporation des eaux, elle varie en fonction de la température extérieure (l'air), des saisons.
- La valeur de la conductivité mesurée est de l'ordre 11,3 µS/cm indiquant la présence d'une forte charge ionique. Cependant cette mesure est plus utilisée dans l'optique de

détection d'une éventuelle pollution, que les autres paramètres n'auraient pas mise en lumière (cas de métaux lourds dissous dans l'eau par exemple).

- La turbidité de lixiviats est égale à 164 NTU, elle est due à la présence des matières en suspensions, et sa mesure présente un grand intérêt dans le contrôle de l'épuration et le traitement des effluents.

**Tableau II.3.** Résultats des caractéristiques chimiques des lixiviats étudiés

Paramètres	Lixiviat	Unités
Les chlorures $\text{Cl}^-$	3976	mg/l
Les sulfates $\text{SO}_4^{2-}$	880	mg/l
$\text{Mg}^{2+}$	259,52	mg/l
$\text{Ca}^{2+}$	204,4	mg/l
TA	0	
$\text{HCO}_3^-$	550	mg/l
Les nitrates $\text{NO}_3^-$	481,2	mg/l

La composition des lixiviats est une photographie de l'état des déchets à un certain moment de leur dégradation, la fraction minérale des lixiviats est essentiellement constituée de chlorures, sulfates, bicarbonates, magnésium, calcium et nitrates.

L'examen du tableau II.3 montre la complexité des lixiviats étudiés. La fraction minérale des lixiviats provient de la minéralisation de la matière organique et du lessivage des sels solubles. Cette dernière est très chargée en chlorures. Cependant, les sulfates sont fortement présents dans les lixiviats, ils proviennent de déchets non biodégradables riches en soufre tels que le bois et le plâtre.

En ce qui concerne le calcium et le magnésium, l'augmentation du pH réduit leur solubilité et favorise leur précipitation avec d'autres composés. Les bicarbonates sont de l'ordre de 550 mg/l proviendraient principalement de la dissolution du  $\text{CO}_2$  gazeux issu de la biodégradation de la fraction organique des déchets lors de la phase de la méthanisation [66]. La pollution azotée se caractérise par les formes oxydées ( $\text{NO}_3^-$   $\text{NO}_2^-$ ). Cette fraction est très importante dans les lixiviats. Elle est de l'ordre de 481,2mg/l,

La matière organique est la principale composante des lixiviats. Les composés organiques présents sont très diversifiés. Par conséquent, il est très difficile de connaître de manière précise et exhaustive la nature de chaque constituant. Deux paramètres physico-chimiques permettent de suivre l'évolution de la matière organique contenue dans les lixiviats

- La DBO<sub>5</sub> (Demande Biologique en Oxygène sur 5 jours) qui quantifie la biodégradabilité de l'effluent. Elle est exprimée en mg de O<sub>2</sub> consommé par litre de lixiviat,
- La DCO (Demande Chimique en Oxygène) qui correspond à la capacité de l'effluent à être oxydé : plus l'effluent est chargé en matière oxydable (majoritairement organique), plus la DCO sera élevée. Elle est exprimée en mg de O<sub>2</sub> consommé par litre de lixiviat,

La partie organique est liée à l'âge des déchets. La matière organique peut se retrouver dans les eaux de surface et souterraines quand les conditions minimales d'enfouissement de déchets ne sont pas respectées. Cependant, même si dans certaines décharges on assiste à la mise en place des géomembranes, la durée de vie de ces matériaux est mal connue vu qu'ils sont soumis à l'agressivité chimique des lixiviats. Une éventuelle fuite dans ces membranes peut occasionner la contamination de la nappe. Le tableau II.4 regroupe les résultats trouvés

**Tableau II.4.** Résultats des paramètres organiques des lixiviats étudiés

Paramètres	Lixiviat	Unités	Normes (valeurs limites)	Tolérances aux valeurs limites
<b>DCO</b>	6600	mg/l d'O <sub>2</sub>	280	300
<b>DBO<sub>5</sub></b>	1000	mg/l d'O <sub>2</sub>	85	100
<b>DBO<sub>5</sub> / DCO</b>	0,15	/	/	/

La demande chimique en oxygène (DCO) mesurée dans les lixiviats est de l'ordre de 6600mg/l, cette valeur est supérieure à la norme qui est de l'ordre de 280 mg/l. ces lixiviats conservent une DCO récalcitrante.

La demande biochimique en oxygène pendant 5 jours d'incubation (DBO<sub>5</sub>) indique la présence de matière organique consommée par les micro-organismes. La concentration réelle

de la  $DBO_5$  est limitée; car le milieu est chargé en toxiques métalliques inhibiteurs du développement des bactéries.

Le rapport  $DBO_5/DCO$  qui traduit la biodégradation des lixiviats diminue très rapidement avec l'âge de la décharge, ce rapport témoigne le caractère biodégradable de la pollution carbonée, il est de l'ordre de 0,15; Ceci dénote que le lixiviat étudiée est en phase intermédiaire. En plus, Cette diminution de la biodégradabilité est due au relargage dans le milieu de grosses macromolécules organiques du type substances humiques. [67]

Le tableau suivant présente l'évolution de la matière organique contenue dans les lixiviats en fonction de l'âge de la décharge [68].

**Tableau II.5.** Evolution temporelle des lixiviats [68]

	Jeunes	Intermédiaires	Vieux
Age	< à 5 ans	5 à 10 ans	> à 10 ans
pH	6,5	6,7 à 7,5	> 7,5
DCO (mg/L)	> 10 000	4 000 < DCO < 10 000	< 4 000
$DBO_5/DCO$	> 0,3	0,1 à 0,3	< 0,1
Biodégradabilité	Bonne	Moyenne	faible
Matière organique	A.G.V. = 80%	5% < A.G.V. < 30% + acides fulviques + acides humiques	acides humiques + acides fulviques

Les mesures analytiques des différents paramètres effectués sur les échantillons des lixiviats indiquent une pollution importante, il est donc apparu intéressant de traiter ce lixiviat.

#### IV. Traitement des lixiviats

Généralement, les techniques utilisées sont directement inspirées de celles adoptées pour l'épuration des eaux usées. La traitabilité des lixiviats dépend de leur composition et de la nature de la matière organique qu'ils contiennent. Il existe deux grandes catégories de techniques : les traitements biologiques et les traitements physico-chimiques. Ces deux types de techniques et les résultats obtenus sur différentes catégories de lixiviats ont fait l'objet de nombreuses études, que ce soit sur des pilotes de laboratoire ou sur des sites de décharges.

En raison des exigences croissantes des normes de rejet et de la stabilisation des lixiviats au cours du temps, de nouvelles techniques ont fait l'apparition dans ce domaine. Les

traitements physico-chimiques sont performants pour les lixiviats stabilisés. Ils peuvent également intervenir pour compléter un traitement (pré-traitement, étape de finition).

#### **IV.1. La coagulation-floculation**

Les traitements par coagulation-floculation comportent trois phases : la transformation des colloïdes en particules (ou coagulation, par sels de fer ou d'aluminium), l'agglomération des particules et matières en suspension (M.E.S.) (ou floculation, par polymères minérales ou organiques) et l'élimination des floccs par décantation. Le système fonctionne avec une régulation sur l'ajout des réactifs. Ce procédé est généralement utilisé comme pré-traitement.

#### **IV.2. Méthodologie d'étude**

Afin d'apprécier l'efficacité du traitement par coagulation-floculation à l'échelle du laboratoire en batch par Jar Test, un suivi de l'évolution des paramètres physico-chimiques, surtout de la turbidité, le pH et la DCO ont été réalisés avant et après traitement.

#### **IV.3. Essais de coagulation – floculation**

Du point de vue de la mise en œuvre de la coagulation-floculation, deux paramètres nécessitent une attention particulière lors du dimensionnement d'un traitement de coagulation-floculation : les quantités de réactifs à ajouter et les vitesses d'agitation du milieu réactionnel. Ces quatre valeurs (une quantité de réactif et sa vitesse d'agitation associée pour la coagulation puis une quantité de réactif et sa vitesse d'agitation associée pour la floculation) sont à déterminer. Et dans ce domaine, il n'existe pas de règle ou de formule de dimensionnement : ces valeurs ne peuvent être déterminées que de façon empirique, par des essais sur échantillons en laboratoire. [69]

##### **IV.3.1. Protocole expérimental**

Une application du procédé coagulation-floculation est réalisée sur les lixiviats à l'aide d'un Jar-Test, avec 4 béchers d'un litre. On remplit les quatre béchers avec 300 ml de lixiviat, puis on plonge les hélices du flocculateur dans les béchers,

Des doses croissantes en coagulant sont introduites dans les échantillons sous agitation rapide 150 tours /min pendant 10 minutes, et à la fin de l'expérimentation, on détermine les différents paramètres qui permettent d'obtenir l'eau la plus limpide, les floccs les plus gros et les mieux décantés.

Concernant les vitesses d'agitation, la seule certitude est que la coagulation nécessite une vitesse d'agitation plutôt rapide (afin de bien mélanger l'eau et que les colloïdes se rencontrent et se neutralisent) et que la floculation- quant à elle - nécessite une vitesse relativement lente (afin de favoriser la rencontre et l'agrégation des colloïdes mais sans détruire les floes déjà formés). Lors de l'étape d'agitation lente, les pales tournent 50 tour/min. Cette phase a une durée de 15 minutes. Les pales d'agitations sont ensuite retirées délicatement de lixiviats et on laisse décanter les échantillons pendant 30 minutes.

Suite à cette phase de décantation, les flocons sont examinés pendant l'agitation et après l'agitation. Après décantation, on prélève de chaque béccher un échantillon pour pouvoir mesurer le pH, la température, la turbidité, et la DCO.

### a/ Essais de coagulation

Afin d'observer l'effet de la dose de coagulant, on a introduit le coagulant dans le lixiviat étudié à des différentes quantités (0,1g ; 0,2g ; 0,4g ; 0,6g ; 0,8g et 1 g). Les coagulants choisis sont le Sulfate d'Aluminium  $Al_2(SO_4)_3 \cdot 18H_2O$  et le Chlorure Ferrique  $FeCl_3$ .

Pour chaque essai et à différente masse de coagulant ajouté, les conditions d'agitation sont 150trs/min pendant 10 min, 20 min ,30 min et 01heure.

On mesure après chaque essai et chaque temps choisi le pH, la température et la turbidité de l'échantillon à traité. Les résultats trouvés sont regroupés dans les tableaux suivants :

**Tableau II.6.** Essais de coagulation floculation de lixiviat avec 0,1g de coagulant

		pH	T °C	Turbidité (NTU)
m=0,1 g t = 10 mn	(Fe Cl <sub>3</sub> )	8,3	18,9	123
	Al <sub>2</sub> (SO <sub>4</sub> ) <sub>3</sub>	8,5	19	126
m=0,1 g t= 20 mn	(Fe Cl <sub>3</sub> )	8,5	18,4	137
	Al <sub>2</sub> (SO <sub>4</sub> ) <sub>3</sub>	8,60	17,9	124
m=0,1 g t = 30 mn	(Fe Cl <sub>3</sub> )	8,4	19,1	140
	Al <sub>2</sub> (SO <sub>4</sub> ) <sub>3</sub>	8,6	19,7	120
m=0,1 g t= 01 h	(Fe Cl <sub>3</sub> )	8,5	19,8	148
	Al <sub>2</sub> (SO <sub>4</sub> ) <sub>3</sub>	8,5	19,5	120

Tableau II.7. Essais de coagulation floculation de lixiviat avec 0,2g de coagulant

		pH	T °C	Turbidité (NTU)
m=0,2 g t = 10 mn	(Fe Cl <sub>3</sub> )	8,2	19,2	53
	Al <sub>2</sub> (SO <sub>4</sub> ) <sub>3</sub>	8,6	19,1	118
m=0,2 g t= 20 mn	(Fe Cl <sub>3</sub> )	7,6	18,8	68
	Al <sub>2</sub> (SO <sub>4</sub> ) <sub>3</sub>	8,6	18,5	112
m=0,2 g t = 30 mn	(Fe Cl <sub>3</sub> )	8,2	19,3	54
	Al <sub>2</sub> (SO <sub>4</sub> ) <sub>3</sub>	8,7	19,1	113
m=0,2g t= 01 h	(Fe Cl <sub>3</sub> )	8,2	20	52
	Al <sub>2</sub> (SO <sub>4</sub> ) <sub>3</sub>	8,2	20,7	103

Tableau II.8. Essais de coagulation floculation de lixiviat avec 0,4g de coagulant

		pH	T °C	Turbidité (NTU)
m=0,4 g t = 10 mn	(Fe Cl <sub>3</sub> )	7,8	19,1	70
	Al <sub>2</sub> (SO <sub>4</sub> ) <sub>3</sub>	8,6	19,4	120
m=0,4 g t= 20 mn	(Fe Cl <sub>3</sub> )	7,7	18,8	73
	Al <sub>2</sub> (SO <sub>4</sub> ) <sub>3</sub>	8,6	19,2	114
m=0,4 g t = 30 mn	(Fe Cl <sub>3</sub> )	8,1	19,3	67
	Al <sub>2</sub> (SO <sub>4</sub> ) <sub>3</sub>	8,7	20	124
m=0,4 g t= 01 h	(Fe Cl <sub>3</sub> )	8,3	20,1	56
	Al <sub>2</sub> (SO <sub>4</sub> ) <sub>3</sub>	8,3	20,5	108

Tableau II.9. Essais de coagulation floculation de lixiviat avec 0.6g de coagulant

		pH	T °C	Turbidité (NTU)
m=0,6 g t = 10 mn	(Fe Cl <sub>3</sub> )	7,7	19	117
	Al <sub>2</sub> (SO <sub>4</sub> ) <sub>3</sub>	8,6	19,1	129
m=0,6g t= 20 mn	(Fe Cl <sub>3</sub> )	7,7	18,9	86
	Al <sub>2</sub> (SO <sub>4</sub> ) <sub>3</sub>	8,6	19,4	119
m=0,6g t = 30 mn	(Fe Cl <sub>3</sub> )	7,6	19,2	76
	Al <sub>2</sub> (SO <sub>4</sub> ) <sub>3</sub>	8,6	19	115
m=0,6 g t= 01 h	(Fe Cl <sub>3</sub> )	8,3	19,7	106
	Al <sub>2</sub> (SO <sub>4</sub> ) <sub>3</sub>	8,2	20,3	95

Tableau II.10. Essais de coagulation floculation de lixiviat avec 0,8g de coagulant

		pH	T °C	Turbidité (NTU)
m=0,8 g t = 10 mn	(Fe Cl <sub>3</sub> )	7,3	19,1	95
	Al <sub>2</sub> (SO <sub>4</sub> ) <sub>3</sub>	8,6	18,7	115
m=0,8g t= 20 mn	(Fe Cl <sub>3</sub> )	7,9	18,6	108
	Al <sub>2</sub> (SO <sub>4</sub> ) <sub>3</sub>	8,6	18,4	116
m=0,8g t = 30 mn	(Fe Cl <sub>3</sub> )	8	19,2	85
	Al <sub>2</sub> (SO <sub>4</sub> ) <sub>3</sub>	8,6	18,9	117
m=0,8 g t= 01 h	(Fe Cl <sub>3</sub> )	8,1	19,7	74
	Al <sub>2</sub> (SO <sub>4</sub> ) <sub>3</sub>	8,1	20,4	125

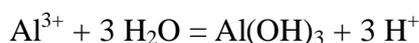
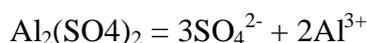
Tableau II.11. Essais de coagulation floculation de lixiviat avec 01g de coagulant

		pH	T °C	Turbidité (NTU)
m=01 g t = 10 mn	(Fe Cl <sub>3</sub> )	7,3	19,1	95
	Al <sub>2</sub> (SO <sub>4</sub> ) <sub>3</sub>	8,6	18,7	115
m=01g t= 20 mn	(Fe Cl <sub>3</sub> )	7,9	18,6	108
	Al <sub>2</sub> (SO <sub>4</sub> ) <sub>3</sub>	8,6	18,4	116
m=01g t = 30mn	(Fe Cl <sub>3</sub> )	8	19,2	85
	Al <sub>2</sub> (SO <sub>4</sub> ) <sub>3</sub>	8,6	18,9	117
m=01g t= 01 h	(Fe Cl <sub>3</sub> )	8,1	19,7	74
	Al <sub>2</sub> (SO <sub>4</sub> ) <sub>3</sub>	8,1	20,4	125

D'après les résultats obtenus indiqués sur les tableaux précédents, il ressort que :

- **Le pH**

Au cours du temps, l'ajout des coagulants entraîne une variation du pH, on remarque que les pH des lixiviats traités par les deux coagulants ont un caractère basique, à pH entre 6 et 8, lors de l'hydrolyse du sulfate d'aluminium, il se produit un précipité de l'hydroxyde d'aluminium (Al(OH)<sub>3</sub>) à des concentrations importantes. Cet hydroxyde possède une solubilité minimale dans l'intervalle de pH 5,5 - 7, il se forme par la réaction de Al<sup>3+</sup> avec 3OH<sup>-</sup> provenant de l'eau elle-même. [70]



Aux pH plus élevés que 7, le radical aluminate soluble Al(OH)<sub>4</sub><sup>-</sup> prédomine. Comme le sulfate d'aluminium, les sels ferriques forment des radicaux et polymères hydroxo-ferrique semblables à ceux de l'aluminium, leurs réactions d'hydrolyse sont cependant plus vigoureuses à des pH inférieurs à 4,5. D'autre part, l'hydroxyde ferrique est beaucoup moins amphotère que l'hydroxyde d'aluminium et forme un floc à des pH aussi plus élevés. [71,72]

- Vu ses effets sur la coagulation, la température présente des variations très large, l'augmentation de la température est suivie d'un taux élevé de formations des flocs.
- Les lixiviats présentent une turbidité importante liée à la présence de matière en suspension. Nous pourrions constater donc, que la quantité de coagulant est en général déterminée par le degré de turbidité.

#### IV.3.2.Taux de la turbidité

Le taux de la turbidité est donné par la formule suivante :

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

Turbidité initiale : Turbidité avant traitement

Turbidité finale: Turbidité après traitement

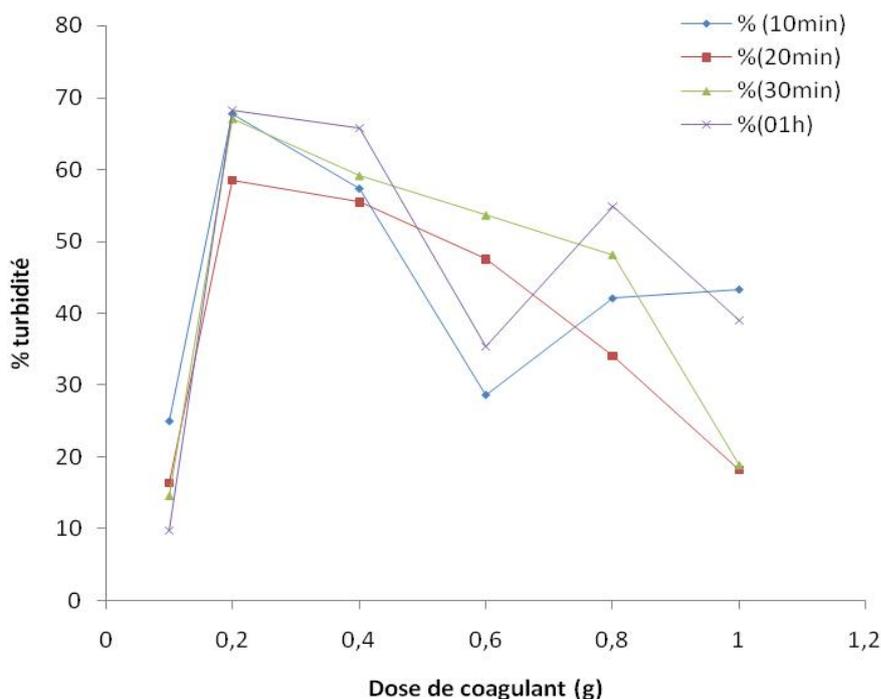
Les taux de turbidité des lixiviats étudiés sont regroupés dans les tableaux suivants :

**Tableau II.12.**Taux de la turbidité des lixiviats + FeCl<sub>3</sub>

<i>La turbidité initiale = 164 NTU</i>						
<b>Temps/dose de FeCl<sub>3</sub> en g</b>	<b>0,1</b>	<b>0,2</b>	<b>0,4</b>	<b>0,6</b>	<b>0,8</b>	<b>01</b>
<b>10 mn</b>	25	67,68	57,31	28,65	42,07	43,29
<b>20mn</b>	16,46	58,53	55,48	47,56	34,14	18,29
<b>30mn</b>	14,63	67,07	59,14	53,65	48,17	18,90
<b>1 heure</b>	9,75	<b>68,29</b>	65,85	35,36	54,87	39,02

Les évolutions de la turbidité des lixiviats en fonction de la dose du coagulant (le sulfate d'aluminium et le chlorure ferrique) sont illustrées sur les figures II.4 et II.5.

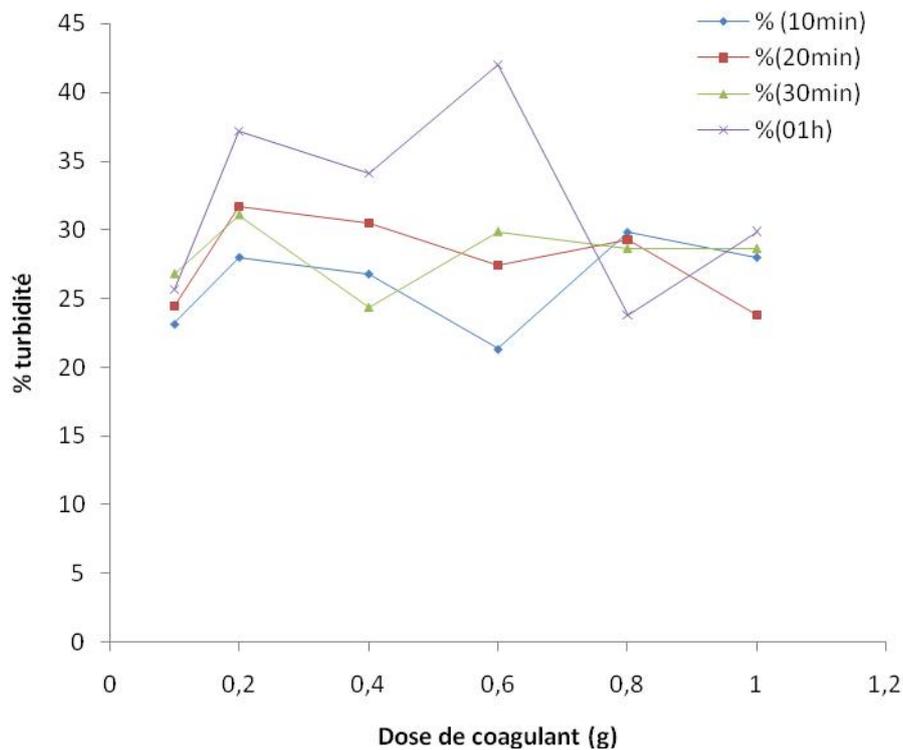
L'examen des figures indique que la turbidité augmente progressivement en fonction du temps d'agitation et de la quantité du coagulant ajouté, ce pouvoir coagulant marqué s'explique par les deux mécanismes suivants ; le premier est la déstabilisation de la suspension avec une diminution des effets de répulsion ceci favorise l'agglomération des particules et le second la formation du flocs colloïdaux .



**Figure II.4.** Evolution du taux de la turbidité en fonction de la dose de coagulant avec FeCl<sub>3</sub>

**Tableau II.13.** Taux de la turbidité des lixiviats + Al<sub>2</sub>(SO<sub>4</sub>)<sub>3</sub>

<i>La turbidité initiale = 164NTU</i>						
Temps/dose de Al <sub>2</sub> (SO <sub>4</sub> ) <sub>3</sub> en g	0,1	0,2	0,4	0,6	0,8	01
<b>10 mn</b>	23,17	28,04	26,82	21,34	29,87	28,04
<b>20mn</b>	24,39	31,70	30,48	27,43	29,26	23,78
<b>30mn</b>	26,82	31,09	24,39	29,87	28,65	28,65
<b>1 heure</b>	25,60	37,19	34,14	<b>42,02</b>	23,78	29,87



**Figure II.5.** Evolution du taux de la turbidité en fonction de la dose de coagulant avec  $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$

En vue de déterminer la qualité et le bon fonctionnement du procédé, la turbidité des lixiviats est soumise à un contrôle avant et après l'ajout de coagulant.

D'après les résultats et en absence des flocculants, on constate que le sulfate d'aluminium avec une masse de 0,6 g conduit à une bonne floculation, cependant, les résultats avec une masse de 0,2g de chlorure ferrique indiquent une assez bonne floculation, pour le même temps d'agitation d'une heure pour les deux coagulants utilisés.

La coagulation des lixiviats a donné une idée générale sur la dose optimale du coagulant qui est déterminé par la mesure de la turbidité, ainsi que le temps d'agitation. Cette étude constitue la première étape du traitement des lixiviats, la suite de cette étude est consacré à l'ajout des flocculons.

#### IV.3.3. L'ajout des flocculants

Il n'y a donc pas de règle absolue en matière de choix de polymères à utiliser pour un site donné. Des essais en laboratoire et éventuellement sur pilote sont alors conseillés au cas

par cas. Les résultats obtenus lors de cette étude ne sont par conséquent pas extrapolables. Ils permettent néanmoins de donner certains éléments de comparaison.

#### **IV.3.3.1. Agents flocculants**

Nous avons utilisé quatre types de flocculants minéraux et organiques :

- Minéral: le chitosane
- Composé organique naturel : l'amidon
- Minéral : la bentonite
- Gel de silice

Pour les essais de floculation, nous avons suivi les paramètres fixés par optimisation à l'aide d'un jar test, à savoir: une vitesse d'agitation de 40 à 50 tr/min durant 15 min à des doses de 0,2g et de 0,6g pour les coagulants classiques le chlorure ferrique et le sulfate d'aluminium respectivement avec un temps d'agitation d'une heure selon les taux de turbidité les plus élevés relevés dans la première partie.

Vu l'importance de la quantité du flocculant dans le processus de floculation, nous avons étudié différentes masses (0,1g ; 0,2g ; 0,3g et 0,5g) pour 04 types de flocculants ' l'amidon, le chitosane, la bentonite et le gel de silice.

#### **Mode opératoire**

On commence par l'ajout de coagulant ' le sulfate d'aluminium avec une masse de 0,6g et le chlorure ferrique avec une masse de 0,2g, on maintient une agitation 150 tr/min durant une heure, puis on ajoute le flocculant 'chitosane / l'amidon / bentonite/ et le gel de silice séparément avec une vitesse ralentie 40 à 50 tr/mn pendant 15 min, en examinant l'état des floccs pendant et après agitation.

On laisse décanter durant 30min - une heure, puis on récupère le surnageant pour analyse (mesure de la turbidité, le pH et la température) alors que la DCO est mesurée pour les meilleurs taux de la turbidité.

#### **IV.3.4. Résultats et discussions**

La floculation fait suite au traitement par coagulation, les résultats relevés lors des essais de floculation sont reportés sur les tableaux (II.14. – II. 23).

**Tableau II.14.** Essais de floculation des lixiviats avec l'ajout de l'amidon en présence de  $\text{FeCl}_3$ 

Masse réactif(g)	Masse de floculant Amidon (g)	Paramètre physico chimique				
		T °C	pH	turbidité	%de la turbidité	couleur
$\text{FeCl}_3$ 0,2g	0,1	18,3	8,5	134	18,29	marron
	0,2	18,2	8,4	132	19,51	marron
	0,3	18	8,5	121	<b>26,21</b>	Marron clair
	0,5	18,3	8,5	122	25,60	Marron clair

**Tableau II.15.** Essais de floculation des lixiviats avec l'ajout du chitosane en présence de  $\text{FeCl}_3$ 

Masse réactif(g)	Masse de floculant chitosane (g)	Paramètre physico chimique				
		T °C	pH	turbidité	%de la turbidité	Couleur
$\text{FeCl}_3$ 0,2g	0,1	19	8,5	122	25,60	Marron clair
	0,2	18,9	8,5	119	27,43	Marron clair
	0,3	18,9	8,5	117	28,65	Marron clair
	0,5	18,9	8,5	110	<b>32,92</b>	Marron clair

**Tableau II.16 .** Essais de floculation des lixiviats avec l'ajout de l'argile en présence de  $\text{FeCl}_3$ 

Masse réactif(g)	Masse de floculant Argile (g)	Paramètre physico chimique				
		T °C	pH	turbidité	%de la turbidité	Couleur
$\text{FeCl}_3$ 0,2g	0,1	18,8	8,5	110	32,92	Marron clair
	0,2	18,5	8,5	111	32,31	Marron clair
	0,3	18,5	8,5	112	31,70	Marron clair
	0,5	18,6	8,5	108	<b>34,14</b>	Marron clair

**Tableau II.17.**Essais de floculation des lixiviats avec l'ajout de gel de Silice en présence de  $\text{FeCl}_3$ 

Masse réactif(g)	Masse de floculant gel de Silice (g)	Paramètre physico chimique				
		T°C	pH	turbidité	%de la turbidité	Couleur
$\text{FeCl}_3$ 0,2g	0,1	19,8	8,6	102	37,80	Marron clair
	0,2	19,7	8,6	98	<b>40,24</b>	Marron clair
	0,3	19,8	8,5	101	38,41	Marron clair
	0,5	19,9	8,6	108	34,14	Marron clair

**Tableau II.18.**Essais de floculation des lixiviats avec l'ajout de l'amidon en présence de  $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ 

Masse réactif(g)	Masse de floculant Amidon (g)	Paramètre physico chimique				
		T°C	pH	turbidité	%de la turbidité	Couleur
$\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ 0,6g	0,1	18,4	8,4	331	-	Marron foncé
	0,2	17,7	8,3	317	-	Marron foncé
	0,3	17,6	8,3	326	-	Marron foncé
	0,5	17,8	8,3	343	-	Marron foncé

**Tableau II.19.**Essais de floculation des lixiviats avec l'ajout du chitosane en présence de  $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ 

Masse réactif(g)	Masse de floculant chitosane (g)	Paramètre physico chimique				
		T°C	pH	turbidité	%de la turbidité	Couleur
$\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ 0,6g	0,1	18,8	8,3	343	-	Marron foncé
	0,2	18,7	8,3	422	-	Marron foncé
	0,3	18,8	8,3	349	-	Marron foncé
	0,5	18,9	8,3	317	-	Marron foncé

**Tableau II.20.**Essais de floculation des lixiviats avec l'ajout de l'argile  
en présence de  $Al_2(SO_4)_3$

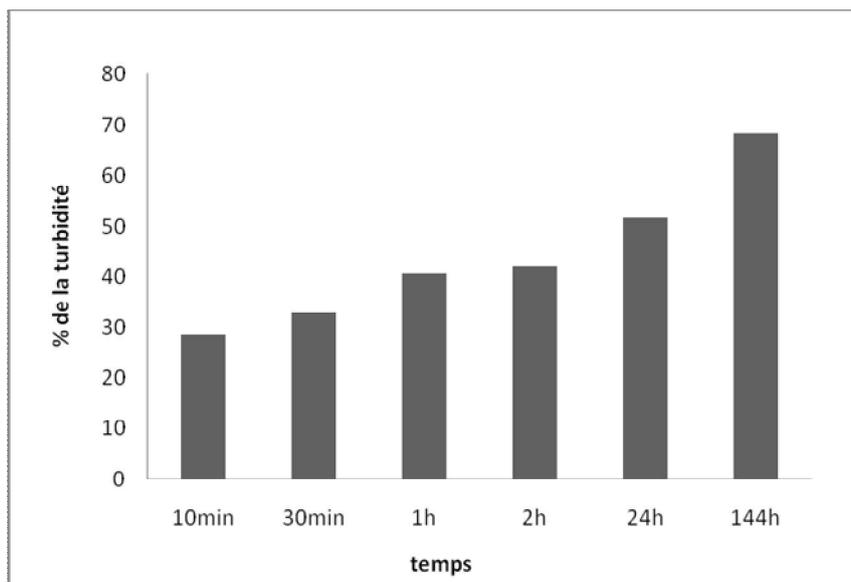
Masse réactif(g)	Masse de flocculant Argile (g)	Paramètre physico chimique				
		T°C	pH	turbidité	%de la turbidité	Couleur
$Al_2(SO_4)_3$ 0,6g	0,1	19	8,4	348	-	Marron foncé
	0,2	19	8,4	368	-	Marron foncé
	0,3	18,8	8,4	386	-	Marron foncé
	0,5	18,9	8,3	346	-	Marron foncé

**Tableau II.21.**Essais de floculation des lixiviats avec l'ajout de gel de silice  
en présence de  $Al_2(SO_4)_3$

Masse réactif(g)	Masse de flocculant Gel de silice (g)	Paramètre physico chimique				
		T°C	pH	turbidité	%de la turbidité	Couleur
$Al_2(SO_4)_3$ 0,6g	0,1	20,1	8,5	356	-	Marron foncé
	0,2	19,6	8,4	344	-	Marron foncé
	0,3	20	8,4	215	-	Marron foncé
	0,5	19,9	8,4	312	-	Marron foncé

**Tableau II.22.**Essais de floculation des lixiviats avec l'ajout de mélange chitosane/argile en présence de  $FeCl_3$

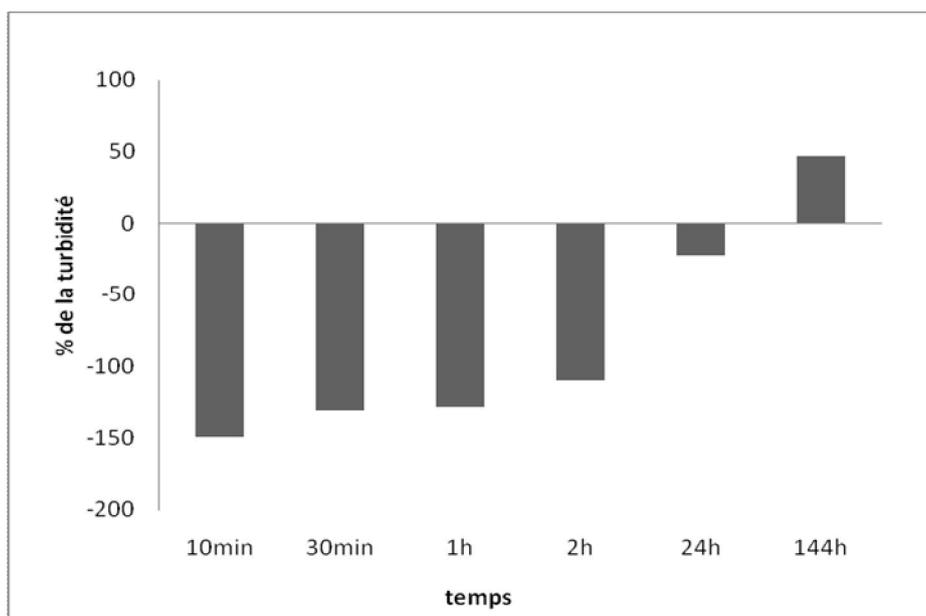
Flocculant		10min	30min	1h	2h	24h	144h
0,25g Argile + 0,25gChitosan	turbidité (NTU)	117	110	97	95	79	52
	% de turbidité	28,65	32,92	<b>40,85</b>	42,07	51,82	68,29



**Figure II.6.** Evolution du taux de la turbidité avec l’ajout de mélange chitosane/argile en présence de  $FeCl_3$

**Tableau II.23.**Essais de floculation des lixiviats avec l’ajout de mélange chitosane/argile en présence de  $Al_2(SO_4)_3$

Floculant		10min	30min	1h	2h	24h	144h
0,25g Argile + 0,25gChitosane	turbidité (NTU)	409	380	375	344	202	88
	% de turbidité	-149,39	-131,7	-128,65	-109,75	-23,17	46,34



**Figure II.7.** Evolution du taux de la turbidité avec l’ajout de mélange chitosane/argile en présence de  $Al_2(SO_4)_3$

L'influence de la dose de l'agent flocculant sur la coagulation des lixiviats a été étudiée en ajoutant des quantités croissantes de 0,1 -0,5g de flocculant. L'objectif visé est celui de déterminer la dose du flocculant permettant un meilleur effet sur le traitement des lixiviats ;

Les résultats obtenus révèlent que :

➤ **En présence de chlorure ferrique**

La diminution de la turbidité du lixiviat traité avec l'ajout des agents flocculants correspond à la formation des agrégats précipitables, Une masse de 0,2 g de gel de silice fait chuter la turbidité jusqu'à un taux de 40,24%. Le gel de silice permet ainsi d'accélérer le processus de clarification sans augmenter la dose. Cependant, le taux de la turbidité des lixiviats traités atteint 34,14%, 32,92% et 26,21% avec l'argile, chitosane et l'amidon respectivement.

➤ **En présence de sulfate d'aluminium**

On observe une augmentation de la turbidité résiduelle après traitement dès les plus faibles masses ajoutées du différents flocculants, les résultats ont été négatifs. Tout autre ajout semble inefficace et n'influe pas sur le procédé du traitement.

➤ **L'ajout de mélange chitosane/argile**

Le mélange chitosane / bentonite a montré une affinité différente avec les deux coagulants. Les essais de floculation des lixiviats avec l'ajout de mélange chitosane/argile en présence de  $\text{FeCl}_3$  montrent que la bentonite s'avère une particule colloïdale idéale en combinaison avec le chitosane pour accroître l'efficacité du traitement et du taux de turbidité en fonction du temps jusqu'à atteindre 68,29% après une durée de 144h.

Alors que, l'effet du traitement reste inefficace en présence du sulfate d'aluminium pour une durée de 144h avec un taux de turbidité de l'ordre de 46,43%.

Donc, si on compare les deux essais, on constate que le  $\text{FeCl}_3$  reste le meilleur coagulant pour les essais du traitement des lixiviats avec l'ajout de mélange chitosane/argile.

Les résultats obtenus prouvent qu'il peut exister une synergie entre le chitosane et la bentonite dans le processus du traitement des lixiviats.

Dans ce cadre, les essais du traitement des lixiviats par coagulation-floculation ont été effectués avec différents adjuvants en présence du sulfate d'aluminium et de chlorure ferrique, la meilleure élimination de la turbidité détermine la qualité du processus, le taux d'élimination pour les différents flocculants testés en présence le meilleur coagulant « le chlorure ferrique » avec une un temps d'une heure suit l'ordre suivant : mélange

argile/chitosane (40,85%) > gel de silice (40,24%) > argile (34,14%) > chitosane (32,92%) > amidon (26,21%).

Globalement, le mélange chitosane/argile et gel de silice montrent une grande efficacité dans la coagulation-floculation des lixiviats, car la turbidité est passée du 164 NTU à 97 et 98 NTU.

➤ **Pour la DCO et la DBO<sub>5</sub>**

Selon les résultats de la turbidité, la mesure de la DCO est effectuée sur le meilleur taux obtenu, le chlorure ferrique en présence de gel de silice donne le meilleur résultat. La DCO des lixiviats traités passe de 6600 mg d'O<sub>2</sub>/l à 1000 mg d'O<sub>2</sub>/l avec un taux d'élimination de 84,84%, cependant, la valeur de la DBO<sub>5</sub> abaisse jusqu'à 200 mg d'O<sub>2</sub>/l. ces résultats prouvent que la dégradation de la matière organique contenue dans les lixiviats étudiés est moyenne et reste incomplète, ceci est dû probablement aux acides gras volatils ou aliphatiques à courtes chaînes, aux taux des sels dissous qui inhiberaient les micro-organismes, au type de déchets et à la présence des métaux lourds.

**V. Etude de la performance du chitosane et bentonite comme agent coagulant/floculant**

Le recours à l'ajout des réactifs comme agents de coagulation non polluants et non toxique comme le chitosane et la bentonite permet de tester l'efficacité du traitement par ces deux produits naturels,

On a suivi le même protocole expérimental de coagulation décrit précédemment avec le sulfate d'aluminium et le chlorure ferrique. Pour ce faire, on a choisi une seule masse de 0,1g de chitosane et de bentonite séparément comme une dose d'agent coagulant, et on continu le traitement par mesure de la turbidité finale, de la température et du pH. Les résultats trouvés sont regroupés dans les tableaux suivants :

**Tableau II.24.** Essais de coagulation floculation de lixiviat avec 0,1g d'agent coagulant

		pH	T °C	Turbidité (NTU)
m=0,1 g t = 10 mn	chitosane	8,6	23	68
	bentonite	8,7	22	73
m=0,1g t= 20 mn	chitosane	8,7	22	65
	bentonite	8,8	21	70
m=0,1g t = 30mn	chitosane	8,7	21	69
	bentonite	8,7	21	69
m=0,1g t= 01 h	chitosane	8,8	20	67
	bentonite	8,8	20	63

**Tableau II.25.** Taux de la turbidité des lixiviats + l'agent coagulant

<i>La turbidité initiale = 78 NTU</i>		
Temps	dose de chitosane en g 0,1	dose de bentonite en g 0,2
10 mn	12,82	6,41
20mn	<b>16,66</b>	10,25
30mn	11,53	11,53
1 heure	14,10	<b>19,23</b>

Les résultats trouvés montrent que le chitosane et la bentonite peuvent être considérés comme des aide-coagulants dans le traitement, car ils sont non toxiques et ils produisent moins de boue dans les mêmes conditions que le sulfate d'aluminium et le chlorure ferrique. Ceci est prouvé par les résultats de la turbidité trouvés.

D'après les essais de coagulation-floculation, les chlorures de fer sont plus performants que les sels d'aluminium, ceci est signalé par la plupart des auteurs [73-75].

Cependant, le surnageant conserve un caractère encrassant, la DCO n'est pas totalement éliminée par la coagulation-floculation. Donc, l'ensemble des résultats montre la

nécessité de combiner les différents types de traitements physico-chimiques et biologiques pour ce type de lixiviats dont les caractéristiques évoluent avec l'âge de la décharge afin qu'ils répondent aux normes strictes de rejet.

## *Conclusion générale*

Le travail présenté dans ce mémoire avait pour objectif de caractériser et de proposer une méthodologie pour traiter les lixiviats de la décharge de Saida par coagulation-floculation avec l'utilisation de plusieurs flocculants minéraux et organiques.

La démarche adoptée pour mener cette étude est basée sur:

- Une étude bibliographique sur la situation actuelle de la gestion des déchets en Algérie;
- Une étude expérimentale : Nous avons caractérisé un ensemble de paramètres pour mieux appréhender la composition des lixiviats avant et après leur traitement par coagulation-floculation selon les moyens disponibles au laboratoire.

Les résultats des analyses physico-chimiques des lixiviats ont révélé une forte charge minérale et organique; la DCO peut atteindre 6600 mg O<sub>2</sub>/l. Cette qualité physico-chimique dépend de nombreux facteurs tels que le mode d'exploitation du CSDU (la gestion du site, sa topographie, sa situation géographique et le degré de compaction des déchets), les variations climatiques saisonnières (précipitation, humidité, évapotranspiration...), mais surtout de la nature des déchets entreposés, et du stade d'évolution du casier de déchets (âge). En outre, les caractéristiques des percolats sont elles-mêmes évolutives en fonction de l'âge du dépôt et de son état de décomposition.

L'efficacité du procédé dépend essentiellement de la dose des agents de la coagulation – floculation et du temps d'agitation. La turbidité est devenue un meilleur paramètre indicateur d'efficacité de cette clarification, les essais de coagulation – floculation montrent que le chlorure ferrique est le plus efficace que le sulfate d'aluminium, leurs meilleures performances sont obtenues avec le gel de silice et le mélange chitosane/argile (bentonite). Ceci est confirmé par le taux de la turbidité. Les essais de floculation montrent que le degré de pollution reste important. Ceci est confirmé par le taux de la DCO et de la turbidité.

Étant donné l'hétérogénéité des lixiviats, il n'existe pas de solutions simples et uniques de traitement. Toutefois, il est impératif que la filière envisagée pour traiter ces effluents très particuliers réponde, quant à son efficacité, aux normes de rejets imposées en fonction de la sensibilité du milieu récepteur et de ses évolutions au cours du temps.

Comme perspective, le gestionnaire doit être conscient que les lixiviats vont évoluer au cours du temps et devenir de plus en plus difficiles à traiter par voie biologique. Il est donc fort important de tenter de connaître comment et à quelle vitesse leurs propriétés vont évoluer.

le cadre du présent travail peuvent faire l'objet d'une étude ultérieure plus poussée, visant la mise en œuvre de combiner les différents types de traitements physico-chimiques et biologiques.

## *Références bibliographiques*

- [1]: Fadila MEZOUARI. SANDJAKDINE, Conception et exploitation des centres de stockage des déchets en Algérie et limitation des impacts environnementaux, thèse de doctorat, école polytechnique d'architecture et d'urbanisme, 2011.
- [2] PNUE. Programme d'Aménagement côtier (PAC) " Zone côtière Algéroise". Lutte contre la pollution liée aux déchets solides – Diagnostic, 70 pages. 2004.
- [3] KITTELBERGER. Projet de contrôle de la pollution dans le Grand Alger collecte et élimination des déchets solides. Rapport Mission1- Tome 1 – Ministère de l'Équipement / Direction de l'Hydraulique, Wilaya d'Alger. 1994.
- [4] ALOUEIMINE S.O. Méthodologie de caractérisation des déchets ménagers à NOUAKCHOUT (Mauritanie) contribution à la gestion des déchets et outils d'aide à la décision. thèse de doctorat .Université de Limoges. 2006.
- [5] CHARNAY F. Compostage des déchets urbains dans les PED : Elaboration d'une démarche méthodologique pour une production pérenne de compost. Thèse de doctorat. Université de Limoges. 2005.
- [6] TABEL - AOUL. Type de Traitement des déchets solides Urbains : Evaluation des coûts et impacts sur l'environnement. Revue. Energ.Ran / Production et Valorisation Biomasse, P 93 -98. 2001.
- [7] ISMAIL A.R. Caractérisation et Traitement des lixiviats générés par les déchets du centre d'enfouissement technique d'Ouled Fayet.Mémoire de fin d'étude, Ecole polytechnique. 2008.
- [8] BEN AMMAR S. Les enjeux de la caractérisation de déchets ménagers pour le choix de traitements adoptés dans les pays en développement : Résultats de la caractérisation dans le grand Tunis. Mise au point d'une méthode adoptée. Thèse de doctorat. Institut Polytechnique de Lorraine. 2006.
- [9] KEHILA Y., MEZOUARI F., MATEJKA G., Impact de l'Enfouissement des déchets solides urbains en Algérie: Expertise de deux Centres d'Enfouissement Technique (CET) à Alger et Biskra in revue francophone d'écologie industrielle, Sciences & Techniques, No. 56, 4ème trimestre, Déchets. 2009.

- [10] Colin F., Étude des mécanismes de la genèse des lixiviats. Inventaire et examen critique des tests de laboratoire, Nancy IRH.- Rapport RH 84-136. 1984.
- [11] Woese C.R., Bacterial evolution, Microbiol. Rev. 51,221-271. 1987.
- [12] Source : DPSP ex DPAT de Saïda
- [13] Navarro A., Bernard D. et Millot N. Les problèmes de pollution par les lixiviats de d MATEJKA G., BOUVET Y., EMMANNUEL E., KOULI DIATI J., NGNIKAME., 1988.
- [14] TANAWAE. Et VERMANDE P. Gestion maîtrisée des déchets solides Urbains et de l'assainissement dans les pays en voie de développement, les besoins en études scientifiques et technique spécifique en outils méthodologiques adaptés, 11 pages. écharge. Techniques Sciences et Méthodes, 3, 541- 545. 2005.
- [15] MOKRANE A. Epuration des lixiviats des décharges, prétraitement par coagulation, floculation, traitement par osmose inverse, post-traitement par incinération. Thèse doctorat, spécialité Gestion et Traitement des déchets , INSA de Lyon. 1994.
- [16] Gettinby J.H., Sarsby R.W., Nedwell J., The composition of leachate from landfilled refuse, Proc. Inst. Civ. Eng. Mun. Eng. 115 ,47–59. 1996.
- [17] Kehila Y., Aina M., Mezouari F., Matejka G., Mamma D., Quelles perspectives pour l'enfouissement technique et le stockage éco-compatible des résidus solides dans les ped vis-à-vis des impacts sur l'hydrosphère urbaine ? Actes des JSIRAUF, Hanoi, 6-9 novembre 2007.
- [18] « Comment traiter les lixiviats » ; Décision Environnement 57 – juin, 1997.
- [19] MASSCHELEIN W.J., Processus unitaires du traitement de l'eau potable. Editeur : Cebedoc (novembre 5, 1999.
- [20] CARDOT C. Les traitements de l'eau. Procédés physico-chimiques et biologiques. Ellipses Edition Marketing S.A., 1999.
- [21] VALIRON F., Gestion des eaux : alimentation en eau – assainissement, Presses de l'école nationale des ponts et chaussées, Paris, 1989.
- [22] LIND C., A coagulant road map, Public Works, 36-38, March 1995.
- [23] LIND C., Coagulation Control and Optimization: Part 1, PublicWorks, Oct. 1994.
- [24] LIND C., Coagulation Control and Optimization: Part 2, Public Works, Nov. 1994.
- [25] CIDF Centre International De Formation. Principes généraux de traitement des eaux, Lyonnaise des Eaux, 2000.
- [26] MUZZARELLI R.A.A.. Chitin. 1re Édition, Pergamon Press, Oxford, Angleterre. 1977.
- [27] ROBERTS G.A.F. Chitin chemistry. MACMILLAN PRESS, Londres, Angleterre. 1992.

- [28] BRINE C.J., P.A. SANDFORD et J.P. ZIKAKIS. *Advances in chitin and chitosan*. Elsevier, Londres, Angleterre. 1992.
- [29] CUROTTO E. et F. AROS. Quantitative determination of chitosan and the percentage of free amino groups. *Anal. Biol.*, 211, 240-241. 1993.
- [30] GOOSEN M.F.A. *Applications of chitin and chitosan*. Technomic, Lancaster, PA, États-Unis. 1997.
- [31] JUANG R.S. et R.C. SHIAU. Metal removal from aqueous solutions using chitosan-enhanced membrane filtration. *J. Membr. Sci.*, 165, 159-167. 2000.
- [32] AIBA S., M. IZUME, N. MINOURA et Y. FUJIWARA. Studies on chitin – preparation and properties of chitin membranes. *Carbohydr. Polym.*, 5, 285-295. 1985.
- [33] DAUTZENBERG H., W. JEAGER, J. KOTZ, B. PHILLIPP, C. SEIDEL et D. STSCHEERBINA. *Polyelectrolyte, formation, characterization and application*. Hanser, New York, N.Y., États-Unis. 1994.
- [34] HIRANO S. *Chitin and chitosan*. Elsevier, New York, NY, États-Unis. 1989.
- [35] MUZZARELLI R.A.A. Chitosane-based dietary foods. *Carbohydr. Polym.*, 29, 309-316. 1996.
- [36] CHEN L., D. CHEN et C. WU. A new approach for the flocculation mechanism of chitosan. *J. Polym. Env.*, 11, 89-92. 2003.
- [37] COUGHLIN R.W., M.R. DESHAIES et E.M. DAVIS. Chitosan in crab shell wastes purifies electroplating wastewater. *Environ. Prog.*, 9, 35-40. 1990.
- [38] HIRANO S. Chitin biotechnology applications. *Biotechnol. Annu. Rev.*, 2, 237-258. 1996.
- [39] HIRANO S. Chitin and chitosan as novel biotechnological. *Polym. Int.*, 48, 732-734. 1999.
- [40] KIM T.Y., K.J. KIM, H. MOON et J.H. YANG. Adsorption of cupric ions on chitosan. *J. Korean Ind. Eng. Chem.*, 10, 268- 274. 1999.
- [41] MURCOTTE S. et D.R.F. HARLEMAN. The efficacy of chitosan and other natural polymers in removing COD, TSS, heavy metals and PAHs from municipal wastewater. Sea Grant College Program Massachusetts Institute of Technology, Project No. RT-1, Cambridge, MA, États-Unis, 71 p.1993a.

- [42] MURCOTTE S. et D.R.F. HARLEMAN. Mit jar test of Massachusetts reservoir water using the natural polymer chitosan with bentonite. Sea Grant College Program Massachusetts Institute of Technology, Project No. 92-A-5, Cambridge, MA, États-Unis, 47 p. 1993b.
- [43] FREHAUT G. Un procédé "propre" de production du chitosane. Bulletin Électronique (BE) Allemagne, 121 p. 2002.
- [44] NWE N. et W.F. STEVENS. Production of fungal chitosane by solid substrate fermentation followed by enzymatic extraction. *Biotechnol. Lett.*, 24, 131-134. 2002.
- [45] PELLETIER A., I. LEMIRE, J. SYGUSH, E. CHORNET et R.P. OVEREND. Chitin/chitosan transformation by thermo-mechano-chemical treatment including characterisation by enzymatic depolymerisation. *Biotechnol. Bioeng.*, 36, 310-315. 1990.
- [46] PLONSKI B.A., H.V. LUONG et E.J. BROWN. Arsenic sorption by chitosan and chitin deacetylase production by *Mucor rouxii*. *Biorecovery*, 1, 239-253. 1990.
- [47] CHATTERJEE S., M. ADHYA, A.K. GUHA et B.P. CHATTERJEE. Chitosan from *Mucor rouxii*: Production and physico-chemical characterization. *Proc. Biochem.*, 40, 395-400. 2005.
- [48] NIOLA F. Etude de la réaction de désacétylation de la chitine par le procédé thermo-mécano-chimique. Mémoire de maîtrise, Université de Sherbrooke, Sherbrooke, QC, Canada, 128 p. 1991.
- [49] NO H.K, Y.I. CHO, H.R. KIM et S.P. MEYERS. Effective deacetylation of chitin under conditions of 15 psi/121°C. *J. Agric. Food Chem.*, 48, 2625-2627. 2000.
- [50] PELLETIER A. Valorisation de la chitine par sa transformation en produits chitine/chitosane variés grâce à des procédés thermo-mécano-chimiques et enzymatiques. Thèse de Doctorat, Université de Sherbrooke, Sherbrooke, QC, Canada, 160 p. 1991.
- [51] Howard, W. T. M. Biomimetic materials and design: biointerfacial strategies, tissue engineering, and targeted drug delivery. New York, Marcel Dekker, Chap.10, 679 p. 2002.
- [52] Guy, A., P. Roland et G. Claude. Précis de minéralogie. Paris, Masson, 335 p. 1978.
- [53] I. Lipatov, «Colloid chemistry of polymers». Amsterdam, Elsevier, 450 p. 1988.
- [54] H. P. Klug et L. E. Alexander. «X-ray diffraction procedures for polycrystalline and amorphous materials». New York, J. Wiley, 716 p. 1967.
- [55] [http://fr.wikipedia.org/wiki/Gel\\_de\\_silice#cite\\_note-2](http://fr.wikipedia.org/wiki/Gel_de_silice#cite_note-2)

- [56] EPA – Environmental Protection Agency, Wastewater Technologie Fact Sheet, Chemical Precipitation, EPA 832-F-00-018, September 2000, 8 p. 2000a.
- [57] Rachid HAKKOU, «La décharge publique de Marrakech caractérisation des lixiviats, étude de leur impact sur les ressources en eau et essais de leur traitement » thèse de Doctorat de l'université Cadi Ayyad, faculté des sciences et techniques, Marrakech ; 2001.
- [58] Chian E. S. K., Pohland F. G., Chang K.C. & Harger S. R. Leachate generation and control at landfill disposal sites. Proc. Of Intern. Conf. New direction and research in waste treatment and residuals management, Vancouver. 1985.
- [59] Etude d'aménagement et de réalisation du centre d'enfouissement technique de Saida. Par le BET « AGRO-DEV » Tlemcen.
- [60] Fatima moussaoui, "essais du traitement des lixiviats de la décharge de Saida par coagulation floculation ", mémoire d'ingénieur, option génie de l'environnement, université de Saida, 2009.
- [61] Heyer K-U., Stegmann R. & Ehrig H-J. Leachate treatment : principles and options- International Training seminar "Management and treatment of MSW landfill leachate, Venice; 2-4 december. XX-1 – XX –18. Sanitary Environmental Engineering Centre, Cagliari, Italy. 1998.
- [62] TSM, -L'eau, Les lixiviats des décharges. Le point des connaissances en 1990. " Revue publiée par l'Association Général des Hygiénistes et Techniciens Municipaux, N°6, 289-314. 1990.
- [63] J. RODIER, « Analyse de l'eau », 6<sup>ème</sup> éd. Dunod, 1978.
- [64] J. RODIER, « Analyse de l'eau », BORDAS, Paris, 1984.
- [65] Vilge-Ritter ASTRIDE, « Etude des mécanismes d'élimination de la matière organique des eaux de surface par coagulation- floculation à l'aide de sels d'Aluminium ou de Fer, Thèse de Doctorat en Sciences de l'Université de Droit, d'Economie et des Sciences d'Aix-Marseille, 1997.
- [66] Harmsen J. Identification of organic compounds in leachate from a waste tip. *Water. Res.* 17 (6) 699-705. 1983
- [67] P. COURANT et D. AIMAR, « Les technologies disponibles en matière de traitement des lixiviats ». *L'Eau, L'Industrie, Les Nuisances*, N°. 192, mai, 46-50 1996.
- [68] Millot N. Les lixiviats de décharge contrôlée, Caractérisation analytique et étude des filières de traitement. Thèse INSA-Lyon-France , 180 pages. 1986.

- [69] <http://fr.wikipedia.org/wiki/Coagulation-floculation>; Encyclopédie libre, « Coagulation-floculation,
- [70] S. COUSIN « Contribution à l'amélioration de la qualité des eaux destinées à l'alimentation humaine par utilisation d'argiles au cours des traitements de floculation-décantation », Thèse de Doctorat 3<sup>ème</sup> cycle, Université Paris V, France. 1980.
- [71] K.BENABEDALLH, H. GUITOUNI, « Contribution à l'étude de l'efficacité de quelques polymères en qualité d'adjuvants de coagulation-Floculation sur les eaux usées industrielle de l'unité SOITEX de Nedroma », mémoire DEUA, Institut de chimie Université Aboubakr Belkaid, Tlemcen, 1996.
- [72] A. BAZER- BACHI ; « Influence de la qualité d'une eau sur l'efficacité de la coagulation par le sulfate d'aluminium », Thèse de doctorat INSAT, Université Paul Sabatier, Toulouse, 1986.
- [73] D.TREBOUET, A.BERLAND, J.P.SCHLUMPF, P.JAOUEN et QUEMENEUR  
« Traitement de lixiviats stabilisés de décharge par des membranes de nanofiltration » ;  
Revue des sciences de l'eau 3 (365-381), 1998.
- [74] A. AMOKRANE, C. COMEL et J.VERON « Landfill leachate pretreatment by coagulation-floculation ». Wat. Res. (31) 11, 2775-2782. 1994.
- [75] H-J EHRIG. « Physical-chemical processes- Stripping, precipitation, floculation- International Training seminar » ; Management and treatment of MSW landfill leachate, Venice; 2-4 december. XXII-1 – XXII –16. Sanitary Environmentl Engineering Centre, Cagliari, Italy. 1998.

## ***Organisation du service chargé de la gestion des déchets***

L'organisation générale de la collecte des déchets ménagers et de nettoyage des voies publiques de la ville de **Saïda** est chapotée par une direction de la maintenance, des moyens généraux et de l'environnement et gérée par un service de nettoyage et de l'environnement. Le tableau ci-dessous nous indique l'organisation de cette structure.

**Tableau. L'organisation générale de la collecte des déchets ménagers et de nettoyage**

<b>Services</b>	<b>Caractéristiques</b>	<b>Descriptions</b>
<b>Service administration</b>	Personnel	- 01 Chef de service - 02 Chefs de section - 01 secrétaire
	Infrastructures	- 01 structure administrative - 01 garage Abri - 01 station de service - 01 magasin
<b>Service collecte des déchets</b>	Nombre de secteurs	13 secteurs
	Mode de collecte	- Système porte à porte (environ 80 %) - Système apport volontaire (environ 20 %)
	Moyens matériels de pré collecte	- 06 caissons métalliques - Important nombre de bacs à ordures ménagères (Acquisition de 1500 bacs en cours)
	Moyens matériels de collecte	- 13 camions dont 10 à bennes tasse usées et 03 basculantes * 06 camions de 6 T * 04 camions de 3,5 T * 03 camions de 3 T - 03 camions dont 02 à bennes tasseuses et 01 à benne basculante de 6 T - 01 camion ampli roll de 6 T pour transport des caissons métalliques
	Rotation de collecte	01 rotation par jour pour les 13 secteurs
	Temps et horaires de collecte	07 H de travail continu par jour soit : - en été : de 04 H à 11 H - au printemps : de 05 H à 12 H - en hiver et en automne : de 06 H à 13 H
	Temps de la rotation	04 à 05 H
	Moyens humains de collecte	78 personnes dont 13 chauffeurs et 65 éboueurs. Soit 01 chauffeur et 05 éboueurs par secteur
	Collecte hors circuit	Selon nécessité
<b>Service balayage</b>	Nombre de secteurs	13 secteurs
<b>Service balayage</b>	Moyens matériels	Equipement pour 01 balayeur composé de : 01 brouette + 01 balai cantonnier + 01 pelle
	Moyens humains	168 personnes (éboueurs et balayeurs) dont 124 titulaires, 44 filets sociaux
	Temps et horaires de travail du balayage	-Agents titulaires: 07 <sup>h</sup> soit de 06 h à 13h - Agents filets social : 04h soit de 06h à 10h

*Source (service de nettoyage et de l'hygiène APC Saïda, 2012)*

## **Résumé**

Le traitement des déchets pose problème en Algérie du fait de l'absence de contrôle, d'aménagements fonctionnels inadaptés (collecte et traitement des lixiviats, du biogaz...) ou inexistantes et de difficultés de financement. La gestion des déchets rencontre de nombreuses difficultés du point de vue technique, méthodologique et organisationnel. Le choix est porté sur le traitement des lixiviats par coagulation floculation en utilisant le chitosane et l'argile comme des floculants. Les résultats obtenus après la caractérisation physico chimique des lixiviats ont révélé une forte charge minérale et organique, l'efficacité du procédé dépend essentiellement de la dose des agents de la coagulation – floculation et du temps d'agitation. La turbidité est devenue un meilleur paramètre indicateur d'efficacité de cette clarification. Les essais de coagulation-floculation montrent que le chlorure ferrique est le plus efficace que le sulfate d'aluminium, leurs meilleures performances sont obtenues avec le gel de silice et le mélange chitosane/argile (bentonite). Ceci est confirmé par le taux de la turbidité. Les essais de floculation montrent que le degré de pollution reste important. Ceci est confirmé par le taux de la DCO et de la turbidité. Pour arriver à un meilleur résultat, il faut associer différents procédés adaptés à la nature exacte du lixiviat.

### **Mots clés**

Déchets, lixiviats, Centre d'enfouissement techniques (CET), coagulation, floculation

## **Abstract**

The waste treatment raises problem in Algeria because of the absence of control, unsuitable functional arrangements (collection and treatment of leachates, biogas) or non-existent and of difficulties of financing. The waste management meets numerous difficulties of the technical, methodological and organizational point of view. The choice is concerned the treatment of leachates by coagulation floculation by using the chitosane and the clay as floculants. The results obtained after the characterization chemical physico of the leachates revealed a strong mineral and organic load, the efficiency of the process depends essentially on the dose of the agents of the coagulation - floculation and the time of agitation. The turbidity became a better indicator parameter. The essays of floculation show that the degree of pollution remains important. This is confirmed by the rate of the DCO and the turbidity. To arrive at a better result, it is necessary to associate various processes adapted to the exact nature of the leachate.

### **Keywords**

Waste, technical leachates, Center of burying (CET), coagulation, flocculation.