

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE

**MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET
DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE**

ECOLE NATIONALE POLYTECHNIQUE

Département Génie Chimique



MEMOIRE DE FIN D'ETUDES

Pour l'obtention du Diplôme d'Ingénieur d'Etat en Génie Chimique

*Caractérisation et traitement des lixiviats du
Centre d'Enfouissement Technique d'Ouled
Fayet par la Bentonite de Maghnia.*

Proposé et dirigé par Mmes :

**F. SOUABI
A. MEFTI**

Etudié par Mlle:

MAALLEM Assia

2007 / 2008

ECOLE NATIONALE POLYTECHNIQUE
Adresse: B.P 182 16 200 El-Harrach-Alger
Tel : +213 21 52 53 01/03 Fax : +213 21 52 29 73
Site web : www.enp.edu.dz

Dédicaces

Je dédie le fruit de mes années d'études à :

*Mes très chers parents pour leurs amours et sacrifices,
à qui je dois tout*

Mes frères et sœurs en particulier Mouloud et Malika

Toute ma famille

Tous les camarades de ma promo

Tous mes amis en particulier :

Nabila, Samra, Nassima et Soraya

Tous ceux qui me sont chers.

Remerciement

Avant toute chose, je remercie Dieu Tout Puissant de m'avoir donné santé, courage et la force pour accomplir ce travail.

Je tiens à exprimer ma plus grande gratitude à mes promotrices : Mesdames Fatiha SOUABI et Afia MEFTI de m'avoir encadrée et appris le sens de la responsabilité. J'ai ainsi découvert le goût de la recherche et de la persévérance, les différents échanges très instructifs que j'ai pu avoir avec elles ont été d'une valeur précieuse. Elles m'ont transmis, de ce fait, une culture de travail. Dans ces quelques mots, sachez Mesdames tout le plaisir que j'ai eu à travailler sous votre responsabilité.

Que Monsieur M. NAKIB reçoive toute ma reconnaissance pour l'honneur qu'il me fait en acceptant de présider le jury.

Que Mesdames F. MOHELLEBI et F. MEZIANI trouvent l'expression de mes vifs remerciements pour avoir accepté d'être membre du jury.

Mes vifs remerciements s'adressent aussi à :

Tout le personnel du Centre d'Enfouissement Technique d'Ouled Fayet en particulier Melle F. CHEDEBA.

Mme BOUCHFER, Directrice du laboratoire de l'ONA de Baraki, d'avoir accepté de me recevoir au sein de son laboratoire et son équipe (Nabila, kamelia et Sabrina)

Mme F.MEZOUARI et Melle F.BOUMECHOUR pour leurs conseils et aides

Redha LESSOUED, étudiant en magister, pour son soutien, sa gentillesse et ses encouragements

Sans oublier Monsieur MECHTAWI, ma source d'orientation.

Que tous les enseignants du département du Génie Chimique trouvent ici l'expression de ma sincère gratitude pour les efforts qu'ils n'ont cessé de prodiguer pour ma bonne formation.

Un grand Merci à tous ceux qui ont contribué de près ou de loin à la réalisation de ce travail.

*Ce travail a été réalisé dans le cadre des activités de
recherche du Laboratoire de Valorisation des Energies
Fossiles du Département de Génie Chimique*

Soutenu le 23/06/2008

En présence du jury composé de :

<i>F.CHEDEBA</i>	<i>Ingénieur, invitée</i>
<i>A. MEFTI</i>	<i>Chargée de Cours, promotrice</i>
<i>F. MEZIANI</i>	<i>Chargée de Cours, examinatrice</i>
<i>F. MOHELLEBI</i>	<i>Maître de Conférences, examinatrice</i>
<i>M. NAKIB</i>	<i>Chargé de Cours, président</i>
<i>F. SOUAHI</i>	<i>Maître de Conférences, promotrice</i>

المخلص:

إن دراستنا تدخل ضمن تسيير النفايات و مشتقاتها، و التي تهدف إلى دراسة خصائص ومعالجة المياه الناجمة من مركز التفريغ بأولاد فاييت من أجل التقليل من حدة التلوث المؤثرة سلبا على البيئة. جميع التحاليل المحصل عليها في الواقع تتجاوز معايير التفريغ في الوسط البيئي و من هنا كانت الضرورة إلى معالجتها قبل التفريغ. و من جانبنا قد اقترحنا العلاج بالبنتونيت المحلي الخام (مغنية)، و ذلك لأسباب عدة منها: وفرتها، غير مكلفة، سهولة استخدامها. إن التحاليل الفيزيائية و الكيميائية التي قمنا بها على المياه المعالجة أظهرت نقص ملحوظ في الكتلة الملوثة.

الكلمات المفتاحية: المياه العكرة - البنتونيت - معالجة المياه الملوثة

Résumé :

Notre étude, qui se situe dans le cadre de la gestion des déchets et de ses dérivés, a consisté à caractériser et à traiter des lixiviats générés au niveau du centre d'enfouissement technique d'Ouled Fayet, afin de minimiser la pollution et ses conséquences sur l'environnement.

Toutes les valeurs des paramètres de pollution que nous avons analysées dépassent en effet les normes de rejet dans un milieu récepteur, d'où la nécessité de les traiter avant rejet.

Pour notre part nous avons proposé un traitement par mise en contact avec la bentonite brute algérienne (Maghnia) pour plusieurs raisons : efficacité dans la dépollution, disponibilité, coût peu élevé et sa mise en œuvre facile.

Les analyses physico-chimiques que nous avons effectuées sur le lixiviat traité montrent une nette diminution de la charge polluante.

Mots clés : Lixiviat- Bentonite- Traitement des effluents.

Abstract:

Our study, about the management of waste and its derivatives, consists in the characterization and treating of the leachates generate in the center of hide technical of Ouled Fayet, in order to minimize pollution and its consequence on the environment.

All the parameters of pollution exceed those indicated in standard norm, that's why its necessary to treat them before rejection.

We proposed a treatment by contact with Algerian clay (bentonite of Maghnia) for many reasons: effectiveness in depollution, availability, low and easy implementation. Physico-chemical anlyses carried out on the treated leachates show a clear reduction of pollution.

Key words: Leachates- Bentonite- liquid waste processing.

Sommaire

Introduction générale.....	1
----------------------------	---

Chapitre I :

Les déchets solides et leur gestion

I .1. Définition des déchets.....	4
I .2. Nature et origine des déchets.....	4
I .3. Classification des déchets.....	5
I .4. Caractérisation des déchets solides et urbain.....	7
I .5. Différents modes d'élimination et de traitement des déchets solides et urbains.....	8
I .5.1. La mise en décharge	8
I .5.2. Le compostage.....	9
I.5.3. L'incinération.....	10
I.6. Récupération- Recyclage- Valorisation.....	11
I.7. Différent types de pollutions engendrées par la décharge.....	12
I.8. Nuisances pour l'environnement.....	13
Conclusion	

Chapitre II :

Généralités sur les lixiviats

II .1. Définition.....	14
II .2. Formation et composition des lixiviats.....	14
II .3. Mécanisme de formation.....	16
II .4. Différents paramètres influant sur les lixiviats.....	19
II .5. Age des lixiviats.....	19
II .6. Composition des lixiviats en fonction de leur degré d'évolution.....	20
II .7. Formation du biogaz.....	22
II .8. Impact des lixiviats sur l'environnement.....	22
Conclusion	

Chapitre III :
Traitement des lixiviats

Introduction	
III .1. Traitements biologiques.....	26
III .1.1. Traitement biologique aérobie.....	26
III .1.2. Traitement biologique anaérobie	27
III .2. Traitement physico-chimiques.....	28
III .3. Rejet en station d'épuration urbaine.....	32
Conclusion	

Chapitre IV :
Argile et Bentonite

IV .1. Structure des minéraux argileux.....	35
IV .2. Les argiles monmorillonitiques : Bentonite.....	36
IV .3. Formation et origine de la bentonite.....	37
IV .4. Forme naturelle.....	38
IV .5. Hydratation interfoliaire, gonflement et dispersion des feuillets.....	38
IV .6. Rétention des métaux par les argiles.....	39
IV .7. Application des bentonites argileuses.....	40
Conclusion	

Chapitre V :
Présentation et exploitation de la décharge d'Ouled Fayet

V.1. Introduction- Historique du projet.....	41
V.2. Présentation du site du CET d'Ouled Fayet	43
V.3. Les déchets de la décharge d'Ouled Fayet.....	45
V.3.1 Type des déchets autorisés.....	45
V.3.2 Quantité de déchets rejetés dans le CET.....	46
V.4. Conception et réalisation du CET d'Ouled Fayet.....	49
V.5. Réaménagement en fin d'exploitation.....	58

PARTIE EXPERIMENTALE

Chapitre VI :

Caractérisation et traitement des lixiviats

VI.1. Campagne de prélèvement.....	59
VI.2. Mode de prélèvement et de conservation.....	59
VI.3. Méthodes d'analyse.....	60
VI.4. Caractérisation des lixiviats d'Ouled Fayet.....	61
VI.5. Interprétation des résultats.....	64
Conclusion	
VI.6. Traitement des lixiviats.....	71
VI.6.1 Protocole expérimentale.....	71
VI.6.2 Résultats et discussion.....	72
Conclusion	
Conclusion générale.....	78
Références bibliographiques.....	81
Annexes	

-Liste des abréviations-

- AGV** : Acides volatils secs.
- AND** : Agence Nationale de Déchets
- BRM** : Bio réacteur à membranes.
- CET** : Centre d'enfouissement technique.
- CNERU** : Centre National et de Recherche En Urbanisme.
- COT** : Matière organique Totale.
- CPG** : chromatographie en phase gazeuse.
- C.T.T.P** : l'Organisation Nationale de Contrôle Technique des Travaux Publiques.
- C/N** : Rapport carbone/azote
- DA** : Dinard Algérien.
- DBO** : Demande Biochimique en Oxygène.
- DBO5** : Demande Biochimique en Oxygène pendant 5 jours.
- DCO** : Demande Chimique en Oxygène.
- DIB** : Déchets industriels banals.
- DMA** : Déchets Ménagers et Assimilés
- EPDM** : éthylène propylène diène monomère.
- L.N.H.C** : Laboratoire National de l'Habitat et Construction.
- MATE** : Ministère de l'Aménagement du Territoire et de l'Environnement (Algérie)
- MES** : Matière en suspension.
- MO** : matière organique.
- MVS** : Matière volatile sèche.
- NTK** : Azote Kjeldahl.
- OM** : Les ordures ménagères.
- PME** : les petites et moyennes entreprises.
- ONA** : Office National d'Assainissement
- PC** : Pouvoir Calorifique.
- PCI** : le pouvoir calorifique inférieur.
- PCS** : le pouvoir calorifique supérieur.
- PEHD** : Polyéthylène Haut Densité.
- PH** : Potentiel d'hydrogène.
- PVC** : polychlorure de vinyle.
- T** : Température.
- UV** : Ultraviolet.



Introduction générale

Introduction générale

Les accroissements démographiques, économiques et urbains sont à l'origine de différentes sources de pollution environnementale, et ce, en particulier dans les pays en développement (PED), moins préoccupés, moins sensibilisés et moins aptes à faire face aux risques sanitaires concomitants.

D'après les estimations du dernier recensement (Avril 2008), l'Algérie compterait plus de 36 millions d'habitants, le triple de ce qu'il en était au lendemain de l'indépendance. Cependant ce chiffre ne reflète pas une répartition hétérogène : on estime que 96% de la population vit sur 17% du territoire essentiellement dans le nord du pays et dans les villes [1].

Actuellement, l'un des problèmes majeurs est celui de la gestion des déchets urbains, rencontré surtout dans les PED, tant du point de vue technique, économique, que méthodologique et organisationnel, car la croissance démographique et le changement du niveau de vie conduisent forcément à l'augmentation des quantités de déchets rejetés. A titre d'exemple pour la seule Wilaya d'Alger, la quantité d'ordures ménagères rejetées est passée de 0,35 kg/hab/j en 1968 à 1 kg/hab/j en 2003 [1].

Ils n'existaient, en Algérie, que des décharges sauvages ou brutes. Mais la prise de conscience du citoyen et des autorités du danger résultant de la mauvaise gestion des déchets ménagers, entraîne l'apparition du premier Centre d'Enfouissement Technique (CET) d'Ouled Fayet, le premier, d'une longue série à travers tout le territoire national. Construit en l'an 2000, selon des normes d'hygiène et de protection de l'environnement, afin d'éliminer au mieux les déchets et d'éviter au maximum les nuisances engendrés. Il a pour objectif la gestion des rejets urbains de 54 communes de la Wilaya d'Alger.

Une fois enfouis, les déchets continuent leur vie, créant des nuisances pouvant porter atteinte à l'environnement et à la santé humaine en particulier, les plus importantes restent la production et le rejet de gaz issus de leur décomposition, soit en moyenne 150 à 250 m³ de gaz produits par la décomposition d'une tonne de déchets, dont 60% de CH₄ et 40% de CO₂, qui, s'ils ne sont pas recueillis, se retrouvent dans l'atmosphère [1].

L'autre souci majeur engendré par les C.E.T est celui des liquides produits lors de la décomposition des déchets, appelés **lixiviats de décharges**. Ces eaux, au fil du temps, se chargent en matières organiques et autres métaux lourds, ce qui constitue un vecteur de pollution des plus dangereux. C'est pour cela qu'un C.E.T doit impérativement être imperméabilisé par un sol argileux, et/ou par une géomembrane qui permettra d'éviter les infiltrations des eaux et donc la contamination des nappes phréatiques avoisinantes. Mais le danger n'est pas pour autant neutralisé car le site d'Ouled Fayet se trouve certes en lieu retiré mais à proximité de zones agricoles [2].

Cela montre bien que drainer les lixiviats afin d'éviter leur infiltration est insuffisant, car se pose le problème du devenir de ces eaux si dangereuses, leur introduction dans le milieu récepteur induirait, par la force des choses, la contamination des eaux d'irrigation et donc des cultures agricoles. La solution la plus appropriée est de les traiter avant de les rejeter, car si les déchets disparaissent de nos vues, leur danger pourrait bien se retrouver dans nos assiettes.

C'est dans ce contexte que se situe notre étude qui consiste à caractériser et à traiter des lixiviats générés au niveau du C.E.T d'Ouled Fayet, afin de minimiser la pollution et ses conséquences sur l'environnement, en particulier celui de l'ouest Algérois.

La science des argiles en continuelle évolution fait que ces matériaux, notamment la bentonite est un matériau efficace, pratique, neutre et peu coûteux. C'est en prenant en considération ces facteurs que notre choix de traitement s'est porté sur la bentonite algérienne de Maghnia (Hammam Boughrara) dont le rôle significatif dans une gamme variée de problèmes environnementaux, a déjà été prouvé.

La première partie de notre étude est une synthèse bibliographique qui se décompose comme suit:

- Le premier chapitre concerne les déchets et leur gestion, un point indispensable si on considère que les déchets sont à l'origine de la formation des lixiviats.
- Le second chapitre est une présentation des lixiviats de décharges ainsi que de leurs caractéristiques.
- Dans le troisième chapitre, nous abordons les différentes techniques utilisées pour le traitement des lixiviats de décharge.

- Le quatrième chapitre porte sur la connaissance des argiles et la bentonite que nous utilisons comme moyen de traitement du lixiviat.

La seconde partie de ce travail comporte :

- Un chapitre qui est consacré à la présentation du C.E.T d'Ouled Fayet, ainsi qu'à son mode d'exploitation.
- Un chapitre où nous trouvons la caractérisation physico-chimique des lixiviats avant et après traitement, les résultats obtenus, leurs interprétations, et les conclusions à en tirer.



CHAPITRE I

Les déchets solides et leur gestion

A fin de pouvoir traiter un problème, il faut remonter à la source. Les lixiviats de décharges sont issus de la décomposition des déchets qui sont acheminés vers le Centre d'Enfouissement Technique, c'est pour cela que ce chapitre porte sur les déchets solides en général et les déchets ménagers et assimilés en particulier.

I-1-Définition des déchets :

D'après la loi du 15 juillet 1975, un déchet est défini comme « *tout résidu d'un processus de production, de transformation ou d'utilisation, toute substance, matériau, produit ou plus généralement tout bien nuisible abandonné ou que son détenteur destine à l'abandon* » [3].

La directive du Conseil Européen en date du 18 mars 1991 reprend la notion de « substance ou objet dont le détenteur se défait ou dont il a l'intention ou l'obligation de se défaire » [4].

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

I-2- Nature et origines des déchets :

Les déchets se distinguent soit par leur nature, c'est-à-dire la nature du matériau, ou par leur origine, c'est-à-dire l'activité génératrice de déchet [5]et [6].

I-2-1- Selon La nature des déchets :

Selon la nature des déchets on distingue quatre grandes classes:

a. Classe I : les déchets inertes

Sans odeur, non fermentescibles, non toxiques, ils ne présentent pas de risque pour l'homme et son environnement. On y trouve notamment : déblais, gravats, etc....

b. Classe II : les déchets ménagers et assimilés

Ils comprennent les déchets des ménages et les déchets industriels banals (DIB) des entreprises. Non toxiques eux aussi, ils représentent certaines caractéristiques de fermentescibilité. Ce type de déchets (contenant les ordures ménagères et les ordures assimilables) est acheminé vers les Centres d'Enfouissement Technique (tel que le site d'Ouled Fayet).

c. Classe III : les déchets spéciaux

Contenant des éléments nocifs en plus ou moins grande quantité, ils présentent de grands risques pour l'environnement et doivent être éliminés avec des précautions particulières. En plus des grandes quantités produites par les petites et moyennes entreprises (PME), certaines quantités de ces déchets sont aussi produites par les ménages. Ce sont par exemple des solvants, peintures, acides,...etc. Les déchets radioactifs issus pour la plupart des hôpitaux et des centres d'imagerie sont aussi considérés comme des déchets spéciaux.

d. Classe IV : les déchets ultimes

Ce sont des déchets qui ne peuvent plus faire l'objet d'une valorisation. (Loi Française du 13 juillet 1992).

I-2-2- Selon L'Origine des déchets :

La différenciation des déchets, de par leur origine, permet de localiser le producteur des déchets, d'identifier le responsable de leur élimination et de connaître les types de collecte et de traitement qui y sont associés.

I-3- Classification des déchets :

Le but d'une classification peut être [7]:

- **D'ordre technique** : afin de maîtriser les problèmes de transport, de stockage intermédiaire, de traitement et d'élimination finale ;
- **D'ordre financier** : pour appliquer le principe du pollueur-payeur, tri entre les communes et entreprises qui ont assuré le financement ;
- **D'ordre légal** : pour cerner la responsabilité causale relative à des questions de sécurité des populations ou de protection de l'environnement.

Nous donnons, dans le tableau **I-1**, les diverses possibilités de classification des déchets, nous présentons pour chaque cas des exemples caractéristiques [8] :

Tableau I-1 : classification des déchets.

<p>Classification selon l'état physique</p>	<p>-Déchets solides : ordures ménagères, déchets des métaux, déchets inertes de caoutchouc et plastique, pailles...etc. -Boue : boues de stations de traitement des eaux résiduaires, boues d'origines diverses (de traitement de surface, d'hydrocarbures, de peinture) -Déchets liquides ou pâteux : goudrons, huiles usagées, solutions résiduaires, divers,.....etc. -Déchets gazeux : CO₂ , CH₄.....etc.</p>
<p>Classification selon la nature chimique</p>	<p>-Déchets acides : solutions résiduaires, acides divers (HCl, H₂SO₄ HNO₃.....), acides organiques, acides à l'état de gaz. -Déchets basiques : soude et potasse résiduaires, liqueurs ammoniacales, chaux résiduaires -Sels résiduaires : sulfate de calcium, carbonate de calcium, sulfate ferreux. -Métaux : ferraille, carcasses de véhicules, déchets de métaux précieux Câbles.....etc. -Déchets organiques : solvants usés, huiles usagères, boues d'hydrocarbures, liqueurs résiduaires, phénols.... -Déchets polymériques : déchets de caoutchouc et de plastique. -Déchets minéraux : déchets siliceux, déchets de silicates ou silico aluminates, déchets de calcaires.</p>
<p>Classification par source de production</p>	<p>-Déchets provenant de secteurs secondaires comme les déchets industriels toxiques et dangereux. -Déchets industriels spécifiques : laitiers, scories. -Déchets assimilables aux ordures ménagères : emballage, chiffon, balayures -Déchets provenant de la distribution et des activités de service : déchets de commerce alimentaire, déchets des hôpitaux. -Déchets provenant du secteur primaire : déchets agricoles, déchets d'élevage, déchets végétaux, déchets des industries extractives, déchets des mines (stérile de charbon), déchets de carrières (calcaire, l'ardoise, marbre, argiles,.....). -Déchets provenant du traitement des effluents liquides gazeux : boue de traitement des influents liquides....</p>

I-4- Caractéristiques des déchets solides urbains :

La caractérisation des déchets urbains est le premier acte à faire en vue d'une gestion efficace de celle-ci.

- Les principaux critères à prendre en compte pour la collecte et le transport sont [7].

I-4-1- La consistance (solide, liquide ou pâteuse) : elle permet de déterminer s'il est nécessaire de prévoir des systèmes de transport étanches ;

I-4-2- La compressibilité : lors de la gestion de grandes quantités, il est intéressant de savoir si les déchets peuvent être compactés, ce qui permet de faciliter les modes de stockage et de rentabiliser les transports [7].

I-4-3- La densité :

Elle met en évidence la relation qui existe entre le poids des ordures ménagères et le volume qu'elles occupent.

Les ordures sont compressibles et leur densité varie au cours des différentes opérations qu'elles subissent du lieu de production, au lieu d'élimination.

Elle varie généralement suivant les pays et le mode de consommation entre 0,12 à 0,40 kg/m³.

En ce qui concerne les villes algériennes, on l'estime à des valeurs comprises entre 0,22 et 0,3 kg/m³. Elle s'élève à 0,35 lorsque les ordures sont entassées dans les véhicules traditionnels (bennes basculantes, tracteurs agricoles...).

Elle retombe entre 0,28 et 0,32 kg/m³ après enfouissement en fosse [9 et 10].

- Pour le choix de procédés de traitement, les paramètres à prendre en compte sont les suivants [11]:

I-4-4- Le taux d'humidité :

Le taux d'humidité ou teneur en eau représente la quantité pondérale d'eau contenue dans une masse de déchets rapportée à la quantité pondérale de ce déchet humide [7].

Cette quantité d'eau varie considérablement avec la proportion des constituants, des composants, du lieu géographique et de la saison dans laquelle on se trouve. Cette variabilité de la teneur en eau est généralement entre 25 et 60 % [7].

Les ordures algériennes ont un taux d'humidité moyen estimé à 60%. Cette valeur augmente sensiblement à la saison d'abondance des fruits [10].

Selon une étude récente (EEC-EDIL) [12] sur les ordures ménagères de la ville d'Alger, le taux d'humidité est de 49%, l'eau a une influence sur le pouvoir calorifique des ordures ménagères et la rapidité de décomposition des matières organiques qu'elles renferment.

I-4-5- Le pouvoir calorifique (PC) :

Le pouvoir calorifique des ordures ménagères est défini comme étant la quantité de chaleur dégagée par la combustion de l'unité de poids d'ordures brutes, exprimé en millithermie/tonne ou en thermie/tonne [11].

On considère soit le pouvoir calorifique supérieur (PCS) qui prend en compte la chaleur de vaporisation de l'eau contenue dans les ordures ménagères, soit le pouvoir calorifique inférieur (PCI) qui exclut cette dernière lors de la combustion [9]et [10].

La connaissance des deux paramètres qui sont l'humidité et le PCI est essentielle pour le choix du mode de traitement, incinération ou compostage. L'incinération n'est pas recommandable lorsque le PCI est inférieur à 7200 KJ/Kg, quand au compostage, il est possible pour un taux d'humidité compris entre 45% et 65% ($Hu > 50\%$) et il est pratiqué tant que l'humidité est inférieure à 70% [10].

I-4-6- Le rapport carbone/azote (C/N) :

Le rapport carbone/azote permet d'apprécier aussi bien l'aptitude des ordures au compostage que la qualité du compost obtenu. Un compost est valable à partir d'ordures ménagères ayant un rapport C/N ≤ 35 au départ. C'est dans cette zone que les microorganismes trouvent exactement la proportion de carbone et d'azote nécessaire à leur croissance [11].

Le rapport C/N du compost obtenu de ces ordures au terme d'une fermentation aérobie bien contrôlée oscille entre 18 et 20. Pour l'Algérie, le compost obtenu a un rapport C/N ≥ 15 [10].

I-5- Différents modes d'élimination et de traitement des déchets solides et urbains : [10]

Les déchets solides urbains, et essentiellement les ordures ménagères sont sources de nuisances (dégradation des paysages, fumées, danger pour la santé publique entraînés par la pollution des cours d'eau et des nappes souterraines ainsi que par la prolifération des germes pathogènes). Que pourra t-on faire ? Comment s'en débarrasser ?

Plusieurs procédés peuvent être mis en œuvre à cette fin. Les plus classiques sont [9]et [10] :

I-5-1-La mise en décharge :

La mise en décharge est le procédé le plus largement utilisé pour les ordures ménagères et même pour certains déchets industriels, ce procédé permet certaines valorisations :

récupération du gaz des décharges, récupération de terrains pour aménagements divers. Le seul procédé que l'on puisse recommander est la mise en décharge contrôlée.

a. La décharge contrôlée :

Ce type de décharge obéit à un certain nombre de règles où toutes les précautions sont prises pour éviter toutes les nuisances engendrées par la mise en décharge. La décharge contrôlée est plus préconisée.

Les règles de la méthode de la décharge contrôlée visent à obtenir la fermentation aérobie des matières organiques, les déchets y sont déposés selon des techniques bien maîtrisées et le site doit pouvoir être récupéré en fin d'exploitation pour d'autres usages.

b. Principe de la mise en décharge contrôlée [9] :

Les résidus sont répandus par couches successives d'épaisseur modérée, (environ 2 mètres), toute nouvelle couche n'est déposée que lorsque la température de la couche précédente résultant de la fermentation s'est abaissée à la température du sol naturel.

Les couches sont exactement nivelées et limitées par des talus réglés et peu inclinés pour que les ordures ne soient pas remises au jour par les pluies.

Le dépôt doit être suffisamment compact pour éviter les vides importants favorisant les risques d'incendie, sans excès toutefois afin de ne pas s'opposer au passage de l'air nécessaire à la fermentation aérobie.

I-5-2- Le compostage : [9,13 et 14]

Le compostage est défini comme une bio-oxydation des matières organiques, présentes dans les déchets, provoquée par des micro-organismes indigènes en conditions contrôlées. En effet, dès que les conditions physico-chimiques (aération, humidité, température) le permettent, les micro-organismes constituent une flore complexe (bactéries, levures, champignons, etc.), qui se met en activité rapidement. Cette activité se traduit par une dégradation microbienne aérobie de la matière organique solide générant une chaleur intense responsable de la phase thermophile (élévation de la température des déchets à 70°C en moyenne).

La montée de la température et la compétition microbienne permettent une hygiénisation du produit composté par une destruction des micro-organismes pathogènes et exercent une sélection sur la diversité microbiologique du compostage.

I-5-3-L’incinération :

L’incinération est un traitement thermique des déchets urbains ou industriels qui parfois sert en même temps à produire de l’énergie (vapeur utilisable dans un réseau de chaleur, ou le plus souvent l’électricité), basé sur la combustion avec excès d’air (oxygène). Ce traitement permet de réduire la masse des déchets de 70 % et leur volume de 90 % [15].

Ce mode est appliqué à des ordures ayant un PCI élevé (PCI >7200KJ/Kg) dû à la présence d’une forte proportion de papiers cartons, plastiques, etc....et une teneur en eau relativement faible (Hu<50%) [10]. En effet, l’incinération d’une tonne d’ordures ménagères produit entre 1,5 à 2 tonnes de vapeur, soit un équivalent d’énergie de 300 à 350 Kwh [9]et [16].

Dans le tableau I-2 nous résumons les avantages et inconvénients des différents types de traitements des déchets urbains.

Tableau I-2 : Avantages et inconvénients des différents types de traitements [12]

Système de traitement	Contraintes et conditions d’entretien	Avantages	Inconvénients
Décharge contrôlée	<ul style="list-style-type: none"> -Site convenable. -Nécessite une mise en œuvre soignée -Importante quantité de matériaux de couverture -Matériel adéquat (compacteur épandeur) 	<ul style="list-style-type: none"> -Procédé de traitement autonome. -Grande souplesse d’adaptation. -Coût faible. -Meilleur emploi du volume du site. 	<ul style="list-style-type: none"> -Choix d’un site convenable. -Nécessité d’une exploitation rigoureuse. -Solution temporaire (capacité du site).
Compostage	<ul style="list-style-type: none"> -Existence d’un marché. -Quantité de déchets minimum 30T/j. 		<ul style="list-style-type: none"> -Coût élevé à l’investissement. -Nécessite l’élimination des refus de traitement en décharge contrôlée. -Absence de souplesse d’adaptation aux quantités traitées.

incinération	-Taux d'humidité faible (<50%). -Installation d'un incinérateur. -Quantité de déchet minimum 200T/J. -Personnel qualifié.	-Réduction importante du volume des déchets (de plus de 90 %) → cendre. -Récupération d'énergie (sous forme de production d'électricité). -Espace d'exploitation réduit.	-Pollution atmosphérique.
---------------------	--	--	---------------------------

I-6 Récupération- Recyclage- Valorisation [11]et [13] :

La récupération, le recyclage et la valorisation de certains déchets s'avèrent nécessaires et servent à la protection de l'environnement puisqu'ils tendent à diminuer les quantités de déchets à stocker qui sont une source de pollution de l'air, des sols et des eaux souterraines.

I-6-1 Récupération [13] :

La récupération et l'opération de séparation d'un ou plusieurs composant d'un déchet à des fins de commercialisation ou de réutilisation. La vente des produits récupérés constitue le plus souvent l'objectif visé par les entreprises de récupération.

Les substances pouvant être récupérées sont les suivantes :

- Les métaux ferreux et non ferreux
- Les papiers
- Les textiles
- Les verres
- Les caoutchoucs
- Les matières plastiques
- Le bois

I-6-2 Recyclage - Valorisation [9, 11,13 et 17] :

Cette opération consiste à créer des débouchés pour des produits faisant l'objet d'une récupération, soit en les recyclant, soit en leur faisant subir des transformations qui en feront un ou plusieurs produits commercialisables et ayant des débouchés plus faciles.

En Algérie il y a possibilité de récupérer 760.000 tonnes/an [17] :

- 385.000 tonnes/an de papier,
- 130.000 tonnes/an de plastique,
- 50.000 tonnes/an de verre,
- 95.000 tonnes/an de matières diverses.

La valorisation de cette quantité de déchets correspondrait à un gain de 3,5 Milliards DA.

- **Le procédé de récupération des déchets plastiques** : les matières sont broyées, lavées et séparées selon chaque type puis régénérées en granulés.

- **Le procédé de recyclage du papier-carton** : le vieux papier est nettoyé pour enlever les couleurs et les salissures et autres objets étrangers. Lors de la fabrication du papier recyclé 50 % en moyenne de la matière première utilisée est composée de vieux papier.

- **Le procédé de recyclage du verre** : Dans l'industrie de verre, les matières de base, le sable, la soude et la chaux consomment une grande quantité d'énergie lors de la fusion. En revanche, lors de la fusion du verre récupéré, les besoins en énergie sont moindres. Le verre est broyé et séparé des morceaux de métaux, puis les corps étrangers sont triés et enlevés.

I-7-Différent types de pollutions engendrées par la décharge : [13]

Au niveau d'une décharge d'ordures, trois types de pollution peuvent avoir lieu :

I-7-1-La pollution chimique :

Cette pollution résulte de produits indésirables dans les eaux de lessivage. La nappe d'eau souterraine et le sol sont susceptibles d'être pollués principalement par les ions Na^+ , K^+ , NH_4^+ , Cl^- , Fe^{2+} , ou Mn^{2+} , résultant de la dégradation des résidus urbains.

Par contre, les métaux hautement toxiques et les hydrocarbures sont habituellement rares ou absents, si on ne met en décharge que les ordures ménagères proprement dites ou les déchets assimilables aux ordures ménagères.

Généralement, cette pollution aboutit à des teneurs élevées en matières organiques et à une forte teneur en azote ammoniacal, en sulfates et en divers minéraux.

I-7-2-La pollution bactériologique :

Cette pollution résulte des micro-organismes qui se développent dans la décharge et qui peuvent être entraînés par infiltration du lixiviat.

A l'inverse de la pollution chimique, la pollution bactériologique est limitée du fait de la lenteur de propagation des micro-organismes et de leur survie relativement courte.

I-7-3-La pollution atmosphérique :

Lors de la dégradation des matières organiques par voie anaérobie, il y a production d'acides organiques qui se décomposent à leur tour en gaz carbonique et méthane, ce sont ces dégagements de gaz et autres vapeurs nauséabondes qui caractérisent la pollution atmosphérique.

I-8- Nuisances pour l'environnement [18] :

Le tableau I-3 ci-dessous résume les principales nuisances pour l'environnement.

Tableau I-3 : Nuisances et impacts

Nature des nuisances	Origines	Impacts
Envols	Papiers et plastiques, feuilles, textiles	Pollution du milieu naturel, atteintes au paysage
Odeurs	Déchets, fermentation, biogaz	Désagréments pour le personnel et les riverains
Poussières	Circulation des véhicules et engins	Désagréments pour le personnel et les riverains
Animaux	Attrait nutritif des déchets	Transport de maladies, gêne pour l'aviation, atteinte à la chaîne alimentaire
Incendies et explosion	Imprudences, déchets incandescents, Accumulation de biogaz	Danger pour le personnel, nuisances olfactives
Bruit	Circulation d'engins	Désagréments pour le personnel et les riverains
Défrichage déboisement	Implantation d'une installation de Stockage	Appauvrissement paysager, gêne visuel
Pollution des sols et des eaux	Infiltration du lixiviat	Dégradation milieu naturel Vecteur de maladie
Effet de serre	Biogaz non capté	Modification du climat, pathologie des plantes
Risques sanitaires	Toxicité des déchets, organismes Pathogènes	Maladies

Conclusion :

L'Algérie doit s'intéresser à ce gisement d'énergie propre et durable et considérer la gestion de ces déchets comme un secteur de l'économie nationale à l'instar des secteurs de l'industrie de production. Ce n'est qu'après l'intégration de ces déchets dans le circuit économique que nous pouvons économiser nos ressources et préserver un cadre de vie meilleur pour les générations futures.

A blue decorative graphic element consisting of a curved line on the left side that transitions into a horizontal line extending to the right.

Chapitre II

Généralités sur les lixiviats

Le stockage des déchets, revient à concentrer dans un volume réduit un ensemble varié de matériaux évolutifs. Dès la phase de dépôt, les déchets sont soumis à des processus de dégradation liés à des réactions bio-physico-chimiques complexes. Une partie des produits de la dégradation se retrouve en phase gazeuse, le biogaz, l'autre est transportée par les eaux de pluie qui s'infiltrent dans les déchets, le lixiviat [18].

II-1-Définition :

Le **lixiviat** appelé aussi lessivat (ou percolat) est le liquide résiduel qui provient de la percolation de l'eau à travers un matériau.

Dans le cas de déchets, le lixiviat se charge de polluants organiques, minéraux et métalliques, par extraction des composés solubles (lixiviation facilitée par la dégradation biologique des déchets). C'est en fait le résultat du chemin de l'eau qui s'est infiltrée, percolé et ruisselée à travers les déchets jusqu'à ce qu'elle se retrouve au fond de l'alvéole de stockage. Il s'agit en quelque sorte du jus de décharge.

Sa composition et son volume sont difficiles à déterminer, car les décharges constituent un réacteur complexe évoluant spontanément. [15,19]

II-2- Formation et composition des lixiviats :

Trois sources d'eau contribuent à la formation de lixiviats :

- L'eau initialement contenue dans les déchets lors de leur mise en décharge.
- L'eau produite lors de la décomposition de la matière organique. Cette quantité d'eau s'étale sur plusieurs années, est fonction, notamment, de la composition et de la masse de déchets. Ce mécanisme est très dynamique.
- L'eau infiltrée à travers la couche de recouvrement lors des périodes de pluie. Cette eau constitue la principale source de lixiviat rencontrée.

La pluviométrie se transforme principalement en eau d'infiltration ou de ruissellement, la prépondérance de l'une par rapport à l'autre étant fonction de l'intensité de la pluie, de la topographie et de la pente du terrain, et de la nature de la végétation.

Les déchets entreposés sur de longues années réagissent entre eux de manière complexe sous l'activité des agents atmosphériques (la pluie en particulier) et des micro-organismes.

La **figure II-1** montre la liaison entre la composition de déchets et celles des lixiviats [20] :

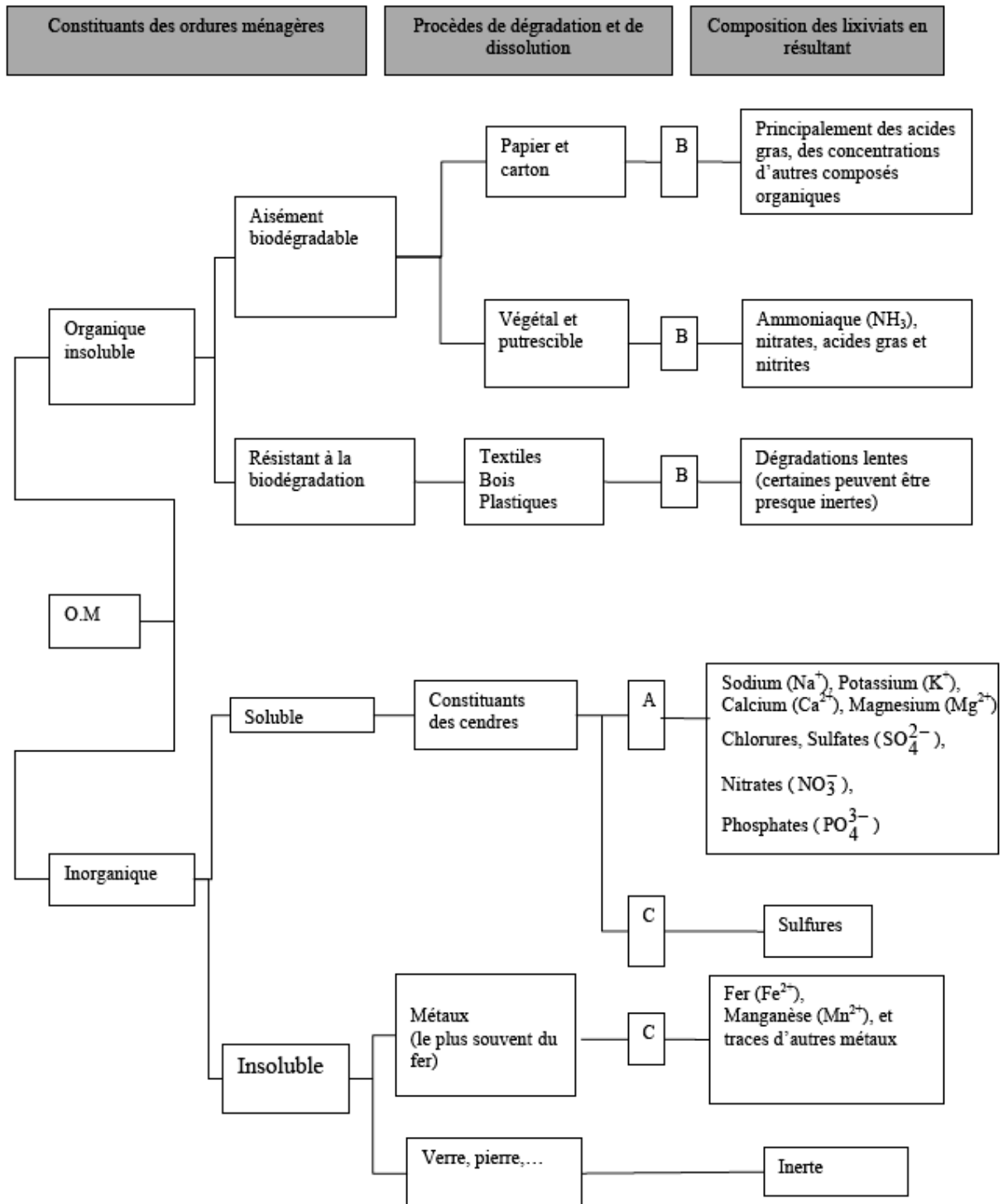


Figure II.I : Liaison déchets-percolats [20]

O.M : ordures ménagères.
 A : dissolution directe des substances solubles.
 B : dissolution des composés solubles formés par biodégradation.
 C : dissolution aidée par réduction chimique de la forme insoluble à la forme soluble.

II-3-Mécanisme de formation :

Les mécanismes de formation des lixiviats, de nature biologique et physico-chimique, sont très complexes. Les déchets enfouis servent de substrat aux micro-organismes (bactéries, levures, champignons) dont l'activité a des effets directs et multiples sur les conditions physico-chimiques du milieu (pH, potentiel redox...) qui peuvent déclencher des phénomènes physico-chimiques secondaires (dissolutions, précipitations...). En retour, ces mécanismes biologiques se trouvent sous la dépendance des paramètres physico-chimiques du milieu.

La genèse des lixiviats implique simultanément des processus aérobies et anaérobies, liés au mode d'exploitation de la décharge et à la nature des déchets enfouis. Ces mécanismes sont bien connus, en particulier dans le cas des centres de stockage de classe II (les déchets ménagers et assimilés) [21].

II-3-1-Mécanisme biologique : [13, 19,21et 22]

II-3-1-1-La fermentation aérobie :

Tant que la densité des déchets permet le passage de l'oxygène (faible compactage et absence de couverture après le dépôt des déchets) une fermentation aérobie se produit, elle conduit à la formation de CO₂, H₂O et de chaleur suivant la réaction suivante :



[C₁₅H₂₁O₉N]_n : représente la formule globale de la matière putrescible des décharges.

La température s'élève jusqu'à 60°C au sein de la masse des déchets [19].

ΔH : chaleur dégagée lors de la réaction.

II-3-1-2-La phase transitoire :

Cette phase se caractérise par la faible présence d'oxygène et on assiste au premier stade de décomposition anaérobie.

En effet les microorganismes anaérobies facultatifs décomposent la matière organique. On assiste aussi à une énorme production de CO₂ et d'acides organiques (acides gras volatils). Donc il y a abaissement du pH et augmentation de la demande chimique en oxygène (DCO). [13]

II-3-1-3- Mécanismes de la fermentation anaérobie :

A ce stade la température diminue et la teneur en gaz carbonique en augmentant, favorise l'apparition de bactéries anaérobies strictes.

Cette phase présente l'avantage de produire du méthane (biogaz).

La teneur en CH_4 dans le gaz peut varier entre 40 et 60% en volume. La production du méthane peut durer plus d'une dizaine d'années.

En fonction des transformations effectuées par les différentes populations bactériennes anaérobies on peut considérer les diverses étapes de la dégradation anaérobie illustrées par la figure II-2 : [22]

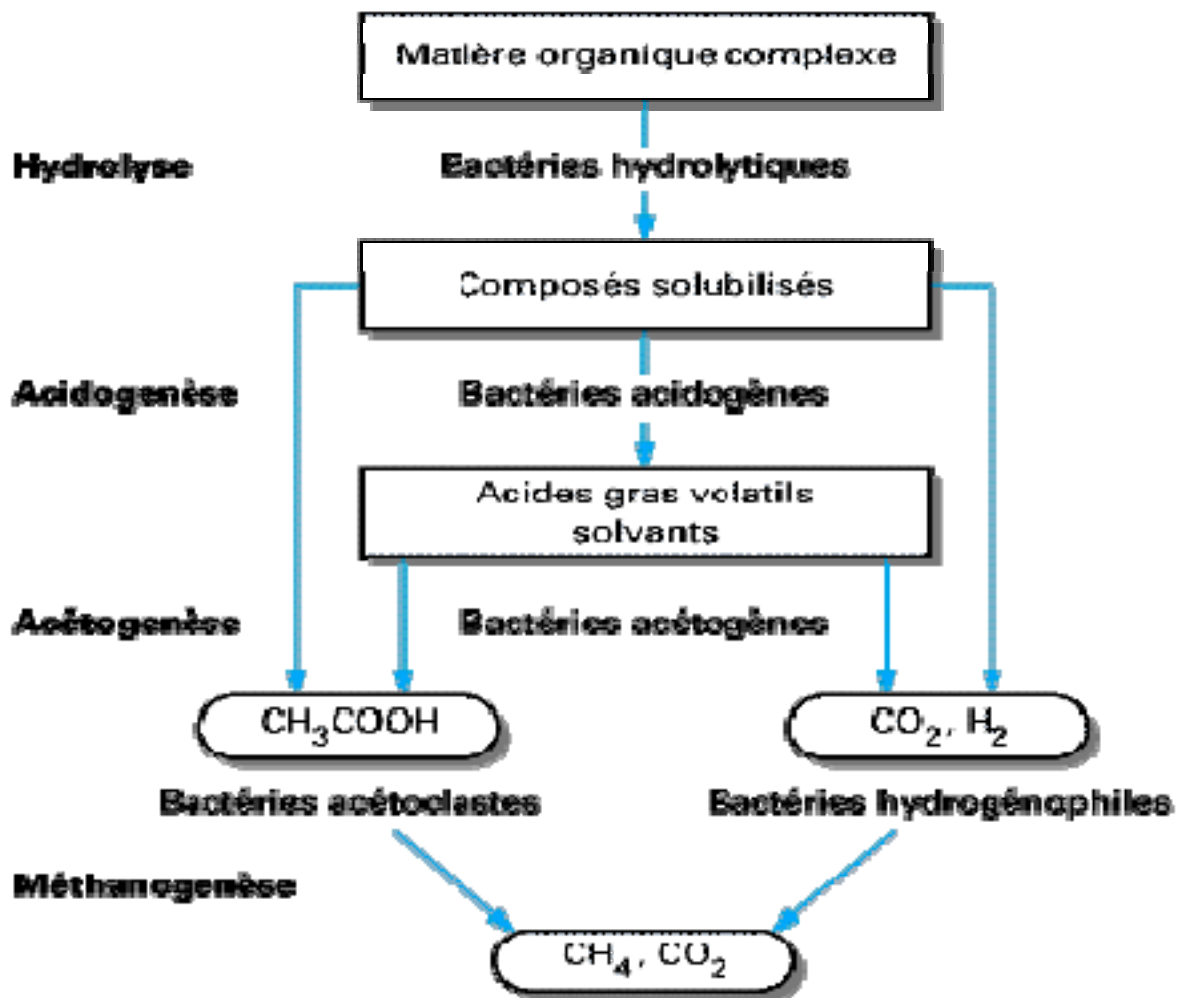


Figure II-2 : Mécanismes de la fermentation anaérobie [21]

a. Hydrolyse :

C'est le passage des conditions aérobies aux conditions anaérobies : chute du potentiel d'oxydoréduction, apparition d'acides carboxyliques et augmentation rapide de la charge organique. L'attaque de la matière organique par les enzymes bactériennes conduit à un mélange de sucres simples (osides) et d'acides aminés libres qui pourront servir de nutriments dans la phase suivante [22].

b. Acidogenèse :

C'est la formation des acides gras volatils (AGV) devenant prépondérants dans la structure organique des lixiviats, à partir des produits d'hydrolyse. Il se produit une diminution du pH, une complexation des espèces métalliques, une consommation de l'azote et du phosphore pour la croissance de la biomasse avec production de CO₂ et de H₂ [21].

c. Acétogenèse :

Les acides gras volatils et les alcools sont transformés en acide acétique, CO₂ et H₂ [21].

d. Méthanogenèse :

Les métabolites intermédiaires sont transformés en CH₄ et CO₂. Le pH remonte sous le contrôle de la capacité tampon des carbonates. Le potentiel redox est à sa valeur minimale, les espèces métalliques sont complexées et précipitent. La charge organique diminue fortement en liaison avec l'augmentation de la production de biogaz [21].

e. Maturation :

C'est la fin des phénomènes de biodégradation, avec stabilisation de la matière organique et chute de la production de biogaz. Il y a métabolisation très lente des produits peu biodégradables avec formation des molécules complexes de type acides humiques [21].

II-3-2- Mécanismes physico-chimiques :

Les principaux mécanismes sont :

- **la dissolution** : le degré de broyage ou l'état de division des déchets modifie leur surface spécifique ;

- **la solubilisation** (milieu acide) ou **la précipitation** (sulfates, carbonates) selon les principaux paramètres du milieu (pH, potentiel d'oxydoréduction Eh, capacité tampon, présence d'agents complexants et d'espèces coprécipitables).

Ces deux mécanismes dépendent essentiellement de la vitesse de percolation de l'eau, donc de l'épaisseur des déchets et de la nature de la couverture. Mais également, ils dépendent de l'origine de l'eau percolante (pluie, source ou eau de constitution des déchets) [21].

II-4- Différents paramètres influant sur les lixiviats :

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 enfouis,
- 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 [18].

Nous pouvons citer comme autres paramètres influant sur les lixiviats :

- Le bilan hydrique.
- Le mode de l'exploitation de la décharge.
- L'âge de la décharge.

II-5- Age des lixiviats :

D'après N. MILLOT, les lixiviats sont classés en trois grandes familles [20]et [22] :

II-5-1-Les lixiviats jeunes qui présentent :

- Une charge organique élevée (DCO > 20 g/l).
- Une biodégradabilité moyenne (DBO5 /DCO >0,3).
- Un pH de l'ordre de 6,5.
- Une concentration en acide carboxylique importante qui représente plus de 80% de la charge organique.
- Une teneur en métaux élevée (jusqu'à 2g/l).
- Forte concentration en AGV dans les charges organiques et relativement faibles des composés de haut poids moléculaire.

II-5-2-Les lixiviats stabilisés qui présentent :

- Une charge organique assez faible (DCO < 2 g/l).
- Une biodégradabilité très faible (DBO5/DCO < 0,1).
- Une absence d'acides carboxyliques.
- Un pH légèrement supérieur à 7,5.
- Une teneur en métaux faible < 50mg/l.
- Forte concentration en composés de poids moléculaire élevé.

II-5-3-Les lixiviats intermédiaires

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

- Une charge organique avec DCO comprise entre 3 et 15 g/l.
- Une biodégradabilité assez faible (DBO5 /DCO voisin de 0,2).
- Un pH voisin de la neutralité.
- Une concentration en acide carboxylique, représentant 20 à 30% de la charge organique.

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

II-6- Composition des lixiviats en fonction de leur degré d'évolution :

Le **Tableau II.1** propose des fourchettes de valeurs des principaux paramètres entrant dans la composition des lixiviats en fonction de leur degré d'évolution. Il illustre bien la grande variabilité de la composition des lixiviats de décharges.

La DCO et la DBO5 par exemple présentent des fourchettes de variation de plus de deux ordres de grandeur au cours des deux premières phases.

Dans la pratique, l'attribution d'une échelle de temps à ces phases est problématique car les vitesses d'évolution sont très variables d'une décharge à une autre.

Tableau II.I : Composition des lixiviats en fonction de leur évolution [19] :

Paramètres	Phase					Valeurs limites rencontrées dans la littérature
	Phase I	Phase II	Phase III	Phase IV	Phase V	
Conductivité(S/cm)	2 450 à 3 310	1 600 à 17 100	7 700 à 2 900		1 400 à 4 500	1 400 à 17 100
pH	pH 6 à 7	7,7 à 4,7	6,3 à 8,8		7,1 à 8,8	3,7 à 8,8
Eh (mv)	(+ 40)	(+ 80) à - 240)	(- 73) à (- 330)	-330	(+ 97) à (+163)	(- 330) à (+ 163)
MES (mg/l)						549 à 1994
DCO (mg/O ₂ l)	480 à 18 600	1 500 à 71 700	9 760 à 580		31 à 900	31 à 100 000
DBO ₅ (mg/O ₂ l)	100 à 10 900	1 000 à 57 700	3 400 à 600		4 à 120	2 à 90 000
NTK (mg/l)	180 à 860	14 à 1 910	25 à 82		7 à 490	7 à 5 000
NH ₄ ⁺ (mg/l)	120 à 225	2 à 1 030	430 à 6		430 à 6	2 à 3 870
NO ₃ ⁻ (mg/l)	0,1 à 51	19 à < 0,05	0		0,5 à 0,6	0 à 845
PO ₄ ³⁻ (mg/l)	0,6 à 1,7	120 à 0,16	14 à 0,7		0,16 à 14	0,16 à 154
K ⁺ (mg/l)	35 à 2 300	35 à 2 300	35 à 2 300		35 à 2 300	2,8 à 3 770
Na ⁺ (mg/l)	20 à 7 600	20 à 7 600	20 à 7 600		20 à 7 600	0 à 7 700
Ca ²⁺ (mg/l)	190 à 490	70 à 3 900	490 à 76		76 à 254	60 à 7 200
Mg ²⁺ (mg/l)	68 à 96	3 à 1 140	505 à 81		81 à 190	3 à 15 600
Cl ⁻ (mg/l)	30 à 5 000	30 à 5 000	30 à 5 000		30 à 5 000	4,7 à 5 000
SO ₄ ²⁻ (mg/l)	10 à 458	3 240 à 10	0		5 à 40	1 à 3 240
Fe ²⁺ (mg/l)	68 à 372	2 200 à 90	336 à 115		4 à 20	0 à 5 500
Cu ²⁺ (mg/l)	0,085 à 0,39	2,2 à 0,005	0,03 à 0,18		0,02 à 0,56	0 à 10
Cd ²⁺ (mg/l)	< 0,005 à 0,01	< 0,005 à 0,39	< 0,005 à 0,1		0,004	0,005 à 17
Cr ³⁺ (mg/l)	0 à 0,23 à 0,28	18 à 0,06	0,06		0,05	0 à 18
Ni ²⁺ (mg/l)	0,02 à 1,55	79 à 0,03	01 à 1,0		0,07	0,02 à 79
Pb ²⁺ (mg/l)	0,001 à 0,004	1,44 à 0,01	0,01 à 0,1		0,01 à 0,1	0 à
Zn ²⁺ (mg/l)	0,06 à 21	220 à 0,65	0,4 à 6		0,4	0 à 1 000
Durée approximative de chaque phase	9 à 10 ans et jusqu'à 20 ans				Plusieurs décennies	Indépendant du temps

II-7-Formation du biogaz : [13]

Une tonne d'ordures ménagères contient généralement 150 à 250 Kg de matières organiques. Ces substances sont biodégradables. Sous l'effet de microorganismes agissant en milieu anaérobie, elles sont décomposées en quatre phases successives et transformées en gaz de décharge. Ce processus varie d'une décharge à l'autre, il est influencé par différents facteurs tels que : nature et composition des déchets, degré de compactage des ordures, taux d'humidité des ordures, couverture de la décharge ; en bref, des facteurs qui ont une influence directe sur la qualité de vie des microorganismes générateurs de méthane.

Si le gaz de décharge est aspiré régulièrement et sous contrôle, il atteint, après réglage du système de captage, les valeurs moyennes suivantes :

- CH₄ : 40 à 50% en volume ;
- CO₂ : 35 à 45% en volume ;
- N₂ : 5 à 15% en volume ;
- O₂ : 0 à 3% en volume ;
- Vapeur d'eau : saturé.

Le biogaz contient également des composés en traces, qui représentent 1% en volume (mercaptans, alcools, composés aromatiques aldéhydes, cétones, esters....). Ils peuvent soit être générés pendant le processus de biodégradation (composés sulfurés, composés de l'oxygène, hydrocarbures), soit résulter d'un apport initial des déchets (hydrocarbures aromatiques, hydrocarbures halogénés).

II-8- Impact des lixiviats sur l'environnement :

L'étude d'impact des lixiviats sur l'environnement est une étude scientifique et technique qui doit permettre d'estimer les conséquences probables des modifications apportées aux milieux physiques et humains lors de la réalisation d'un ouvrage, d'aménagement de travaux importants. Elle aide à mettre en évidence la gravité des risques conçus par l'air, l'eau, le sol, la flore, la faune ainsi que le paysage et la population. Elle doit envisager ou proposer des solutions pour minimiser certains effets prévisibles [24].

II-8-1- Effet sur le milieu aquatique (eaux de surface) :

Lorsqu'ils ne sont pas collectés et traités, les lixiviats d'une décharge peuvent s'écouler et se mélanger aux eaux de surface, ou bien s'infiltrer dans le sol.

- **Aspect quantitatif** : Le volume des lixiviats rejetés est très important vu la quantité de déchets mis en décharge et la capacité des casiers.

- **Aspect toxicologique** : Présence de bactéries, germes, champignons et autres.
- **Aspect écologique** : Le rejet d'une eau résiduaire peut avoir un effet toxique sur la faune et la flore à cause de sa charge organique élevée, mais aussi de divers éléments polluants. A titre d'exemple, il arrive que le fer se fixe sur les branchies des poissons. Ils peuvent être aussi à l'origine d'une eutrophisation du milieu [23].

II-8-2- Effet sur les eaux souterraines :

La contamination des eaux souterraines par des lixiviats de décharges fut étudiée dès la fin des années 70 [12]. Le devenir des métaux et de la matière organique a été suivi en aval des sites de stockage pour permettre de mettre en évidence, au sein des aquifères, les processus d'atténuation c'est-à-dire les mécanismes conduisant à la réduction des concentrations en substances polluantes. Ils sont de nature physique (dilution), physico-chimique (échange d'ions ou dispersion...) et biologique.

II-8-3- Impact sur le sol [25] :

La quantité de polluants qui peut atteindre la nappe phréatique dépend de la quantité de contaminants s'échappant de la décharge, et également du comportement des substances organiques ou minérales.

Des essais en laboratoire ont montré que dans les argiles, l'absorption est importante, cela signifie qu'une quantité considérable de substances chimiques peut se fixer sur la matrice poreuse du sol.

L'impact des lixiviats sur le sol se traduit par la réduction du temps de transit (le lixiviat traverse plus rapidement les couches du sol) et de la teneur en eau d'équilibre (la quantité d'eau que le sol peut retenir).

L'étude de la diffusion du soluté montre que la migration des ions se fait dans les deux directions, du lixiviat vers le sol qui lui provoque une pollution et du sol vers lixiviat qui provoque un appauvrissement en ions, la migration étant liée à la capacité d'échange d'ions.

II-8-4-Impact sur la flore [26] :

La végétation environnante pourrait être altérée par les émissions de biogaz (CH₄, CO₂), notons que la flore est la plus sensible aux émissions atmosphériques.

II-8-5-Impact sur l'air : Les biogaz proviennent de la décomposition anaérobie des matières organiques par divers micro-organismes, cette décomposition forme diverses substances organiques volatiles, principalement du méthane (CH₄) et dioxyde de carbone (CO₂).

Le déplacement du biogaz dans le sol est également un phénomène complexe, le méthane contenu dans les biogaz étant plus léger que l'air, il a naturellement tendance à migrer verticalement vers la surface du sol et se dissiper dans l'atmosphère.

Ces biogaz peuvent s'accumuler dans des endroits clos, suite à une migration latérale ou sur le site et entraînent des explosions et des incendies.

II-8-6- Impact sur la santé humaine :

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

II-8-7- Impact des interférences sur les particules argileuses [27] :

a. Au niveau macroscopique :

Il peut y avoir altération des argiles au cours du temps lié à la solubilisation de la silice par des solvants acides ou basiques provoquant par exemple des microfissures.

b. Au niveau microscopique :

Il peut se produire une évolution de la perméabilité des argiles.

En effet deux phénomènes sont susceptibles de se produire :

* Diminution du coefficient de perméabilité qui s'expliquerait par une décroissance de la taille des pores, due au gonflement des particules argileuses entraînant un retard de la transmission des fluides.

*Augmentation du coefficient de perméabilité due d'une part à une contraction des particules argileuses lorsque l'eau interfeuillet est chassée en créant des mini canaux par lesquels les fluides s'écoulent plus rapidement et d'autre part à un agrandissement de la taille des pores de la matrice qui peut être constaté après passage continu de solutions plus ou moins corrosives.

II-8-8- Odeurs des lixiviats [23] :

Il est difficile de différencier les odeurs propres aux lixiviats de celles propre à la décharge elle-même. Un fait est certain : la présence d'eau est un facteur favorisant l'émanation d'odeurs désagréables. A partir des lixiviats : les odeurs peuvent se dégager au niveau de

buses de dégazage ou lorsque les volumes d'eaux maintenus au fond de l'alvéole sont trop important et évacués trop rarement.

Des odeurs peuvent également se dégager des bassins de stockage, notamment lors de forte variation de la température et de la pression atmosphérique.

Conclusion

Ce chapitre nous a permis de cerner les principales caractéristiques des lixiviats de décharges. Nous avons vu que la quantité ainsi que la composition des lixiviats de décharges dépendent de plusieurs facteurs dont :

- La composition des déchets.
- Les conditions climatiques.
- L'âge de la décharge.

L'impact des lixiviats sur l'environnement et les risques encourus par un déversement direct en milieu récepteur nous ramène à la nécessité du traitement avant le rejet, celui ci fera l'objet du chapitre suivant.



Chapitre III

Traitement de lixiviats

Introduction :

De toutes les nuisances engendrées par les décharges, il est certain que celles qui proviennent des lixiviats doivent retenir la plus grande attention car elles peuvent avoir des conséquences sérieuses à long terme. Or le traitement des lixiviats est difficile car:

- La pollution engendrée est de nature organique et minérale.
- Les lixiviats ont des caractéristiques très différentes d'une décharge à une autre et dépendantes du temps.

Dans ce chapitre, nous abordons les solutions à envisager afin de faire face au danger que constituent les lixiviats de décharges, ces solutions résident dans des traitements physico-chimiques, biologiques ou même, dans certains cas, combinés. Nous présentons ci-dessous quelques uns des procédés les plus utilisés et les plus efficaces dans le traitement des lixiviats de décharges.

III-1 Traitements biologiques :

Ils sont sans doute les plus simples à mettre en œuvre et les plus économiques quant à leur coût d'exploitation. Ils peuvent être soit aérobies, soit anaérobies.

III-1-1 Traitements biologiques aérobies :

Les traitements aérobies nécessitent un dispositif d'aération qui a une double action : fournir l'oxygène nécessaire au métabolisme de la biomasse et assurer un brassage correct du bassin permettant la mise en suspension de biomasse. On peut rencontrer plusieurs types de traitements aérobies [19].

➤ Lagunage naturel :

Il s'agit d'un procédé rustique qui fait appel à une épuration naturelle des effluents. Elle se caractérise par une succession de lagunes de surfaces importantes et par une élimination de l'ammoniaque par nitrification (transformation de l'azote ammoniacal en nitrates en 60 à 70 jours) [28].

➤ Lagunage aéré :

Le lagunage aéré est le procédé le plus répandu. Il est composé de deux lagunes. D'une part, une lagune d'aération qui permet d'éliminer la charge biodégradable carbonée et azotée.

L'insufflation d'air permet d'y apporter de l'oxygène dissous. La nitrification y est souvent le facteur limitant, d'où un temps de séjour de 30 à 50 jours. D'autre part, une seconde lagune

permet la décantation des particules en suspension. Cette lagune favorise le développement des bactéries anaérobies, responsables de la dénitrification (transformation des nitrates en Azote gazeux). Il est conseillé d'y injecter des nutriments car l'eau épurée ne possède plus assez de matière organique indispensable aux micro-organismes. Le lagunage ne permet pas à lui seul d'arriver à un niveau correct d'épuration [23]et [28].

➤ **Les boues activées :**

C'est le plus répandu des procédés biologiques qui comporte essentiellement une phase de mise en contact de l'eau à épurer avec une masse biologique (formée au cours du traitement par les bactéries et autres micro-organismes), laquelle est maintenue en suspension par l'agitation provoquée soit par l'aération (processus aérobie), soit par des agitateurs mécaniques, soit par les deux à la fois [13]et [29].

Le processus de dégradation de la matière organique se déroule en trois étapes [29] :

-Adsorption des molécules sur les floccs biologique.

-Dégradation par oxydation des molécules, entraînant la synthèse de nouveaux micro-organismes, donc accroissement de la biomasse.

-Oxydation d'une partie des floccs biologiques ou des matériaux de réserve des micro-organismes.

➤ **Les procédés à cultures fixées** (lits bactériens, filtres biologiques) :

Le lit bactérien est un réacteur biologique aérobie, où les micro-organismes sont fixés sur un support inerte et forment un biofilm [20].

Ce procédé est à proscrire car les quelques installations existantes (principalement en Grande-Bretagne) ont souvent des problèmes de colmatage dû à la précipitation des hydroxydes métalliques[19]et [20].

III-1-2 Traitements biologiques anaérobies :

Les traitements anaérobies entraînent une production de méthane et peuvent aussi provoquer quelques nuisances olfactives (production d'H₂S par réduction du soufre) [23], ils sont de deux types :

➤ **Le lagunage anaérobie :**

Il est caractérisé par l'absence d'oxygène dans le milieu, et des temps de séjours très longs (>50 jours), les bassins étant relativement profonds, la lumière n'atteint pas le fond de la

lagune, il se crée des conditions anaérobies au fond de l'ouvrage qui se généralisent à l'ensemble de la lagune ce qui favorise la dégradation des matières organiques [20].

➤ **La digestion anaérobie :**

La digestion est un processus qui s'accomplit à l'abri de l'oxygène, et au cours duquel les matières organiques sont dégradées en acide carbonique et en méthane. Le processus se déroule généralement en digesteurs chauffés (autour de 35°C) remplis ou non de matériaux supports. [20]

Les traitements biologiques permettent d'obtenir des rendements épuratoires importants sur les lixiviats jeunes contenant une majorité d'Acide Gras Volatil (abattement de plus de 90 % sur la DCO ou la DBO₅). Les rendements sont moins importants (40 à 60 %) sur les percolats plus stabilisés et très faibles (< 10 %) sur lixiviats complètement stabilisés.

Généralement les traitements biologiques, qu'ils soient aérobies ou anaérobies, donnent des résultats comparables quant à l'élimination de la charge organique carbonée (avec toutefois un léger avantage pour l'aération prolongée). La différence principale concerne l'élimination de l'azote organique, qui est éliminé à plus de 95 % en traitement aérobie et seulement à 15 % ou 20 % en digestion anaérobie mésophile. L'épuration anaérobie présente toutefois un double avantage :

- Permettre une production moindre de boues en excès: 0.20kg MVS/kg COT contre 0.45 kg MVS/kg COT pour l'aération prolongée.
- Produire un gaz riche en méthane (65 à 70 % de CH₄) en quantité importante (environ 0,8 à 1 m³ de méthane par kg COT éliminé), gaz qui peut être récupéré [12]et [28].

III-2 Traitements physico-chimiques :

Les traitements physico-chimiques constituent généralement un complément indispensable aux traitements biologiques. Ceux-ci permettent d'éliminer la pollution carbonée résiduelle non biodégradable: DCO dure, de piéger les métaux et de retenir les sels dissous [30].

➤ **Oxydation par l'ozone :**

L'ozone, oxydant puissant, détruit les molécules organiques réfractaires, suivant sa concentration et rend biodégradable une partie de la pollution. Il est en général associé aux ultraviolets, au peroxyde d'hydrogène ou à d'autres catalyseurs [28].

➤ **La précipitation chimique** (généralement avec de la chaux) :

Son objectif principal est d'entraîner par précipitation une élimination des métaux sous forme d'hydroxydes métalliques.

Les métaux concernés sont : Cd, Cr, Cu, Hg, Ni, Pb, Sn et Zn [13].

La précipitation se fait suivant la réaction suivante :



L'action de la chaux sur les lixiviats se traduit par [13] :

- Une production de boues,
- Une réduction de la charge organique soluble,
- Un dégagement d'ammoniac,
- Une atténuation significative de la couleur et de la turbidité.

Dans le cas où la précipitation chimique n'est qu'un prétraitement pour éliminer les métaux avant une épuration biologique, il faudra neutraliser l'effluent avant l'étape biologique.

➤ **La coagulation floculation** :

Son action est double. En effet, elle permet à la fois l'élimination des matières en suspension colloïdales et aussi d'une partie de la matière organique par adsorption sur le floc. Ce traitement se décompose en 3 étapes successives :

- La coagulation proprement dite qui consiste à déstabiliser les particules par actions de réactifs chimiques (sels de fer ou d'aluminium) sous une agitation vive.
- La floculation, sous agitation lente qui entraîne une agglomération des colloïdes « électriquement neutralisés » en floes.
- Une décantation afin de séparer les floes et le surnageant clair.

L'efficacité de la coagulation-floculation dépend de la nature du lixiviats à traiter ; elle sera assez faible de l'ordre de 10 à 20 % sur des lixiviats « jeunes » fortement biodégradables et de l'ordre de 70 % sur des percolats stabilisés. La coagulation-floculation entraîne parallèlement une décoloration du lixiviat et aussi une production de boues.

Ce traitement permet un abaissement maximal de la DCO de 40 à 50 %, mais augmente la concentration dans l'eau traitée en chlorures, fer, ou aluminium, selon le sel utilisé pour la

coagulation. Il est par ailleurs producteur de boues (20 % de volume traité environ), et génère une coloration sensible (chlorure ferrique) [31].

➤ **Evaporation-oxydation chimique :**

Cette technique de traitement présente un avantage important: elle permet d'utiliser l'énergie fournie par le biogaz pour traiter les lixiviats. Le principe de cette technique est d'utiliser la chaleur dégagée lors de la combustion du biogaz pour évaporer les lixiviats. Les fumées dégagées par l'évaporation et chargées de substances polluantes alors recueillies et oxydées dans la torchère. Le résidu obtenu peut atteindre un taux de matières sèches de 80 % et est éliminé sur le site [28].

➤ **Adsorption sur charbon actif :**

Ce procédé est basé sur l'adsorption par le charbon actif de la pollution organique, il est l'adsorbant le plus utilisé, il n'a d'action ni sur l'azote minéral, ni sur les métaux lourds, ni sur les sels [32] ; son efficacité se mesure par sa capacité d'adsorption : masse de polluant adsorbé par unité de masse de charbon actif. La capacité d'adsorption d'un charbon est fonction de sa porosité, des pores actifs qu'il contient et aussi de la nature des produits à adsorber. C'est un produit relativement cher, il sera donc réservé à des traitements de finition [31].

➤ **Bio-réacteur à membranes (BRM) :**

C'est une technique de pointe qui associe étroitement un réacteur biologique à des membranes de microfiltration ou d'ultrafiltration. Les membranes ont un rôle de barrière physique absolue et remplacent le clarificateur dans la chaîne de traitement classique [32].

Les points forts du BRM sont les suivants:

- Dissociation et gestion parfaite du temps de séjour hydraulique et de l'âge de la boue,
- Possibilité de travailler avec des concentrations importantes en biomasse dans le bioréacteur assurant des rendements accrus et une compacité des ouvrages,
- Haut niveau d'automatisation assurant une fiabilité et une facilité de fonctionnement,
- Qualité de l'eau traitée constante quelle que soient les variations de la ressource.

➤ **Osmose inverse :**

Procédé largement utilisé pour le dessalement de l'eau de mer, a naturellement pris sa place dans le traitement des lixiviats.

L'osmose inverse ou hyperfiltration, utilise une membrane semi-perméable afin de séparer les solides dissous, la matière organique et minérale, les virus et bactéries de l'eau. Le procédé

est dit inverse car il nécessite une pression suffisante pour la filtration de l'ordre de 30 à 80 bars, selon la concentration en sels de l'effluent, pour forcer l'eau pure à passer à travers la membrane [33].

Le tableau ci-après résume tous les procédés de traitement des lixiviats ainsi que leurs avantages et inconvénients.

Tableau III-1 : Avantages et inconvénients des différents procédés [19].

	Procédés	Avantages	Inconvénients	Sous-produits
Procédés biologiques	Lagunage aéré	Elimination de la DBO ₅ et de l'azote.	Dénitrification difficile, encombrement important.	Boues biologiques en excès.
	Boues activées	Elimination de la DBO ₅ et de l'azote global.	Consommation énergétique pour l'apport de l'oxygène.	Boues biologiques en excès.
	Bioréacteur à membranes	Elimination de la DBO ₅ , azote, DCO résiduelle, MES, bactéries, virus. Faible encombrement.	Consommation énergétique.	Boues biologiques en excès.
	Cultures fixée	Elimination de la DBO ₅ et de l'azote. Faible consommation énergétique.	Faible rendement épuratoire.	
Procédés physico-chimiques	Coagulation-floculation	Débit de traitement. Réduction de 40 à 50 % de la DCO dure. Agglomération des MES.	Production importante de boues (20 % du volume traité).	Boues
	Précipitation	Précipitation des métaux, diminution des MES, élimination d'une partie de la matière organique.	Production de boues d'hydroxydes métalliques.	Boues
	Adsorption sur charbon actif	Elimination de la DCO résiduelle, réduction des organo-halogénés et de la couleur.	Renouvellement des absorbeurs.	
	Ozonation (H₂O₂ ET/OU UV)	Elimination de la DCO, décoloration et augmentation du caractère biodégradable.	Sensibles aux variations de charges. Consommation énergétique.	
Procédés thermiques	Evaporateur	Concentration maximale de la pollution. Utilisation de biogaz.	Dissipation partielle à l'atmosphère. Dépend de la qualité et de la quantité du biogaz.	Concentrat
	Evapocondensateur	Concentration maximale de la pollution et condensation des vapeurs. Utilisation du biogaz.	Dépend de la qualité et de la quantité du biogaz.	Concentrat.
	Sécheur isoflash	Elimination de la charge polluante du lixiviat. Utilisation du biogaz.	Consommation énergétique.	Extrait sec pulvérulent.
Procédé	Nanofiltration	Rétention de la DCO dure, des sels et des métaux.	Coût parfois très élevé. Dépendance à un « tiers traiteur ».	Rétentats de nanofiltration.

	Osmose inverse	Rétention de la DCO dure, des sels, des métaux et des nitrates.	coûteux	Rétentats d'osmose (saumures).
Autre	Traitement en station d'épuration externe	Pas d'investissement sur site.		

III-3 Rejets en station d'épuration urbaine :

Le traitement des lixiviats dans une station d'épuration urbaine peut également être envisagé. Le transport de ces derniers s'effectue alors le plus souvent par citernes. On peut également les rejeter directement dans le réseau, à condition qu'il y ait proximité d'une station d'épuration après avoir effectué dans certains cas un prétraitement. Remarquons que lorsque les lixiviats sont pris en charge par une station d'épuration urbaine, ceux-ci ne représentent qu'une faible charge supplémentaire de pollution azotée et carbonée pour la station [13].

En cas de rejet de ces effluents dans le milieu aquatique, les effluents doivent respecter les valeurs limites suivantes [19et 31] :

Tableau III-2 : Valeurs limites des lixiviats avant leur rejet dans le milieu naturel

Paramètres		Valeurs limites
Température		30
PH		6,5 – 8,5
DCO	(mg/l)	< 300
DBO ₅	(mg/l)	<100
MES	(mg/l)	<100
Azote global	(mg/l)	< 30
Azote ammoniacal	(mg/l)	<20
Phosphore total	(mg/l)	10
Pb	(mg/l)	0.5
Cr	(mg/l)	0,5
Cd	(mg/l)	0.2
Hg	(mg/l)	0,01
Cu	(mg/l)	0.5
Fe	(mg/l)	3
Métaux totaux Pb,Cu,Cr,Ni,Zn,Mn,Sn,Cd,Hg,Fe,Al	(mg/l)	<15

Nous présentons en tableau III-3 les valeurs limites de rejet de lixiviats de décharge de certains pays [34].

Tableau III-3 : les valeurs limites de rejet de lixiviats de décharge de certains pays

Paramètres	Valeurs limites (mg/l)				
	USA	Allemagne	France	Hong Kong	Corée du sud
DCO	ND	200	120	200	50
DBO₅	ND	20	30	800	ND
NH₃-N	ND	ND	ND	5	50
Azote total	ND	70	30	100	150
Phosphores	ND	3	ND	25	ND
Cd (II)	0,01	0,1	ND	0,1	ND
Cr (III)	ND	0,5	ND	0,1	ND
Cr(VI)	0,05	0,1	ND	ND	ND
Ni (II)	0,013	1,0	ND	0,6	ND
Pb (II)	0,03	0,5	ND	ND	ND
Cu (II)	0,07	0,5	ND	1,0	ND
Zn(II)	0,3	2	ND	0,6	ND
Ag(I)	0,05	ND	ND	0,6	ND

ND : Non déterminée.

Conclusion :

Ce chapitre montre que chaque procédé est efficace pour un type spécifique de pollution en ce qui concerne le traitement des lixiviats de décharges, par exemple :

- La précipitation à la chaux permet d'éliminer la pollution azotée et phosphatée.
- L'adsorption sur charbon actif est très efficace en ce qui concerne la diminution de la couleur et de la turbidité.
- La nanofiltration permet de diminuer la concentration des métaux lourds.

Tous ces traitements sont efficaces à des degrés différents, mais l'hétérogénéité de la composition des lixiviats de décharges exige une combinaison de plusieurs procédés.

Les facteurs principaux influençant le choix d'un traitement sont :

- Son efficacité.
- Son coût.
- La facilité de sa mise en oeuvre.

C'est en prenant en considération ces trois facteurs que notre choix s'est porté sur le traitement par la bentonite algérienne, qui est un adsorbant disponible et dont le coût est bien inférieur à celui du charbon actif. Celle-ci fera l'objet du chapitre suivant.



CHAPITRE IV

Argiles et Bentonite

IV-1 Structure de minéraux argileux [35] :

Les minéraux argileux, connus aussi sous le nom de **phyllosilicates**, sont constituées par des empilements de lamelles : les *feuilletés élémentaires*. Ces feuilletés ont une épaisseur de l'ordre du nanomètre (millionième de millimètre) avec une extension latérale pouvant atteindre plusieurs centaines de nanomètres. Ils sont formés d'un (phyllosilicates 1:1), ou de deux feuilletés (phyllosilicates 2:1), famille des **Smectites** constitués de deux couches tétraédriques d'oxyde de silicium encadrant une couche octaédrique d'oxy-hydroxyde métallique, le métal étant soit trivalent (aluminium ou, plus rarement, fer), soit bivalent (magnésium).

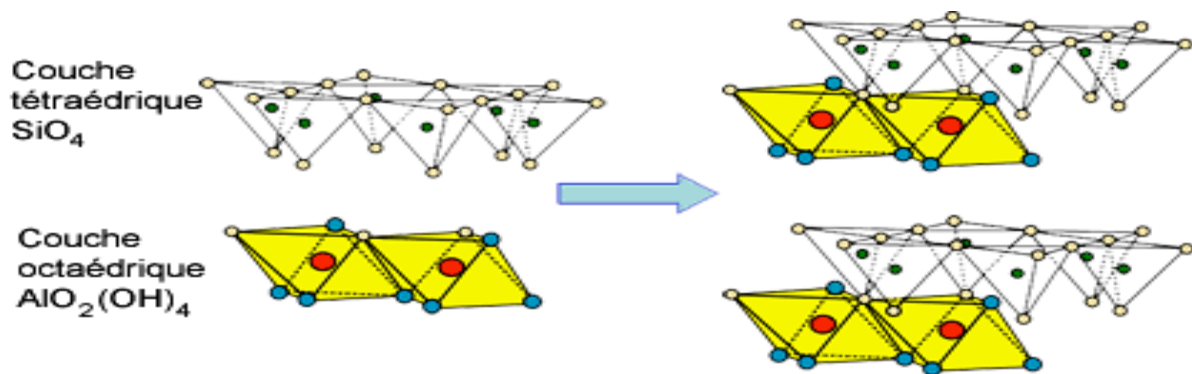


Figure IV.1 : Structure des phyllosilicates 1:1 [35]

Comme le montre la **figure IV.2**, Certains atomes de silicium des couches tétraédriques peuvent être remplacés par des atomes d'aluminium. De même, dans la couche octaédrique, les métaux trivalents peuvent être partiellement substitués par des atomes de magnésium ; ou encore, quand la couche octaédrique est constituée d'oxy-hydroxyde de magnésium, ce métal peut être remplacé en partie par des atomes de lithium.

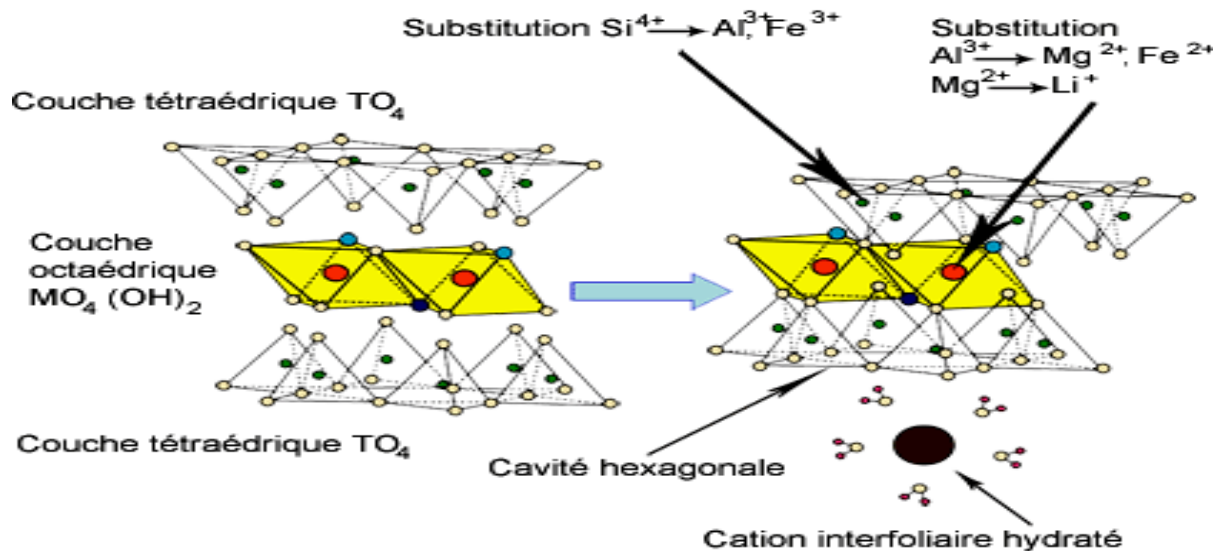


Figure IV.2 : Structure des phyllosilicates 2:1 (smectite) [35]

De telles substitutions créent localement des déficits de charges positives qui sont compensés par la présence, entre les feuillets, d'ions positifs, hydratés ou non, appelés **cations compensateurs**. Ces cations sont aussi appelés **cations échangeables** car ils peuvent être facilement remplacés par d'autres cations mis en contact [35].

IV-2 Les argiles montmorillonitiques : Bentonites

Les argiles présentent un intérêt croissant car leurs applications industrielles ne cessent de se diversifier. Parmi ces argiles qui constituaient le substrat de base de plusieurs recherches, celle dénommée bentonite [36]. Cette dernière a été découverte vers la fin du 19^{ème} siècle, son nom vient de Fort Benton (Wyoming, Etats-Unis). Connue aussi sous le terme de *terre à foulon*. Elle désigne généralement une poudre minérale constituée essentiellement de montmorillonite $(\text{Na}, \text{Ca})_{0,33}(\text{Al}, \text{Mg})_2\text{Si}_4\text{O}_{10}(\text{OH})_2 \cdot (\text{H}_2\text{O})_n$ (80%) (Famille des smectites), et d'argile ce qui explique sa capacité de rétention d'eau [37]. Cette dernière fut découverte pour la première fois en 1847 près de Montmorillon (France) [38]. Les gisements de bentonite sont d'origines volcanique et hydrothermale [37].

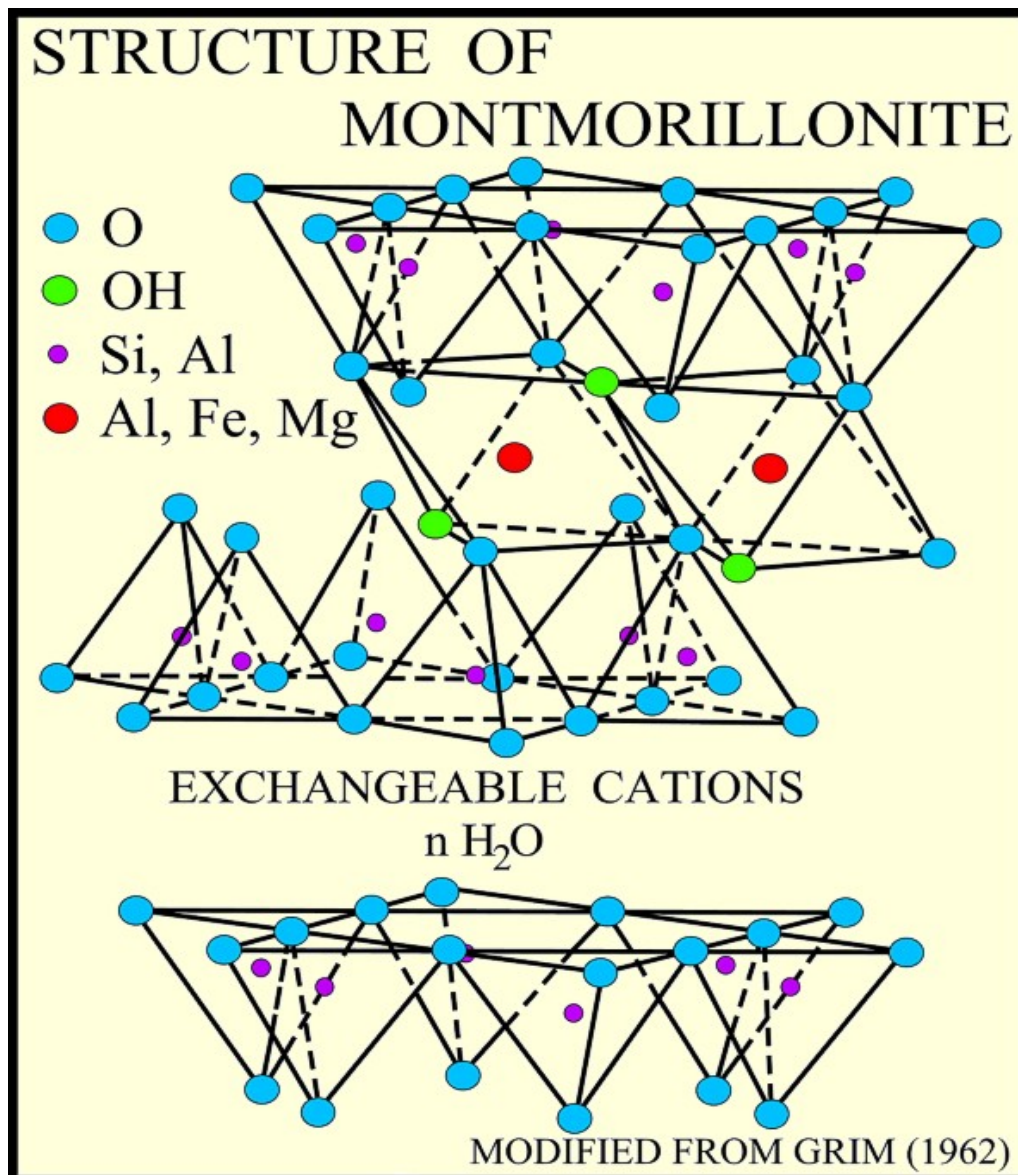


Figure IV.3 : Structure d'une montmorillonite [39].

IV-3 Formation et origine de la bentonite :

En Algérie, les gisements de bentonite les plus importants économiquement se trouvent dans l'Oranie (ouest algérien). On relève en particulier la carrière de Maghnia (Hammam Bouhrara) dont les réserves sont estimées à un million de tonnes et de celle de Mostaganem (M'zila) avec des réserves de deux millions de tonnes. [38]

Le gisement de Maghnia résulte de l'altération des rhyolites. L'altération hypothermale liée aux gaz résiduels de processus magmatiques peut conduire à la formation de la montmorillonite [36].

IV-4 Forme naturelle :

Sous sa forme brute naturelle, la bentonite est une roche tendre, ayant à peu près la consistance du Kaolin, c'est-à-dire friable, onctueuse au toucher. Sa teinte est blanche, grise ou légèrement teintée de jaune. Son grain est extrêmement fin. La forme et l'exiguïté des particules joueront d'ailleurs un rôle de base dans les applications [40].

IV-5 Hydratation interfoliaire, gonflement et dispersion des feuillets [41] :

En présence d'eau, une bentonite peut former un solide hydraté, un gel et/ou une suspension plus ou moins stable. Cela est possible grâce au caractère gonflant de cette argile.

Si on essaye de comprendre le phénomène de gonflement au niveau de l'organisation structurale de la bentonite, on peut distinguer deux échelles différentes : (i) *une dispersion interparticulaire* où la pénétration des molécules d'eau est localisée entre les particules élémentaires ; (ii) *une hydratation interfeuillets* où la pénétration des molécules d'eau est localisée entre les feuillets qui constituent une particule

Le phénomène d'hydratation interfeuillelet augmente la distance entre les feuillets (distance basale) comme le montre la figure IV.4.

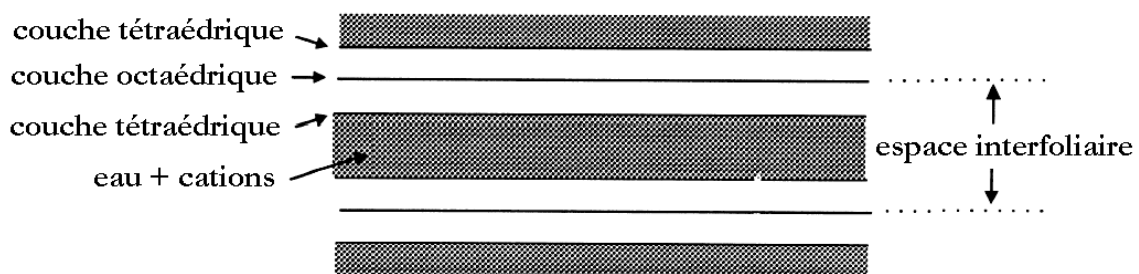


Figure IV.4 : Représentation de l'espace interfoliaire (distance basale) entre deux feuillets de montmorillonite [41]

A ce stade et à des faibles états d'hydratation, entre 1 et 4 couches d'eau interfoliaires, le minéral de montmorillonite reste dans un état qu'on qualifie de solide hydraté.

Lorsque l'insertion de l'eau se poursuit, dans un système de montmorillonite hydratée, au-delà de 4 couches, on parle dans la littérature du processus "de gonflement"[41], ce qui rend accessibles les surfaces basales initialement en contact. Celles-ci constituent la surface interne du minéral, alors que la surface externe correspond aux surfaces basales externes et aux surfaces des bords des feuillets [42].

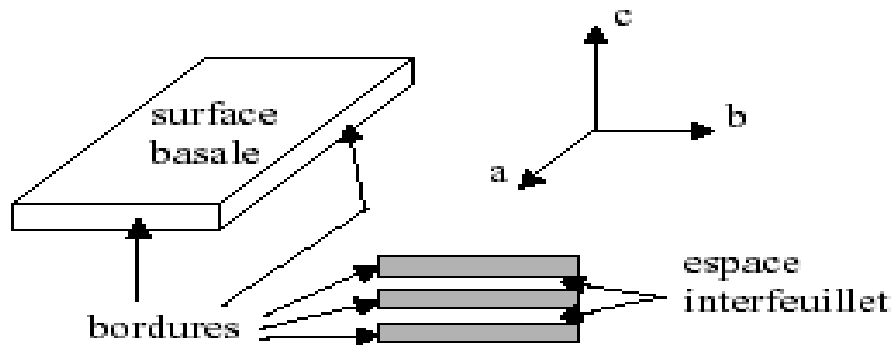


Figure IV.5 : Illustration de l'empilement de feuillets d'argile montrant les surfaces basales, les bordures des particules, ainsi que les espaces interfeuillets [42]

Les distances interfoliaires passent brusquement de 21,6 Å (hydrate à 4 couches d'eau) à 30 Å et au-delà, sans que l'on puisse mettre en évidence de distances comprises entre ces deux valeurs. Pour des teneurs en eau plus importantes, on parle plus souvent de dispersion ou de suspension de montmorillonite dans l'eau que de gonflement aqueux de la montmorillonite.

Les propriétés d'hydratation, de gonflement et de dispersion n'existent que parce que l'énergie de cohésion interfoliaire est suffisamment faible pour que les molécules d'eau puissent pénétrer entre les feuillets [43].

IV-6 Rétention des métaux par les argiles :

L'étude du comportement des argiles dans le cadre de l'interaction argile/polluant est un sujet qui a suscité un grand intérêt depuis de nombreuses années [44].

Des mécanismes distincts peuvent conduire à la rétention d'éléments par une surface solide.

Ces mécanismes sont:

- *la précipitation*, engendrant l'apparition d'une nouvelle phase solide sur la surface du minéral;
- *l'absorption*, correspondant à la migration d'espèces dissoutes vers l'intérieur du solide;
- *l'adsorption*, correspondant à la fixation physique ou chimique des espèces ou d'éléments dissous;
- *l'échange d'ions*, correspondant au remplacement d'un ion initialement présent en position échangeable (ex : inter foliaire), par un ion présent à l'état dissous.

IV-7 Applications des bentonites argileuses [36, 40 et 45] :

Les argiles du groupe des smectites (montmorillonite,...) sont utilisées dans divers domaines de l'industrie chimique et pharmaceutique, elles jouent aussi un rôle significatif dans une gamme variée de problèmes environnementaux et leurs applications augmentent sans cesse. Parmi celles-ci :

- Le rôle des argiles dans les sols contaminés dans le transport des isotopes radioactifs et leur réactivité vis-à-vis de ceux-ci (rétention du ^{137}Cs après l'accident de Tchernobyl);
- Leur rôle vis-à-vis des pesticides et des éléments métalliques dans les sols ;
- Le rôle de barrière d'étanchéité dans les décharges ;

Les argiles sont utilisées dans la construction de barrières imperméables. Les smectites (montmorillonites) sont préférentiellement utilisées étant donné leur réactivité chimique et leur imperméabilité après compaction. Les argiles peuvent être utilisées seules ou mélangées à des matériaux composites.

Conclusion :

La bentonite donc fait partie des sorbants qui connaissent actuellement un grand essor dans différents domaines d'application telles que: épuration des eaux, décoloration des huiles et des graisses, comme charge dans l'industrie du papier, des savons des détergents et dans l'industrie pétrolière [36].

De ce fait la science des argiles continuellement moderne fera que la bentonite sera toujours un **matériau du futur** parce qu'elle est efficace, pratique, neutre et peu coûteuse

C'est en prenant en considération ces facteurs que notre choix de traitement de lixiviat de décharge s'est porté sur la bentonite.

Mais avant de traiter ces eaux, encore faut-il savoir d'où elles viennent, le chapitre suivant porte sur l'exploitation du site d'Ouled Fayet, du drainage et de la collecte des lixiviats.



CHAPITRE V

Présentation et exploitation de la décharge d'Ouled Fayet

V-1- Introduction - Historique du projet [46] et [47] :

L'explosion démographique et la surexploitation de la décharge publique d'Oued Smar ont conduit à la saturation de cette dernière. Face à cette situation, la Wilaya d'Alger a décidé de rechercher un site pouvant servir de lieu de décharge. Dans ce cadre, on a pensé à retenir le site qui sert déjà à la décharge publique d'Ouled Fayet. Ce site, situé au lieu dit « Maison-Blanche », est à l'origine une terre agricole de domaine couchis. Cette décharge était à l'origine une décharge sauvage.

Le site de cette décharge publique a été retenu par le schéma général d'assainissement du Grand d'Alger, approuvé par le décret présidentiel N° 76/53 du 25.03.76

L'ex CPVA a décidé d'aménager la décharge sauvage d'Ouled Fayet en décharge contrôlée. Des études ont été confiées à plusieurs bureaux d'études (CNERU, CTPP....) au début de l'année 1985.

Malheureusement, l'étude du site destinée à la future décharge contrôlée d'Ouled Fayet n'a été achevée qu'en 1989 par le bureau d'étude E.E.C (ex EDIL) en raison des multiples difficultés rencontrées.

Après cette étude, deux casiers seulement ont été aménagés dans le but d'exploiter le site en décharge contrôlée compactée.

Dans un premier temps l'exploitation se faisait d'une manière contrôlée, mais après le comblement des deux casiers, l'exploitation a été délaissée et s'est transformée en décharge brute et elle recevait les déchets urbains des communes environnantes: Ouled Fayet, Baba Hassan, Draria, Douera, Khereissia, Souidania, Chéraga, El Achour.

Une deuxième étude a été élaborée par Kittelberger en 1994 en collaboration avec l'EDIL, et a recommandé l'ouverture d'une décharge contrôlée à Ouled Fayet avec un mode de gestion qui répond aux normes en matière de protection de l'environnement.

L'EDIL a réalisé une étude d'impact en 1999 en prenant en considération les résultats de l'étude géotechnique du LNHC qui confirmait que le site convenait parfaitement à l'implantation d'une décharge contrôlée.

Le Centre d'Enfouissement Technique d'Ouled Fayet a été créé par décision N° 444 du 25/04/2001 par Mr le Wali d'Alger, il a été procédé à la réalisation d'une unité chargée de la gestion et l'exploitation du CET de Ouled Fayet. Le Gouvernorat d'Alger a lancé une étude d'impact réalisée par les bureaux d'études GTZ et NEE permettant ainsi le début des travaux de réalisation des casiers d'enfouissement (1998) par l'entreprise AMENHYD, l'exploitation

du site par l'entreprise NETCOM a commencé en juin 2000, l'exploitation du premier casier 01 a débuté en Octobre 2002.



Figure V-1: L'état de la Décharge avant 1998.



Figure V-2: L'état de la Décharge après 2002. (Casier d'enfouissement technique)

V-2 Présentation du site du C.E.T d'OULED FAYET [2, 17,48à49] :**V-2-1 Situation géographique de la région :**

Le centre d'enfouissement technique d'Ouled Fayet est situé à 16 Km au sud Ouest d'Alger, et à 03 Km du chef lieu de la commune d'Ouled Fayet. Dans la circonscription de Cheraga. Situé entre deux voies routières ; la route nationale n° 36 reliant Alger à Boufarik, et le chemin de Wilaya n° 146 qui joint Chéraga, Ouled Fayet et Douéra , le centre s'étend sur une superficie de 40 hectares dont 27 ha seulement pour l'enfouissement des déchets.

Une partie du C.E.T (32 hectares) est implantée dans le territoire de la commune de Ouled Fayet, et l'autre partie (08 hectares) est implantée dans la commune de Baba Hassen, le site se situe au lieu dit « Maison blanche »

- A environ 02 Km au Sud Est du lieu d'implantation du C.E.T, se trouve l'agglomération de Baba Hassan,
- A 04 Km au sud, se trouve l'agglomération de Douéra,
- A sa limite au sud se trouvent les terrains de la ferme Bel Air.

Le site se trouve sur un plateau ondulé, entaillé par de nombreux vallons ; le CET se localise à l'amont et sur le versant droit de Oued Ben Brahim, affluent de Oued EL Karma : elle recouvre également et en partie la vallée d'un petit Oued intermittent, affluent lui-même de l'Oued Ben Brahim.

V-2-2-Topographie :

La région d'implantation du C.E.T (Ouled Fayet) est caractérisée par un relief vallonné (accidenté). Le site recouvre en partie un vallon, occupé par un affluent temporaire d'un Oued « Ben Brahim », et une parcelle de plateau situé au sud de celui-ci.

Le site appartient à un plateau ondulé et très raviné ; dont l'aspect des collines mamelonnées est caractéristique de ce terrain, dont la pente varie de 10 à 20% dans certains endroits du site. La topographie et la morphologie des lieux offrent de bonnes garanties contre la pollution des eaux de surface.

V-2-3 Hydrographie :

La zone du site appartient au vaste bassin versant de la plaine de la Mitidja.

Le réseau hydrographique de la zone est relativement bien développé et regroupe un ensemble de cours d'eau très ramifiés et dont les digitations découpent le plateau.

Le site du C.E.T se trouve sur un affluent temporaire de l'Oued Brahim, à l'amont du bassin versant. Il recouvre une partie du lit de ce petit cours d'eau. Sachant que l'Oued Brahim est un cours d'eau de peu d'importance, compte tenu des faibles précipitations (en temps normal).

V-2-4 Géologie :

D'une manière générale, les faciès (physionomie) géologiques montrent que la structure de la région est simple : trois formations affleurent et comportent des terrains marneux (mélange naturel de calcaire et d'argile) ou argileux, parfois mêlés à des sables ou des galets.

La carte géologique montre que la zone d'implantation du C.E.T présente des faciès gréseux (roche) ou argileux gréseux avec ou sans galets voir calcaire ou calcuré-gréseux avec ou sans galets.

Les résultats de l'étude géotechnique démontrent que le site du C.E.T est parfaitement étanche, de par la présence d'un substratum constitué de formations marneuses, et que la couche supérieure (≈ 50 cm de la surface) est constituée d'une couche d'argile. Ainsi en bas, il y a présence de :

- Formations argileuses avec parfois des inclusions sableuses,
- Des terrains marneux.

Une deuxième étude du terrain, effectuée par le Laboratoire de l'Habitat et Construction (L.N.H.C) en 1998, dans le but de vérifier encore une fois la nature du terrain, a mis en évidence des formations argileuses avec parfois interaction sablo gréseuses. Les argiles compactes reposent sur un substratum marneux compact. Ces marnes sont des matériaux peu perméables ou non perméables, d'où la quasi inexistance des ressources en eaux souterraines.

La conclusion de ces études est que le sol de la zone du Centre d'Enfouissement Technique de Ouled Fayet est parfaitement étanche, et l'absence de nappes phréatiques.

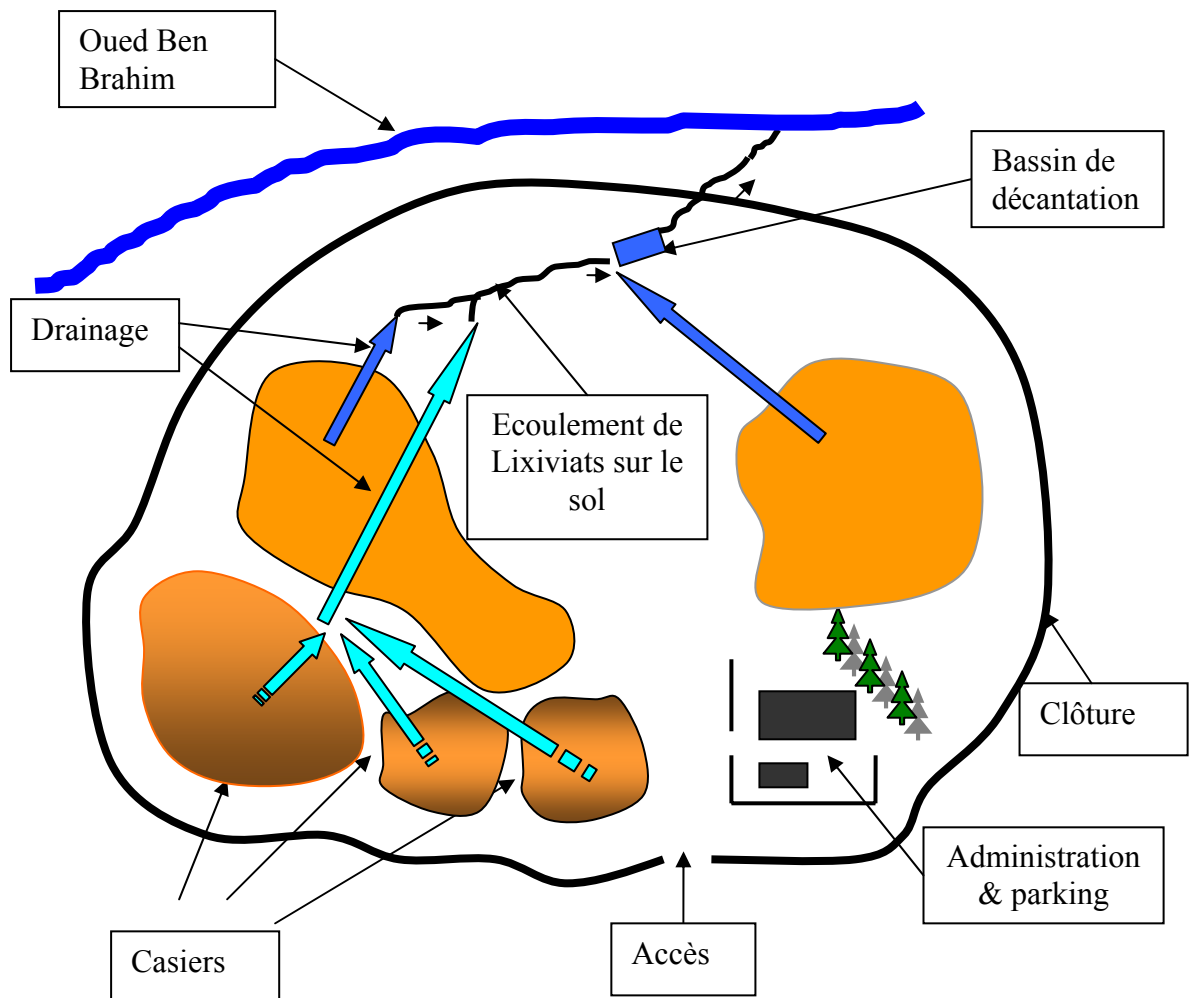


Figure V-3 : Schéma Représentatif de Centre d'enfouissement Technique d'Ouled Fayet

V-3 Les déchets de la décharge d'Ouled Fayet [47]et [49] :

Le centre d'enfouissement technique d'Ouled Fayet a une capacité prévue de 6.000.000,00 m³, soit près de 3.000.000 tonnes pour une durée de vie estimée à 10 ans.

L'accès au CET est soumis à une convention et au paiement de droit de mise en décharge fixé par l'exploitant.

V-3-1-Type des déchets autorisés [47]

Seules les ordures ménagères et les déchets assimilés (déchets de commerce, déchets industriels banals...etc.) sont autorisés à être déversés au niveau du C.E.T de Ouled Fayet.

Tous autres déchets (toxique, septique, industriel, déchets d'abattoirs...etc.) sont strictement interdits.

Les déchets admis et non admis au CET sont représentés dans le **tableau V-1** suivant :

Tableau V-1 : Types de déchets admissibles et interdits Dans le CET de Ouled Fayet [49].

Types de déchets admissibles	Types de déchets interdits
<p>Ordures ménagères. Objets encombrants. Déchets de voirie. Déchets industriels et commerciaux assimilables aux ordures ménagères. Déchets verts. Boues dont la siccité est supérieure ou égale à 30%. Déchets fermentescibles et fortement évolutifs de l'industrie et de l'agriculture. Déchets de bois, papier, carton.</p>	<p>Déchets dangereux et déchets industriels spéciaux. Déchets contenant plus de 50mg/kg de PCB et les déchets contaminés par ce produit. Les déchets septiques des hôpitaux. Les cyanures. Les produits inflammables et explosifs. Les solvants organiques. Les produits radioactifs. Les pesticides. Les déchets d'amiante. Les déchets de peintures. Les produits pharmaceutiques. Les boues de tanneries et de teinturerie. Déchets liquides ou dont la siccité est inférieure à 30%.</p>

V-3-2 Quantité de déchets rejetés dans le CET [48] :

Actuellement la quantité moyenne de déchets déversés dans le C.E.T d'Ouled Fayet est de 450 tonnes par jour. Le nombre moyen de voyages effectués par jour est de 100 voyages.

➤ **Exploitation des casiers d'enfouissement :**

Le nombre de casiers exploités à ce jour est de 04 casiers, la quantité des déchets reçus pour chaque casier est comme suit :

Tableau V-2 : quantité des déchets reçus au niveau du C.E.T d'Ouled Fayet pour chaque casier.

CASIER	Nombre de Voyages			Tonnage			Quantité compactée	Taux d'exploitation
	Ordures Ménagères	Terre de Couverture	Total	Ordures Ménagères	Terre de Couverture	Total		
N°1	29 130	2 743	31 873	132 791	19 168	151 959	85 147	119 % (saturé)
N°2	19 090	668	19 758	79 420	4 676	84 096	47 092	116 % (saturé)
N°3	180 952	12 905	193 857	972 771	86287	1 059 058	593 072	123% (saturé)
N°5	8 016	248	8 264	24 817,81	2 481	27 298,81	19 109,16	7,64 % En cours d'exploitation

Tableau V-3 ETAT DES STATISTIQUES Casier N°5

Casier	Période d'Exploitation	Nombre de Voyages			Tonnage			Quantité compactée	Taux d'exploitation
		Ordures Ménagères	Terre de Couverture	Total	Ordures Ménagères	Terre de Couverture	Total		
N°5	Du 22/08/07 au 31/03/08	57 220	1 541	58761	176243.90	14 727	190 970,90	133 679.63	54 %
Sous Total 1		57 220	1 541	58761	176243.90	14 727	190 970,90	133 679.63	

Nb : -l'indice de compactage est estimé à 0,7 en moyenne.

- L'augmentation du nombre de communes qui déversent leur déchets au CET d'Ouled Fayet : en 2001, ce nombre était de 6 communes, de 25 en 2003, de 27 en 2004, augmenté jusqu'à 41 communes aujourd'hui.

Le CET d'Ouled Fayet reçoit actuellement les ordures ménagères des communes suivantes :

Communes (Entrée Payante)	Chéraga, Ain Bénain, Draria, Douéra, El Achour, Baba Hacen, Khraicia, Staoueli, Souidania, Zéralda, M'helma, Shaoula Rahmania, Bir Khadem, Baraki,Rouiba, Bordj El Bahri, Bordj El Kiffen, Dar El Beida, Reghaia, Oued Smar , Ain Taya, El Marsa
Communes (Entrée gratuite)	O. Fayet, El harrach, Heraoua
Commune (ayant le bon de transport NET COM)	El Djamila, Casbah, Bologhine, El Biar, Hydra, O. Koriche, B.E.O, D. Brahim, Hammamet, B, Messous, Bouzareah, Kouba, H. Dey, Bab Ezzouar, Alger centre, Madania, Gue de Constantine, Ben Aknoun, Mouradia, Bir Mourad Rais, Bourouba, Belouizdad, Mekaria, bach djarrah, Eucalyptus, Mohamadia, Sidi M'hamed
Particulier	Hilton, Residence d'Etat, ENTV, SHERATON, SARL PLANET,

Tableau V-4: Etat de déversement au niveau du CET de Ouled Fayet durant le premier trimestre 2008 [49 et 50].

	Total trimestriel 2008(Janvier, Février, Mars)	
	Nombre de voyage	Tonnage
Communes (Entrée Payante)	9 427	27 545,02
Communes (Entrée Gratuite)	775	1 814,32
Communes (ayant le bon de transport NET COM)	16 546	51 815,07
Particulier	635	1 242,52
Terre de couverture	598,00	5 344,00
Total global	27 981	87 760,93

V-4 Conception & Réalisation du CET d'Ouled Fayet :

V-4-1 Les casiers d'enfouissement :

Le tableau V-5 donne : la profondeur, la capacité et le taux d'exploitation de chaque casier ainsi que la durée d'exploitation de chacun.

Tableau V-5 : Exploitation des casiers d'enfouissement du CET d'Ouled Fayet [49].

Casier	Profondeur (m)	Capacité m ³	Taux d'exploitation	Durée de vie
Casier N°1	12	130.000 soit 65.000 tonnes de déchets compactés	116 %	12 mois Saturation définitive
Casier N°2	10	80.000 soit 40.000 tonnes de déchets compactés	105 %	07 mois et 19 Jours .Saturation définitive
Casier N°3	20	960.000 soit 480.000 tonnes de déchets compactés	123%	23 mois Saturation définitive
Casier N°4	22	1.250.000 soit 625.000 tonnes de déchets compactés	00	Réalisé et non exploité
Casier N°5	16	500.000 soit 250.000 tonnes de déchets compactés	54%	En cours d'exploitation

V-4-2 Imperméabilisation des casiers d'enfouissement [47] :

Après étude du sol et des caractéristiques géologiques du site retenu pour l'implantation de la décharge, commencent alors les travaux de terrassement, une excavation d'une dizaine de

mètres de profondeur et d'une superficie de 10.000 m² est creusée (casier). Sur le fond du casier est déposée une couche d'argile ou de marne : matériaux naturels.

Intervient ensuite la pose de la géomembrane en polyéthylène haute densité (PEHD), Un matériau étanche, pour éviter toute infiltration dans le substratum, sur le fond et les talus ou parois du casier, la pose de cette géomembrane exige une maîtrise des techniques de soudures. Cette dernière est alors recouverte par une couche de géotextile pour la protéger.

Un caniveau de drainage perforé et entouré du grillage pour recueillir les lixiviats est aménagé dans l'axe du casier dans le sens de sa largeur ou sa longueur. Le drain est lié au bassin de décantation situé à l'Est du site. Enfin une dernière couche de 50 cm de gravier de dimensions différentes, (10% de calcaire) est déposée.

Des cheminées d'évacuation de biogaz provenant de la décomposition des déchets sont installées avant l'épandage de la couche du gravier. Ce système de captage, est réalisé à l'aide des buses verticales à parois perforées empilées au fur et à mesure de la progression de la hauteur des déchets dans le casier. A partir de cette ultime phase, l'épandage des déchets domestiques peut commencer [51].

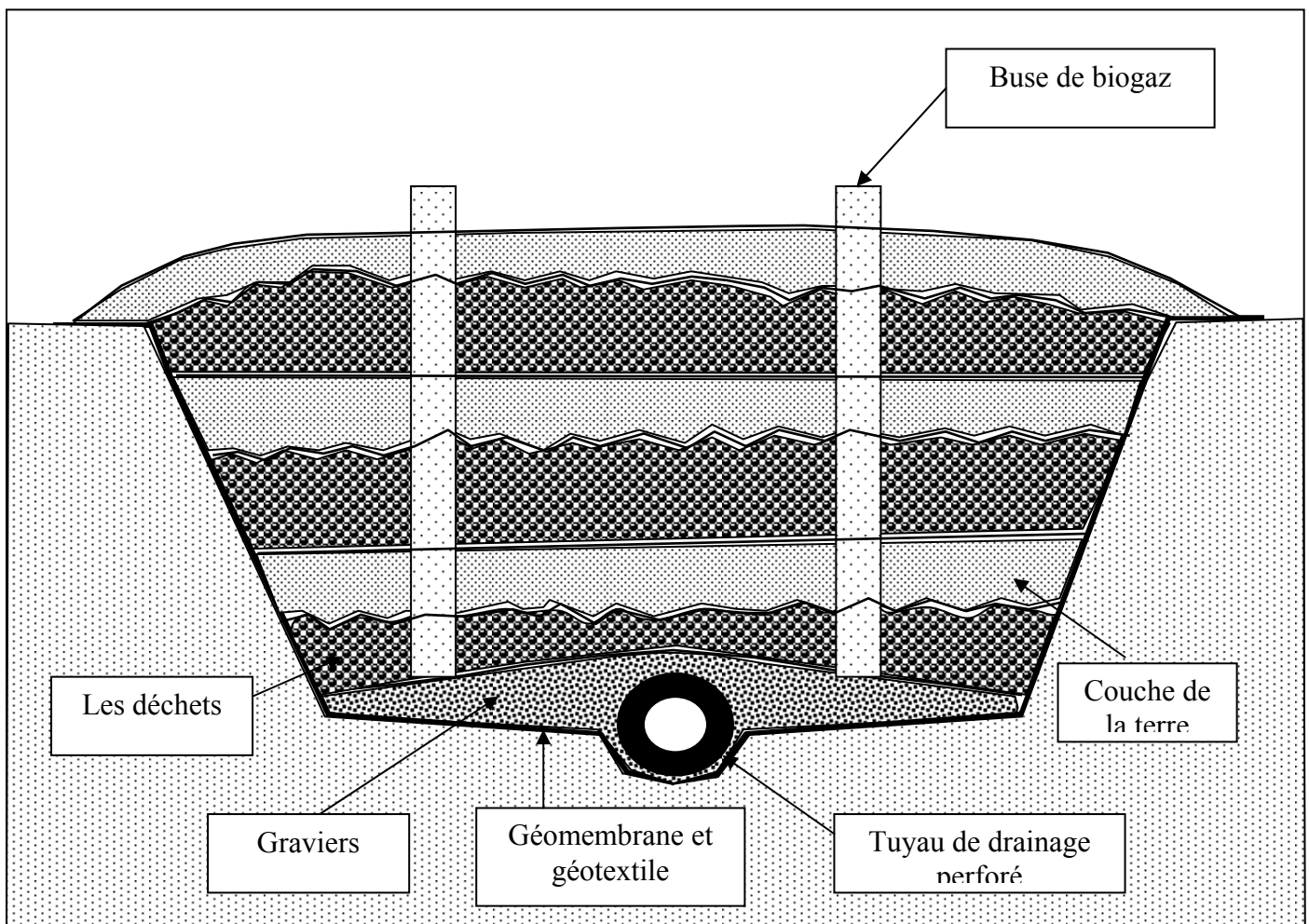


Figure V-4 : Schéma Représentatif d'un casier d'enfouissement technique

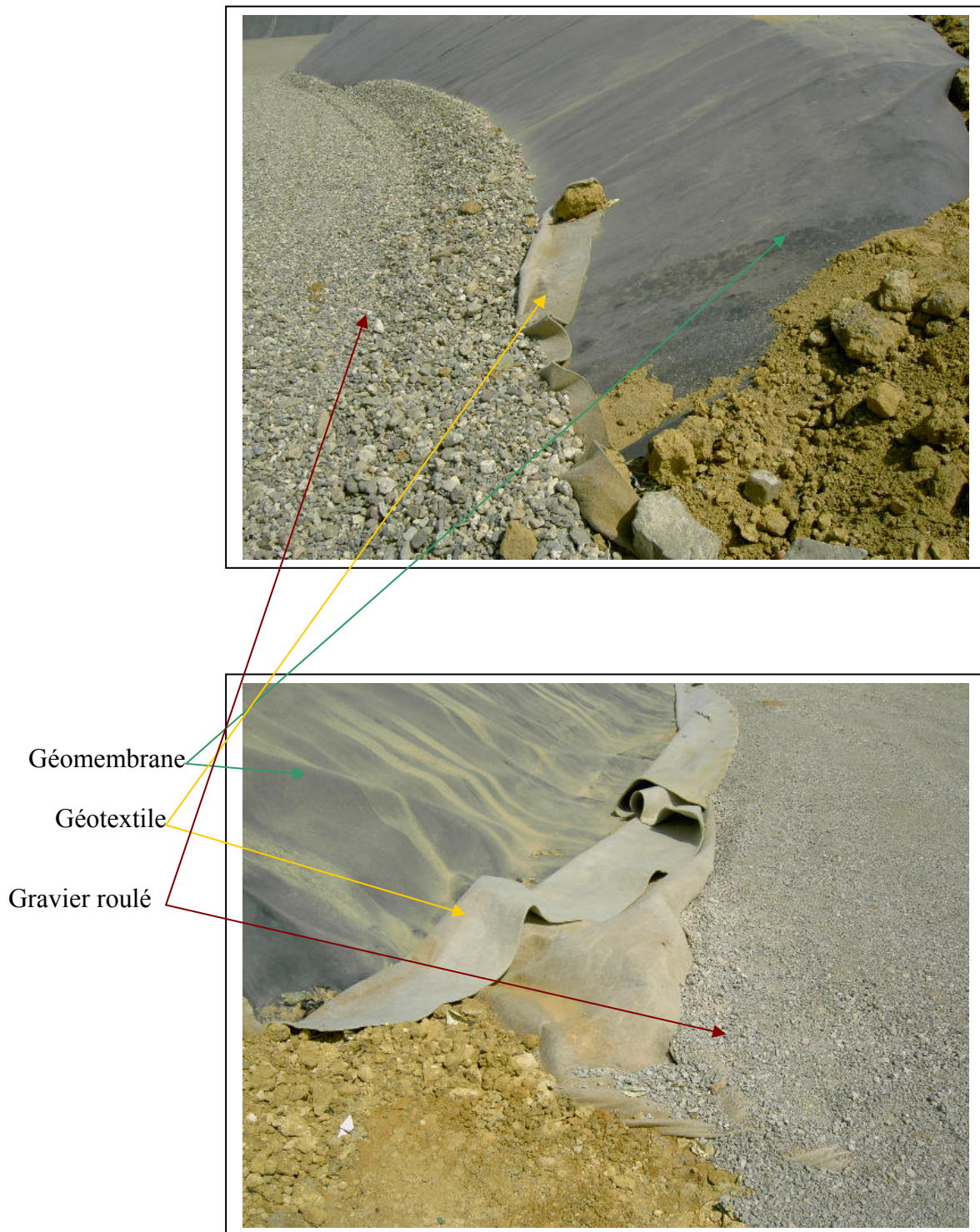


Figure V-5 : Constituant du casier N°4 : géomembrane, géotextile et gravier roulé en dernier

V-4-3-Géomembrane [17]et [49]:

L'utilisation de la géomembrane dans la construction des casiers assure une imperméabilité, évitant ainsi toute contamination possible du sol ainsi que des eaux superficielles et souterraines.

En fond de décharge, la géomembrane doit jouer le rôle de barrière étanche et favoriser le drainage des lixiviats. Seules les géomembranes en PEHD seraient chimiquement résistantes aux lixiviats. Mais elles sont moins faciles à manipuler que celles qui sont en PVC (polychlorure de vinyle), en EPDM (éthylène propylène diène monomère) ou en bitume.

La géomembrane utilisée dans le C.E.T d'Ouled Fayet est en PEHD, livrée en rouleaux de 130 m de longueur, 1,5 mm d'épaisseur et 975 m² de surface, présentant les caractéristiques suivantes :

- Résistance à la rupture : 30N/mm²
- Résistance à la déchirure : 215 N
- Comportement dans l'eau perte : 0,1%

La géomembrane en PEHD est résistante à la plupart des acides, aux produits pétroliers, aux bases et aux solutions de sel ; elle peut être en contact avec l'eau potable. Elle se dissout seulement dans quelques solutions quand la température est plus élevée. Grâce à l'adjuvant de la suie, elle est résistante aux rayons U.V.

Cependant les géomembranes parfaites n'existent pas. Des défauts peuvent apparaître au cours de la fabrication, du transport, du stockage, de la mise en œuvre (pose et soudure), de la période de fonctionnement.

Pour tenter de limiter la contamination accidentelle, un système de drainage peut être mis en place sous la géomembrane pour recueillir le lixiviats.



Figure V-6 : mise et soudure de la géomembrane.

V-4-4 Réseau de drainage des lixiviats [17]et [49]:

Afin de capter et éviter l'accumulation des eaux de lixiviations vers le bas des casiers, un réseau est installé au fond des cellules. Les conduites sont en PVC perforés de 25 cm de diamètre.



Figure V- 7 : conduite de drainage des lixiviats.

Ces tubes sont disposés dans les fossés, ensuite recouverts de pierre concassée et d'un géotextile de filtration afin de minimiser les risques d'obstruction.



Figure V-8 : Tube de drainage



Figure V-9 : Géotextile

L'ensemble est recouvert d'une couche de gravier 50/25 de 40 cm d'épaisseur.

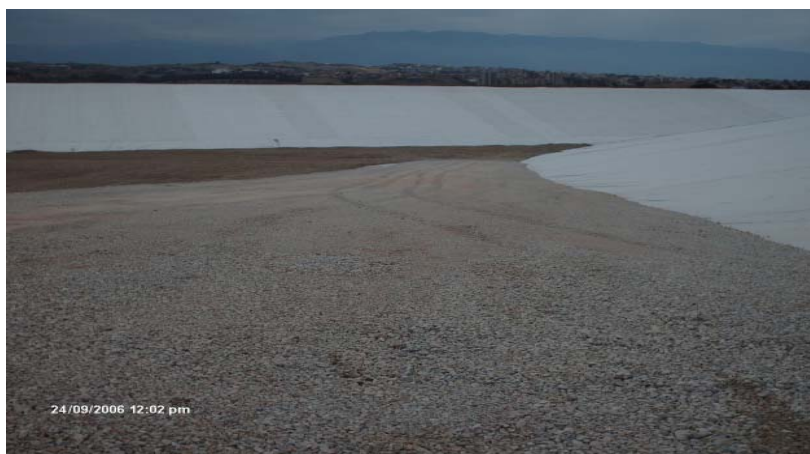


Figure V- 10 : la couche de gravier.

V-4-5-Elimination des biogaz [51] :

Un système vertical de récupération des biogaz a été réalisé, qui consiste en des cheminées en buses et en béton perforé de 1m de diamètre.

A l'intérieur de ces buses est posé un tube en PVC perforé, qui permet de collecter les biogaz produits par la biodégradation des déchets, et permettre leur évacuation du casier s'enfouissement. Le biogaz au niveau des casiers n'est pas pris en charge (ni récupéré, ni brûlé), il s'échappe dans l'air [17].



Figure V-11 : Système de récupération de BIOGAZ sans traitement



Figure V-12 : Refoulement de lixiviats vers l'extérieur au niveau du cheminé de récupération des Biogaz du Casier N° 1

V-4-7-Bassin de décantation de lixiviats [17]et [49]:

Les eaux de percolation du casier N° 5 sont récupérées par un canal de réception dont le débit est estimé à 1.85 Litres/Secondes dans un bassin ayant un volume de 124 m³

Il y a lieu de signaler, que la nature est considérée comme le réceptacle final pour lixiviats qui ne subissent aucun traitement au préalable [17].



Figure V-17 : Bassin décantation de lixiviats au niveau du CET de Ouled Fayet



Canal de réception de lixiviats



Canal d'évacuation de lixiviats

Figure V-18 : Canal de réception et d'évacuation de lixiviats

Actuellement, le bassin de décantation est saturé et le drainage se fait directement vers l'oued de Ben brahem à travers le canal d'évacuation [17].



Figure V-19 : Réceptacle finale de lixiviats vers l'Oued Ben Brahem, CET de Ouled Fayet

V-5-Réaménagement en fin d'exploitations [12] et [17]:

Le réaménagement de la décharge contrôlée ne pourra s'effectuer dans des conditions satisfaisantes qu'au bout d'une année environ, afin de laisser aux ordures de la dernière couche le temps de fermenter.

Après la stabilisation de la décharge, il est recommandé de procéder à la réintégration du site dans son environnement naturel. Cette opération est fonction de la destination finale, qui dépend de la volonté des autorités locales.

-Espace vert « engazonnement »

-Mise en culture

-Espace de loisirs (terrain de sport ou parc public).

Il est nécessaire de tenir compte de la forme de la décharge qui est un important facteur de réussite d'une telle opération.

En effet, la décharge doit se terminer en pente pour éviter la formation de cuvettes où les eaux stagnent provoquant ainsi la mort des végétaux par asphyxie.

La réussite d'un reverdissement de la décharge contrôlée dépend de l'application de principes agronomiques simples :

a) Préparation d'un sol favorable : L'apport de matériaux de couverture est nécessaire. On veillera notamment à ne pas tasser la terre lors de sa mise en place car le sol favorable au développement de la végétation doit être perméable à l'air, à l'eau et suffisamment profond.

b) plantation d'une végétation adaptée au milieu et le choix des espèces doit être fonction du choix de réaménagement, en relation avec le type de sol et les conditions environnementales.



Figure V-20 : Terrain cultivé en aval du CET d'Ouled Fayet



Partie expérimentale



CHAPITRE VI

Caracterisation et traitement des lixiviats

Les lixiviats du centre d'enfouissement technique sont de compositions diverses, selon les saisons, la pluviométrie, la nature des déchets, à cet effet leurs caractéristiques biologiques et chimiques seront différentes.

Notre travail pratique consiste à caractériser les lixiviats du CET d'Ouled Fayet par des analyses physico-chimiques qui permettront la détermination des paramètres globaux suivants : PH, conductivité, T, MES, MVS, DCO, DBO, DCO/DBO, PO_4^{-3} , NO_3^- , NO_2^- , NH_4^+ , NTK, Fe, Zn et de proposer un type de traitement par la bentonite.

VI-1 Campagne de prélèvement :

Une campagne de prélèvements de sept échantillons à différentes périodes (dépendant de la disponibilité des moyens d'analyse) a permis la caractérisation des lixiviats du centre d'enfouissement technique d'Ouled Fayet :

1. Prélèvement d'un échantillon le 01/03/2008, après une période pluviale.
2. Prélèvement d'un échantillon le 15/03/2008, après une période ensoleillée
3. Prélèvement de deux échantillons le 02/04/2008, après une période pluviale.
4. Prélèvement de deux échantillons le 19/04/2008, après une période ensoleillée.
5. Prélèvement du dernier échantillon le 06/05/2008, après une période ensoleillée.

Le premier et le troisième prélèvement correspondent à une période à forte pluie, contrairement aux autres prélèvements effectués dans des périodes ensoleillées où l'on ne s'attend pas à une dilution par les eaux de pluie ni à un lessivage plus fort qui augmenterait les teneurs des éléments facilement mobilisables. Les échantillons de lixiviat sont prélevés à une température ambiante variant entre 18 et 25°C.

VI-2 Mode de prélèvement et de conservation:

Pour notre étude nous avons retenu deux points de prélèvements P1 et P2 (deux échantillons) qui se différencient par l'âge des lixiviats, le premier P1 se situe à la sortie du système de drainage des lixiviats des casiers 1,2 et 3, déjà fermés, le deuxième P2 se trouve sur le casier N°5 (bassin de stockage) qui est en cours d'exploitation.

Les lixiviats sont récoltés dans des flacons en polyéthylène préalablement rincés avec l'effluent et remplis jusqu'à ce qu'il déborde, puis sont transportés au laboratoire où ils sont conservés au réfrigérateur à 4°C de manière à limiter toute évolution biologique.

Les analyses des paramètres globaux sont réalisées dès réception des lixiviats, au niveau de l'Office Nationale d' Assainissement (ONA) de Baraki.

L'étude de la matière organique et de son fractionnement est quant à elle effectuée le plus rapidement possible de manière à limiter une éventuelle évolution des effluents. En effet, le lixiviat provient d'un milieu anaérobie mais n'est ni conservé ni traité dans ces conditions, il n'est donc pas exclu que de légères transformations de la matière organique se produisent durant la phase de transport ou de stockage.

VI.3. Méthodes d'analyse :

Les paramètres physico-chimiques pour caractériser les lixiviats d'Ouled Fayet ont été analysés selon les protocoles normalisés AFNOR et ISO pour caractériser les lixiviats d'Ouled Fayet, les méthodes et les normes sont résumées dans le **Tableau VI.1**, ces dernières sont portées en annexe I [52] :

Tableau VI.1. Paramètres, méthodes et normes d'analyse.

Paramètres	Méthodes d'analyse	Normes des méthodes d'analyse
PH	PH-metrie (électrochimique)	NFT 90-008
Conductivité (ms/cm)	Conductimétrie (électrochimique)	NFT EN 27888
Température	Thermométrie	NFT 90-100
DCO (mg/l)	Bichromate de potassium	ISO 6060-1989
DBO ₅ (g/l)	Manométrique (DBO mètre)	NFT 90-103
NH ₄ ⁺ (mg/l)	Colorimétrique (Spectrométrie)	ISO 7150/1-1984
NO ₃ ⁻ (mg/l)	Colorimétrique (Spectrométrie)	ISO 7890-3-1988
NO ₂ ⁻ (mg/l)	Colorimétrique (Spectrométrie)	ISO 6777-1984
PO ₄ ³⁻ (mg/l)	Colorimétrique (Spectrométrie)	ISO 6878/1-1986
NTK (mg/l)	Minéralisation, Distillation, Titration	ISO 5663-1984
MES (g/l)	Centrifugation et Séchage à 105C°	NFT 90-015
MVS %	Centrifugation et calcination à 560°C	-
Métaux lourds	Spectrométrie d'absorption atomique	ISO 82-88

VI-4 Caractérisation des lixiviats d'Ouled Fayet :

VI-4-1 Résultats des analyses :

Les analyses physico-chimiques que nous avons effectuées ont été axées sur l'évaluation de la charge organique, de la biodégradabilité, et sur la recherche d'une éventuelle présence des éléments toxiques, les résultats obtenus sont représentés dans les tableaux VI-2, VI-3 et VI-4.

**Tableau VI-2 : Teneurs des différents paramètres caractérisant les lixiviats
(Point de prélèvement P1 (casiers 1, 2,3))**

Paramètres	Période pluviale 02/04/2008	Période ensoleillée 19/04/2008
Couleur	Marron clair	Marron foncé
Odeur	Nauséabonde	Nauséabonde
pH	8.48	8.62
Conductivité (ms/cm)	7.04	28
T (°C)	17	17.5
DCO (mg/l)	1056	5500
DBO5 (mg/l)	150	900
DBO ₅ /DCO	0.14	0.16
NO ₃ ⁻ (mg/l)	2303.71075	88.02
NO ₂ ⁻ (mg/l)	9.95	513.68
PO ₄ ³⁻ (mg/l)	107.1	387.71
NH ₄ ⁺ (mg/l)	1127.97	3006.216
NTK	726.32	1409.52
MES (g/l)	0.3205	0.901
MVS %	36.19	30.75
Fe (mg/l)	33.4	14.05
Zn (mg/l)	0.32	0.27

**Tableau VI-3 : Teneurs des différents paramètres caractérisant les lixiviats
(Point de prélèvement P2 (bassin de stockage) pour le casier 5**

Paramètres	Période pluviale 01/03/2008	Période ensoleillée 15/03/2008	Période pluviale 02/04/2008	Période ensoleillée 19/04/2008	Période ensoleillée 06/05/2008
Couleur	grisâtre	noirâtre	grisâtre	noirâtre	noirâtre
Odeur	nauséabonde prononcée	nauséabonde prononcée	nauséabonde prononcée	nauséabonde prononcée	nauséabonde prononcée
pH	5.84	5.94	6.15	6.59	6.42
Conductivité (ms/cm)	29.1	10.25	21.7	42.6	38.5
T (°C)	26	24	31.5	27	25.5
DCO (mg/l)	78720	82800	94080	78000	85333
DBO5 (mg/l)	35000	12000	22000	48000	20000
DBO₅/DCO	0.45	0.15	0.23	0.62	0.24
NO₃⁻ (mg/l)	349.095	1099.91	1235.30	229.39	329.33
NO₂⁻ (mg/l)	0.276	1.95	2.26	44.21	58.24
PO₄³⁻ (mg/l)	60.9552	42.99	32.63	247.84	364.11
NH₄⁺ (mg/l)	713.628	2808.58	2573.80	19251.2	5384.976
NTK	3475.92	2066.68	2619.12	11015.22	2244.2
MES (g/l)	3.3850	2.0795	1.82	5.119	4.856
MVS %	54.28	59.82	52.61	58.10	58.80
Fe (mg/l)	-	-	10.7	26.0	35.5
Zn (mg/l)	-	-	0.06	0.29	0.24

Les teneurs moyennes des différents paramètres caractérisant les lixiviats ainsi que les valeurs limites de rejet des effluents liquides dans le milieu naturel sont résumées dans le tableau suivant :

Tableau VI-4 : Teneurs moyennes des différents paramètres caractérisant les lixiviats.

Paramètres	Point de prélèvement P1		Point de prélèvement P2		Les normes
	Valeur moyenne	Intervalle de variation	Valeur moyenne	Intervalle de variation	
pH	8,55	8,62 – 8,48	6,188	5,84 – 6,59	6,5 à 8,5
Conductivité (ms/cm)	17,52	7,04 -28	28,43	10,25 – 42,6	-
T (°C)	17,25	17- 17,5	26,8	24 – 31,5	30
DCO (mg/l)	3278	1056 – 5500	84386,6	78000 - 94080	120 à130
DBO5 (mg/l)	525	150 – 900	27400	12000 - 48000	35
DBO₅/DCO	0,15	0,14 – 0,16	0,34	0,15 – 0,62	–
NO₃⁻ (mg/l)	1195,86	88,02 – 2303,71	648,60	229,4 – 1235,3	-
NO₂⁻ (mg/l)	261,82	9,95 – 513,68	21,39	0,276 – 58,24	-
PO₄³⁻ (mg/l)	247,40	107,1 – 387,71	149,70	32,63 – 364,11	10
NH₄⁺ (mg/l)	2067,10	1127,97-3006,21	6146,44	713,6 – 19251,2	–
NTK	1067,92	726,32 – 1409,52	4284,23	2066,7 – 11015,22	30
MES (mg/l)	610,75	320,5 – 910	3541,9	1820 – 5119	35
MVS %	33,47	30,75 – 36,19	56,72	52,61 – 58,80	–
Fe (mg/l)	23.72	14.05-33.4	24.07	10.7-35.5	3
Zn (mg/l)	0.29	0.27-0.32	0.19	0.06-0.29	3

VI-5 Interprétation des résultats:**La couleur :**

Pour le point P1, les lixiviats étudiés avaient une couleur marron, plus foncée en période ensoleillée et plus claire en forte pluviométrie due à la dilution par les eaux de pluie, et une couleur grise allant vers le noir pour le point P2. Ces couleurs sont dues essentiellement aux matières en solution et à la présence de sulfure de fer pigmentaire dont le pouvoir colorant est élevé. Le composé résulte de la combinaison du fer dissous à partir des déchets métalliques de la décharge, et des sulfures proviennent directement de la dégradation des matières organiques. D'autre part les composés humiques produits en phase méthanique contribuent aussi à la couleur des lixiviats.

L'odeur :

Les odeurs désagréables dégagées par les lixiviats avaient une similitude avec celles "des oeufs pourris", plus prononcées pour le jeune au point P2 que P1. Ces odeurs sont dues essentiellement :

- A la présence d'ammoniac ;
- Au soufre qui participe de près à l'émanation de ces odeurs due à la formation du gaz H_2S ;
- A la décomposition de la matière organique présente dans l'effluent dont la macération se poursuit (fermentation anaérobie) ;
- A la température qui intensifie aussi ces odeurs.

La Température :

La température favorise le développement des micro-organismes dans les lixiviats, le lixiviat jeune (P2) présente une température moyenne élevée de $26,8^{\circ}C$ due aux réactions exothermiques dans le bassin de stockage alors que le lixiviat intermédiaire (P1) possède une température au voisinage de $17^{\circ}C$ qui est en relation avec la température ambiante.

Ces températures favorisent le développement de la flore mésophile, mais restent inférieures à la norme de rejet qui est de $30^{\circ}C$ [53].

Le Potentiel d'Hydrogène (pH) :

Ce paramètre caractérise un grand nombre d'équilibres physico-chimiques et dépend de facteurs multiples, dont l'origine de l'eau. Son évolution est une fonction linéaire du temps pour une courte période de vie de la décharge, qui est présentée dans le tableau VI-5[18] :

Tableau VI-5 : Evolution du pH des lixiviats en fonction du temps (où t est en année)

Age de la décharge	pH des lixiviats
0 à 2 ans	Acidification importante et variable
2 à 6 ans	$\text{pH} = 0,71.t + 4,5$
Après 6 ans	Stabilisation du pH à 8 - 8,5

- ❖ La valeur moyenne du pH est de 8.5 pour P1, ce qui caractérise un lixiviat vieux, Cette valeur explique que nous sommes dans une phase méthanogène où le pH remonte essentiellement durant la libération des acides gras volatils (AGV), cette phase favorise l'autoépuration. La valeur moyenne en P2 est de 6.2 correspondant à un lixiviat jeune pendant la phase acidogènes où la formation des AGV deviennent prépondérante dans la structure organique des lixiviats, d'où une diminution du pH.

Conductivité électrique :

La minéralisation excessive qui caractérise les lixiviats est mise en évidence par la mesure de la conductivité, il s'agit d'une mesure de la capacité d'une solution à laisser passer un courant électrique, cette capacité dépend des sels solubles dans l'eau. Elle constitue un paramètre intéressant à suivre, d'une part pour évaluer la charge minérale présente dans un effluent (le degré de minéralisation), et, d'autre part, évaluer la concentration en matières minérales dissoutes dans les eaux brutes et usées [54].

- ❖ Durant nos différentes analyses, les valeurs obtenues étaient très élevées cela est dû à la quantité des substances minérales existantes dans ces lixiviats, cette minéralisation est due en partie, aux fortes teneurs en chlorures qui ne peuvent être expliquées seulement par leurs taux de présence naturelle dans les ordures ménagères, mais résultent aussi d'un important rejet de sels chlorés (sels de sodium et de potassium).

La demande chimique en oxygène (DCO) :

La DCO (Demande Chimique en Oxygène) exprime la quantité d'oxygène nécessaire pour oxyder la matière organique (biodégradable ou non) d'une eau à l'aide d'un oxydant fort, le bichromate de potassium ($\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$) sous des conditions données.

La DCO peut être réalisée plus rapidement que la DBO et donne une idée de la matière organique totale présente, même quand le développement de micro-organismes est impossible

(Présence d'un toxique par exemple). Le résultat s'exprime en mg/l d'O₂, alors que la DBO₅ ne mesure que la matière organique naturellement biodégradable. C'est pourquoi les valeurs de DCO sont nécessairement supérieures aux valeurs de DBO₅.

- ❖ Les résultats obtenus nous permettent de constater que nous sommes en présence d'une forte charge organique oxydable. En effet la DCO moyenne est de 3278 et 84386,6 mg/l aux points P1 et P2 respectivement. Cette forte DCO rencontrée est due à la fraction organique constituée d'acides gras volatils dégradables, et aux métabolites non biodégradables.
- ❖ D'après ces valeurs, les lixiviats de la décharge d'Ouled Fayet sont dans l'étape réactionnelle de dégradation anaérobie correspondant à la fin de la phase acidogène et au début de la phase méthanique.
- ❖ Les résultats obtenus nous permettent donc de classer les lixiviats au point P1 (Casier plus âgés) comme un lixiviat intermédiaire, alors que celui du point P2 est un lixiviat jeune (casier5).

Ces valeurs sont très élevées par rapport à la norme qui est de 120 mg/l pour le rejet dans un milieu naturel [53].

La demande biochimique en oxygène (DBO₅) :

La DBO (Demande Biochimique en Oxygène) exprime la quantité d'oxygène nécessaire à la dégradation de la matière organique biodégradable d'une eau, par le développement de micro-organismes, dans des conditions données (incubation pendant 5 jours, à 20° dans l'obscurité), on parle alors de la DBO₅. Cette mesure est très utilisée pour le suivi des rejets des stations d'épuration, car elle donne une approximation de la charge organique biodégradable [52].

Si le rapport DBO₅/DCO n'est pas constant, l'évolution de la DBO₅ moyenne suit souvent celle de la DCO. Cette importante charge organique est spécifique pour les lixiviats de décharge.

En effet, selon certains auteurs [54], les valeurs de la DCO dans le lixiviat varient de 400 à 90000 mg d'O₂/l, celle de la DBO₅, de 250 à 28000 mg d'O₂/l.

- ❖ Pour nos analyses les valeurs moyennes obtenues aux points P1 et P2 sont respectivement 525 mg d'O₂/l et de 27400 mg d'O₂/l. Nous remarquons un écart entre

ces deux valeurs qui sont élevées par rapport à la norme de rejet qui est de 35 mg/l, ces valeurs montrent la présence d'une concentration importante en matière organique biodégradable.

Le rapport DBO₅/DCO :

Le rapport DBO₅/DCO caractérise la biodégradabilité des lixiviats. Plus le rapport est élevé, plus les lixiviats sont biodégradables. (< 0,1: non biodégradable, > 0,8 : totalement biodégradable). Ce ratio est généralement corrélé à l'âge des lixiviats et donc au degré d'avancement de la stabilisation du massif [18].

La valeur moyenne de ce rapport est de 0.15 au point P1, et de 0.34 au point P2.

En effet, le lixiviat au niveau du point P1 présente :

- Un pH basique de l'ordre de 8.5
- Une charge organique avec une DCO de valeur moyenne de 3.27 g d'O₂/l (comprise entre 3 et 15 g/l).
- Une biodégradabilité de l'ordre DBO₅ / DCO = 0.15

On peut dire que ces lixiviats évoluent d'un lixiviat jeune vers un lixiviat stabilisé, donc nous sommes dans le cas de lixiviat intermédiaire.

Les lixiviats du point P2 présentent :

- Un pH moyen de l'ordre de 6.2
- Une charge organique élevée avec une DCO de valeur moyenne de 83.46 g d'O₂/l (DCO > 20 g/l).
- Une biodégradabilité moyenne de 0,34. (>0,3).

A ce point, nous remarquons une activité biologique qui correspond à la phase acide de dégradation anaérobie, avec une charge organique facilement biodégradable, donc nous sommes en présence de lixiviat jeune.

Ces caractéristiques confirment bien notre classification des deux échantillons étudiés.

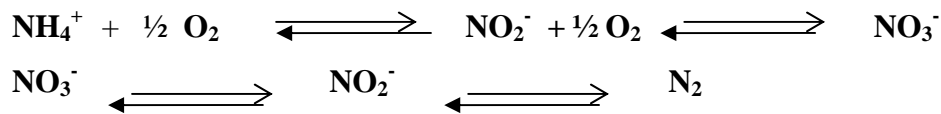
Les nitrates et nitrites (NO₃⁻, NO₂⁻) :

Les eaux usées en général contiennent de nitrates et souvent très peu de nitrites.

Les nitrites constituent une étape importante dans la métabolisation des composés azotés, ils s'insèrent dans le cycle de l'azote entre les ions ammonium (NH₄⁺) et les nitrates. Leur présence est due, soit à l'oxydation bactérienne de l'ammoniaque, soit à la réduction des

nitrites, ils ne représentent qu'un stade intermédiaire et sont facilement oxydés en nitrates[23]

La réaction chimique suivante résume le phénomène d'oxydation :



Leur présence dans l'eau brute ou lixiviat est donc rare et en faible quantité, d'ailleurs confirmée par les résultats des analyses obtenus.

- ❖ Les concentrations moyennes mesurées pour les nitrates sont de 1195,86 mg/l et 648,605 mg/l respectivement aux points P1 et P2, et celle de nitrites de 261.81 et 21.38 mg/l.
- ❖ En comparant entre les valeurs des nitrites obtenues pour P1 et P2, nous constatons que celles de P1 sont nettement supérieures à celles de P2, ceci peut s'expliquer par le fait que P1 est un lixiviat vieux donc le processus de dénitrification a commencé et c'est un procédé qui repose sur l'élimination de nitrate en produisant des nitrites.

L'azote ammoniacal (NH_4^+) :

Les autres formes de pollution qu'on relève dans les lixiviats étudiés sont celles liées à leur richesse en azote. Les lixiviats de la décharge de Ouled Fayet sont riches en azote et l'azote prépondérant se trouve sous forme réduite (azote ammoniacal), parce qu'en aérobiose la minéralisation est ralentie [54].

- ❖ Les valeurs moyennes obtenues aux points P1 et P2 sont respectivement 2067.09 mg/l et 6146.44 mg/l, celles-ci sont nettement supérieures à la norme de rejet [53] qui est de 20 mg/l.

L'Azote Kjeldahl (NTK) :

Cette analyse permet de mesurer simultanément l'azote organique et l'azote ammoniacal représenté par l'azote Kjeldahl noté NTK

$$\text{NTK} = \text{N organique} + \text{N ammoniacal}.$$

De même, lorsque l'on mesure toutes les formes différentes d'azote (mis à part l'azote gazeux) on obtient l'azote globale, noté N_{GL} :

$$\text{N}_{\text{GL}} = \text{N}_{\text{organique}} + \text{N}_{\text{ammoniacal}} + \text{N}_{\text{nitrite}} + \text{N}_{\text{nitrate}}.$$

Ces deux paramètres sont utilisés par la réglementation pour fixer les limites de rejet de l'azote dans le milieu naturel [52].

- ❖ Les concentrations moyennes en azote total aux points P1 et P2 sont respectivement de 1067.92 mg/l et de 4284.22 mg/l, elles sont nettement supérieures à la norme de rejet qui est de 30mg/l.

Les orthophosphates (PO_4^{3-}) :

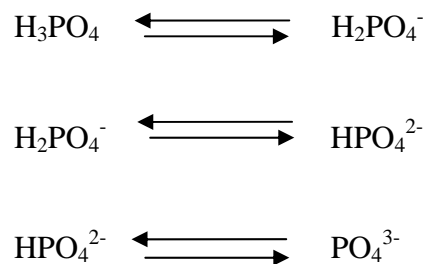
Le phosphore est présent dans les lixiviats sous différentes formes :

Phosphore organique : comme les phospholipides, les phosphoprotéines.

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

Les phosphates correspondent en fait aux orthophosphates car l'ion phosphate, n'existe en solution que pour des pH basiques.

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



La présence de phosphore dans les eaux entraîne un développement important des algues microscopiques et macroscopiques [52].

- ❖ Les résultats moyens obtenus en orthophosphates aux points P1 et P2 du CET d'Ouled Fayet pour les différents prélèvements sont respectivement 247.40 et 149.70mg/l. Nous remarquons que ces valeurs sont très élevées par rapport à la norme qui est de 10 mg/l.

Matière en suspension (MES) :

Il s'agit de la quantité de matière en suspension dans l'eau, d'origine organique (produits de la décomposition des matières végétales ou animales, acides humiques ...), ou minérale (sables, limons, argiles, ...), à ces composés s'ajoutent les micro-organismes tels que bactéries, plancton, algues et virus. Elles correspondent à la pollution solide [55].

- ❖ Les lixiviats de la décharge d'Ouled Fayet sont très chargés en MES, les concentrations moyennes au point P1 et P2 sont respectivement de 610.75 et 3451.9 mg/l, ceci implique une mauvaise pénétration de la lumière ainsi qu'une mauvaise aération des lixiviats produits, et inhibe ainsi la photosynthèse empêchant le travail des bactéries.
- ❖ Les MES influent donc sur la biodégradabilité du milieu. Les valeurs sont très élevées par rapport à la norme qui est de 35mg/l. Ainsi on comprend mieux pourquoi les MES rentrent systématiquement en compte dans un bilan de pollution.

Matière volatile sèche (MVS) :

On entend par matières volatiles sèches la partie des matières en suspension susceptibles d'être volatilisées à 550° C. Les MVS sont généralement assimilées aux matières organiques en suspension [55].

- ❖ Les valeurs obtenues atteignent 33,47 et 56,72% pour les deux points P1 et P2 respectivement, le pourcentage est relativement faible en P1, implique donc un pourcentage élevé de la matière minérale qui s'explique par l'âge des casiers.

Les métaux lourds :

- ❖ Notre étude de la pollution métallique montre que les teneurs en fer (Fe) sont élevées pour les deux sites P1 et P2, où elles dépassent la valeur limite de rejet qui est de 3 mg/l. Quant au zinc (Zn), il est à l'état de traces (<1 mg/l) et donc inférieures aux normes de rejet.
- ❖ Par manque de moyen, nous n'avons pas pu détecter tous les métaux lourds, mais une étude effectuée sur le même site en 2006 [23], a donné les résultats représentés dans le tableau VI-6, et pour lesquels nous constatons que la teneur en métaux totaux est relativement faible, cependant les pourcentages en Fe et Pb représentent la grande majorité dépassant les normes.

Tableau VI-6: Résultats obtenus pour les métaux lourds

Echantillon	Pb (mg/l)	Zn (mg/l)	Cu (mg/l)	Cr (mg/l)	Fe (mg/l)	Cd (mg/l)	Co (mg/l)	Ni (mg/l)	Mn (mg/l)
1	3.49	1.43	0.39	0.19	7.32	<0.03	0.085	0.37	0.407
2	3.09	1.01	0.24	0.01	5.29	<0.03	<0.20	0.21	0.348

Conclusion :

La caractérisation physico-chimique des lixiviats du centre d'enfouissement technique d'Ouled Fayet montre qu'ils sont très chargés en matière organique (DCO moyenne de 3278 et 84386,6 mg/l, DBO de 525 et de 27400 mg d'O₂/l, aux points P1 et P2 respectivement) avec une biodégradabilité (DBO₅/DCO) de 0.15 au point P1, et de 0.34 au point P2.

On peut dire que ces lixiviats évoluent d'un lixiviat jeune vers un lixiviat stabilisé, donc nous sommes dans le cas de lixiviat intermédiaire en P1 (casiers plus âgé), et lixiviat jeune en P2 caractérisé par une charge organique facilement biodégradable.

Les résultats montrent aussi que ces lixiviats sont très chargés en matières en suspension (MES), la pollution minérale est également présente vu les concentrations en azote ammoniacal, orthophosphates, fer et plomb importantes dans les percolats du CET d'Ouled Fayet.

Dans un cas comme dans l'autre, les valeurs obtenues sont au-delà des normes de rejet des effluents en milieu naturel. Ces lixiviats sont rejetés actuellement dans le milieu récepteur (Oued Ben brahem) d'où la nécessité d'un traitement préalable de ces eaux contaminantes avant rejet.

VI-6- Traitement des lixiviats :

Comme indiqué précédemment, nous avons proposé un traitement par mise en contact avec la bentonite brute, pour son efficacité dans l'élimination de la charge polluante, et pour sa disponibilité, ainsi que son coût peu élevé et la facilité de sa mise en oeuvre.

VI-6-1- Protocole expérimental :**Mise en contact avec Bentonite brute :**

Après la mise en contact du lixiviat jeune (bassin de stockage pour le casier5), qui est très chargé en matière organique, avec la bentonite durant un temps (qui a été optimisé au préalable) de trois à quatre jours, de différentes masses de bentonite (**m**) dans un volume (**v**) (rapport **m/v** variable).

Après la décantation, nous avons séparé le surnageant de la boue décantée et procédé à l'analyse des différents paramètres déjà étudiés avant traitement.

VI-6-2- Résultats et discussion :

Les analyses physico-chimiques que nous avons effectuées sur du lixiviat traité en fonction du rapport m/v sont représentées dans le tableau VI-7 :

Tableau VI-7 : Evolution des paramètres caractéristiques du lixiviat en fonction du rapport m/v

paramètres	Casier 5 Avant traitement	Rapport : m/v (g/ml)					
		0,1 (72h)	0,2 (72h)	0,4 (72h)	0,55 (72h)	0,7 (72h)	0,7 (96h)
PH	6,15	6,54	6,58	6,94	6,98	7,03	7,38
DCO (mg/l)	94080	72000	57600	16128	15360	12864	15168
DBO ₅ (g/l)	75264	60000	46080	16000	14000	10291,2	12134,4
DBO/ DCO	0,8	0,83	0,8	0,99	0,91	0,8	0,8
MES (g/l)	1,82	1,63	1,45	1,25	0,56	–	5,60
MVS %	52,61	52,67	54,58	26,49	24,82	–	28,62
NTK (mg/l)	2619,12	1893,92	1557,92	857,92	831,04	–	563,73
NH ₄ ⁺ (mg/l)	2573,80	1655,84	1530,46	–	–	–	1449,96
NO ₃ ⁻ (mg/l)	1235,30	819,77	612,00	1101,74	953,34	–	306,42
NO ₂ ⁻ (mg/l)	2,26	2,292	2,02	–	–	–	–
PO ₄ ³⁻ (mg/l)	32,63	9,20	10,48	5,63	5,85	–	13,28

Le rendement **R%** ou abattement de **DCO** est calculé par la formule suivante :

$$R\% = \frac{((DCO)_o - DCO)}{(DCO)_o} * 100$$

(DCO)_o : Demande chimique en oxygène de l'effluent avant traitement.

DCO : Demande chimique en oxygène après traitement.

Tableau VI-8 : Evolution du rendement pour la DCO en fonction du rapport m/v

Rapport m/v (g/ml)	0	0,1	0,2	0,4	0,55	0,7(72h)	0,7(96h)
DCO (mg/l)	94080	72000	57600	16128	15360	12864	15168
Rendement (R%)	0	23,47	38,77	82,85	83,67	86,33	83,88

Les résultats obtenus sont représentés par les figures VI.1, VI.2, VI.3 et VI.4

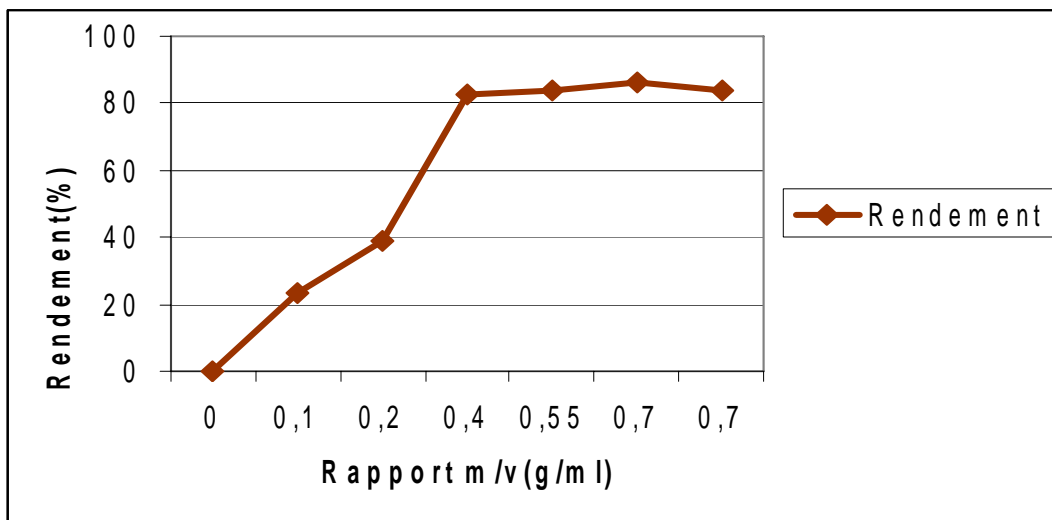


Figure VI.1
Evolution du rendement en fonction de la concentration en Bentonite.

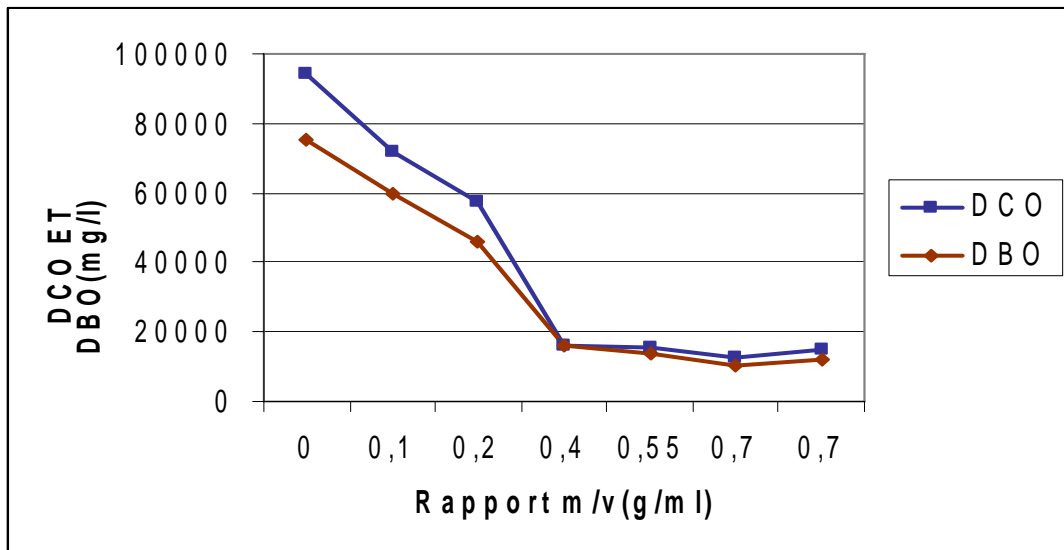


Figure VI.2
Evolution de la DCO et DBO en fonction de la concentration en Bentonite.

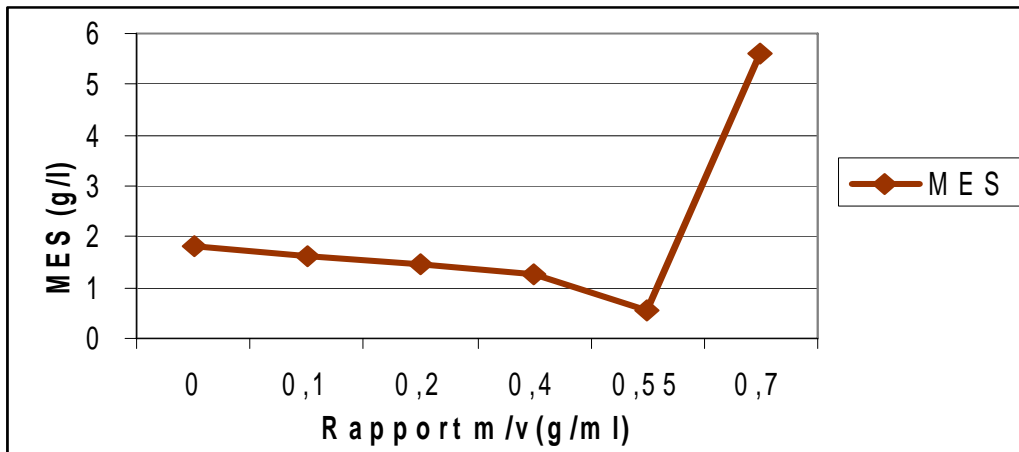


Figure VI.3
Evolution des MES en fonction de la concentration en Bentonite.

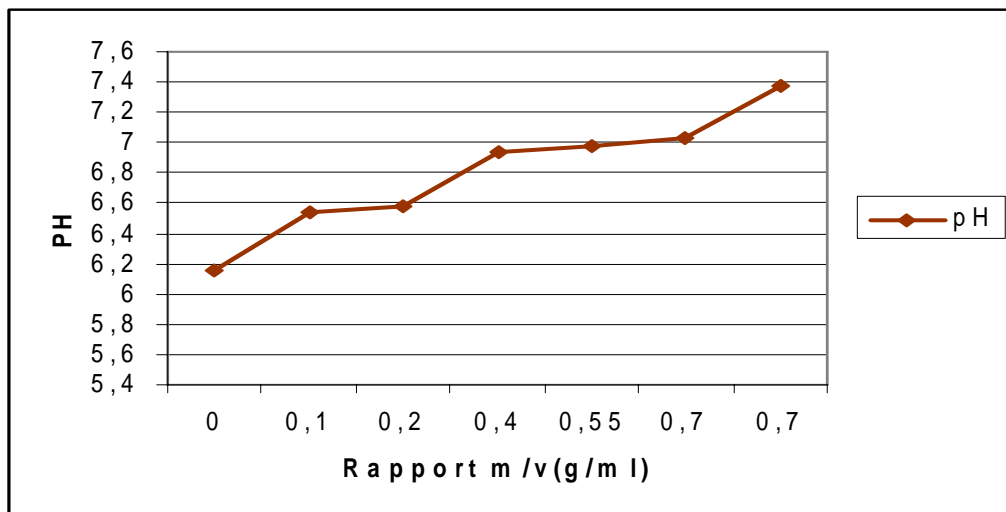


Figure VI.4
Evolution du pH en fonction de la concentration en Bentonite.

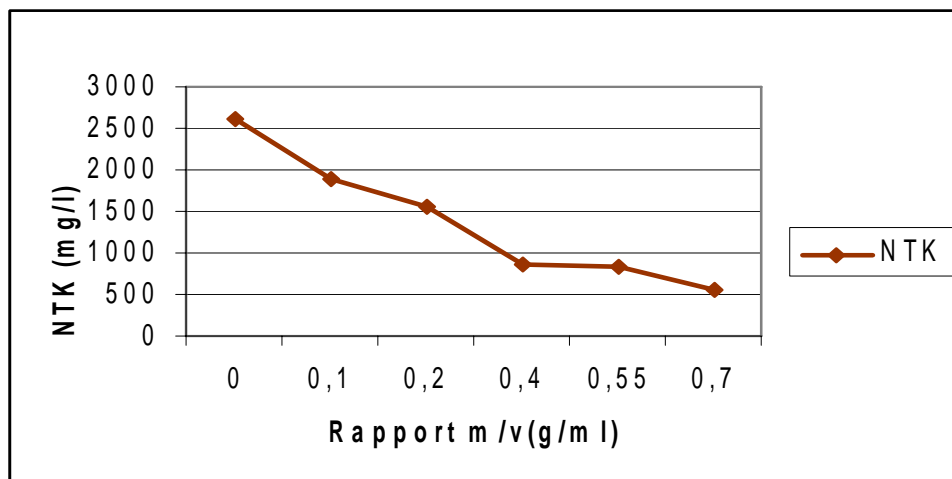


Figure VI.5
Evolution de NTK en fonction de la concentration en Bentonite.

- ❖ L'allure des courbes représentant l'évolution de la DCO et DBO en fonction du rapport m/v (Figure VI.2), montre une phase décroissante représentative d'une diminution de la matière organique dissoute dans la solution pour un temps de contact optimisé à 72h, même chose pour les matières en suspension (Figure VI.3). Cependant une nette augmentation est observée pour un rapport de 0.7, avec cette dernière valeur de m/v = 0,7 g/ml, nous avons augmenté le temps de contact à 96 h. Le résultat obtenu n'est pas meilleur dû certainement à une saturation de la bentonite.

- ❖ Sur la figure VI.4, nous remarquons que plus le rapport m/v augmente plus le pH augmente. Les valeurs mesurées de pH après traitement sont comprises entre 6,54 et 7,38 donc elles se situent dans la gamme imposée par la norme de rejet dans un milieu naturel qui doit être comprise entre 6,5 et 8,5.
- ❖ Pour l'Azote Kjeldahl (NTK) (Figure VI.5), on remarque un abattement plus important pour un rapport de 0,7g/ml, pour lequel nous avons atteint une concentration de 563,73 mg/l, soit une diminution de 78%, néanmoins cette concentration reste bien supérieure à la norme de rejet dans un milieu récepteur qui est de 30mg/l.

Rappelons que le $NTK = N_{\text{organique}} + NH_4^+$, donc la chute de l'azote ammoniacal entraîne la chute de l'azote Kjeldahl (NTK).

Conclusion :

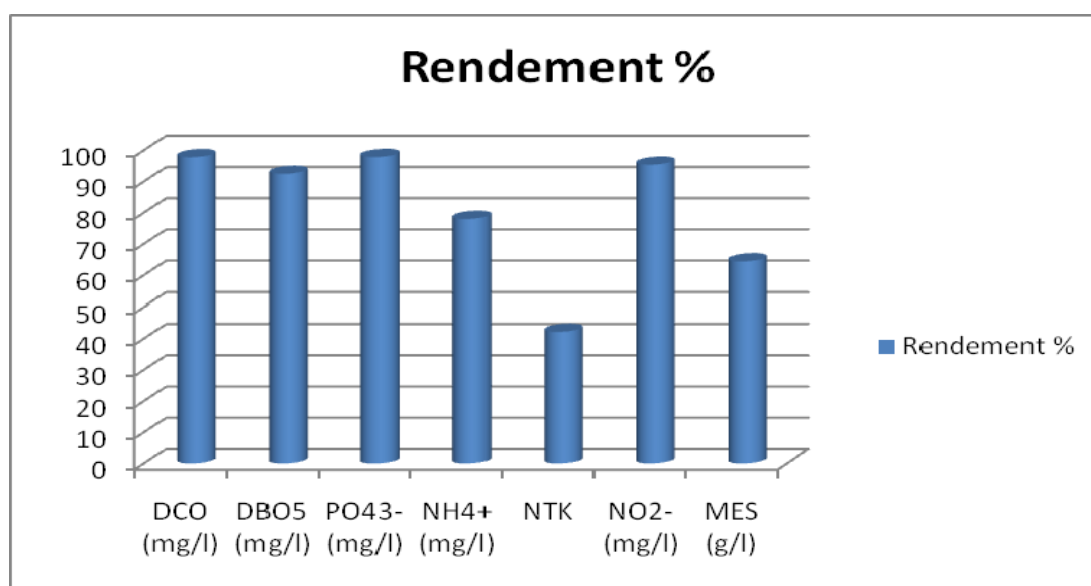
- ❖ Pour une valeur de m/v égale à 0,7 g/ml, nous obtenons un rendement maximal d'élimination de 86,33% pour une DCO initiale de 96080 durant un temps de contact optimisé à 72h, Comme le montre la figure VI.1, plus ce rapport augmente et plus le traitement est amélioré pour ces eaux aussi chargées que des lixiviats de décharges, Néanmoins au-delà d'une certaine quantité de bentonite, des problèmes de récupération du liquide traité se posent.
- ❖ Etant donné ces problèmes de saturation et de quantité importante de boues engendrées, nous avons proposé une autre méthode qui consiste à diminuer le rapport m/v (en diminuant m et augmentant v) et à opérer un recyclage du lixiviat traité avec 15g de bentonite dans un litre du lixiviat, soit un rapport m/v de 0,015g/ml.

Les résultats obtenus sont donnés dans le tableau VI-9.

Tableau VI-9 : Résultats obtenus pour un rapport m/v de 0,015g/ml

Paramètres	Lixiviat brut (avant traitement)	Lixiviat après traitement (avec recyclage)	Rendement %
DCO (mg/l)	85333	1880	97.80
DBO5 (mg/l)	20000	1504	92.48
PO ₄ ³⁻ (mg/l)	364.11	7.83	97.85
NH ₄ ⁺ (mg/l)	5384.98	1184.85	78.00
NTK	2244.2	1297.8	42.17
NO ₂ ⁻ (mg/l)	58.24	2.67	95.41
MES (g/l)	4.86	1.73	64.40

Figure VI-6 Rendements obtenus après traitement

**Conclusion :**

Les résultats obtenus sont très encourageants car ils montrent des rendements après recyclage très importants (avec un rendement d'élimination de 97.80% pour la DCO, 92.48 pour la DBO5, 97.85 pour le PO₄³⁻, 78.00 pour NH₄⁺, 42.17 pour NTK, 95.41 pour NO₂⁻ et 64.40 pour les MES).



Conclusion générale

Conclusion générale

Notre étude qui se situe dans le cadre de la gestion des déchets et de ses dérivés qui a consisté à caractériser et à traiter des lixiviats générés au niveau du C.E.T d'Ouled Fayet, afin de minimiser la pollution et ses conséquences sur l'environnement.

La caractérisation de ces derniers montre qu'ils ont une charge moyenne organique importante et présentent les paramètres suivants : (DCO moyenne de 3278 et 84386,6 mg/l, DBO de 525 et de 27400 mg d'O₂/l, aux points P1 et P2 respectivement) avec une biodégradabilité (DBO₅/DCO) de 0.15 au point P1, et de 0.34 au point P2.

Nous avons constaté que ces lixiviats évoluent d'un lixiviat jeune vers un lixiviat stabilisé, donc nous sommes dans le cas de lixiviat intermédiaire en P1 (casiers plus âgé), et lixiviat jeune en P2 (bassin pour le casier5) caractérisé par une activité biologique qui correspond à la phase acide de dégradation anaérobie, avec une charge organique facilement biodégradable.

Les résultats de nos essais montrent aussi que ces lixiviats sont très chargés en matières en suspension (MES), la pollution minérale est également présente vu les concentrations en azote ammoniacal, orthophosphates, fer et plomb importantes dans les percolats du CET d'Ouled Fayet. Ces caractéristiques confirment bien notre classification des deux échantillons étudiés.

Actuellement les lixiviats de la décharge sont rejetés dans le réseau hydrographique local (Oued Ben brahem) qui devrait être régulièrement surveillé en effectuant des analyses périodiques et annuelles afin de constater la réelle dégradation de la qualité des eaux.

Toutes les valeurs des paramètres de pollution analysés dépassent en effet les normes de rejet dans un milieu récepteur, d'où la nécessité de les traiter afin de diminuer au maximum tous les polluants et limiter les conséquences sur l'environnement.

Pour notre part nous avons proposé un traitement par mise en contact avec la bentonite brute algérienne (de Maghnia), comme pour son efficacité dans la dépollution, et pour sa disponibilité, ainsi que pour son coût peu élevé et la facilité de sa mise en oeuvre.

Les analyses physico-chimiques que nous avons effectuées sur du lixiviat traité (en fonction du rapport **m/v**) montrent une nette diminution de la charge polluante, pour une

valeur de m/v égale à 0,7 g/ml, (rendement maximal d'élimination de 86,33% pour la DCO) durant un temps de contact optimisé à 72h, Néanmoins au-delà, le résultat obtenu n'est pas meilleur dû au fait à d'une probable saturation de la bentonite, ainsi de problèmes de récupération du liquide traité.

Pour surmonter ces difficultés, nous avons envisagé une autre méthode qui consiste à diminuer le rapport m/v et à opérer un recyclage du lixiviat traité (avec un rapport m/v égale à 0,015g/ml), les résultats obtenus après recyclage sont très encourageants : avec un rendement d'élimination de 97.80% pour la DCO, de 92.48 pour la DBO5, de 97.85 pour le PO_4^{3-} , de 78.00 pour NH_4^+ , de 42.17 pour NTK, de 95.41 pour NO_2^- et de 64.40 pour les MES.

L'efficacité du traitement par la bentonite étant variable selon le contaminant et la composition des lixiviats de décharges était très variée et très changeante, un traitement unique, quel qu'il soit est insuffisant. Une combinaison de deux ou plusieurs traitements serait donc nécessaire.

L'étude d'un traitement d'appoint tel que l'adsorption par le charbon actif et/ou par la chaux ou encore une ozonation pourrait compléter l'épuration comme un traitement de finition pour rendre nos lixiviats satisfaisant aux normes d'admission dans un milieu récepteur.

Actuellement la mise en décharge contrôlée d'Ouled Fayet ne semble pas une solution totalement fiable vis-à-vis de la protection de la nature et de la santé humaine.

Pourtant, de nombreuses exigences sont requises afin que les décharges soient les plus sécurisées possibles. Le premier écart à la réglementation concerne la mise en œuvre de la géomembrane, le mode d'exploitation, le captage du biogaz et le traitement du lixiviat qui n'ont pas été réalisés dans les règles de l'art. De plus d'autres paramètres comme la résistance de la géomembrane, et des drains ne sont pas complètement maîtrisés.

Afin de permettre une meilleure exploitation du CET, notre étude pratique effectuée au niveau de la décharge d'Ouled Fayet nous a permis de proposer quelques recommandations :

- Dans l'immédiat, l'urgence est de restaurer le système de collecte des lixiviats qui est censé les acheminer vers le bassin de stockage, et ce afin de préserver les terres aux alentours du C.E.T, notamment l'Oued qui passe à proximité et qui irrigue les terres

agricoles avoisinantes ainsi qu'une source d'eau potable appelée « Bel Air » qui approvisionne en eau les habitants des environs.

- Le problème de l'infiltration de ces lixiviats est limité par l'utilisation de la géomembrane dans la construction des casiers qui assure une imperméabilité, évitant ainsi toute contamination possible du sol ainsi que des eaux souterraines.
- La décharge doit être équipée d'une installation de traitement de lixiviats efficace, cette dernière doit donc disposer à cet effet des moyens nécessaires ou, à défaut, faire traiter les lixiviats dans une station d'épuration collective urbaine ou industrielle.
- Concernant la valorisation des déchets, notre pays enregistre un retard considérable dans ce domaine alors que ce dernier permettra de créer des postes de travail permanents, de réaliser des économies substantielles et d'augmenter considérablement la durée d'exploitation des CET. Un centre de valorisation de déchets peut aussi être combiné avec le CET.

Pour conclure, quelque soit la politique de gestion des déchets de notre pays, l'amélioration de notre cadre de vie et la préservation de notre environnement commence dans nos foyers.



Références bibliographiques

Références Bibliographiques

- [1] **M.A.T.E** (Ministère de l'Aménagement du Territoire et de l'Environnement), Rapport 2003 (DAR DOUNIA).
- [2] **F. MEZOUARI** : Les décharges publiques du grand Alger et leur impact sur l'environnement, aspects réglementaires, urbanistiques et techniques. Thèse de Magister, EPAU, Alger, 2002.
- [3] **A.DAMIEN** : Guide du traitement des déchets ; DUNOD, Paris, 2002.
- [4] **D.HUEBER** : Manuel d'information sur la gestion des déchets solides urbains ; GTGmbh, juillet 2001.
- [5] **C. BERTHE** : Etude de la matière organique contenue dans des lixiviats issus de différentes filières de traitement des déchets ménagers et assimilés. Thèse de doctorat de l'université de LIMOGES, Laboratoire des Sciences de l'Eau et de l'Environnement.
- [6] **ENDA Maghreb**, Projet de protection de la biodiversité et ressources en eau du bassin versant de la MOULAYA (PBREM), 2003.
- [7] **L. YVES MAYSTER et al .** *Déchets Urbains Nature et Caractérisation* ; Presses Polytechnique et Universitaire Romandes ; 1ère Edition ; Lausanne, 1 994.
- [8] **M. MURAT** : Valorisation des déchets et sous produits industriels. Paris (1981).
- [9] **R.DORFFMAN** : Les résidus urbains, cahier de l'A.G.T.M.H. Techniques et documentation. Tome 1. Paris (1975).
- [10] Étude internationale des politiques et pratiques de la mise en décharge des déchets Ménagers et industriels. 1996 ADIT.
- [11] **A.SEBTI** : Valorisation des déchets solides urbains. Thèse de Magister, ENP, Alger, Génie de chimique (2006/2007).
- [12] **F. MAMMERI** : Caractérisation des lixiviats de la decharge d'OULED FAYET et proposition d'un traitement, PFE ENP, Génie de l'Environnement, (2008).

- [13] **S.KHIATI et S.BENAMMAR** : Etude physico-chimique des eaux de lixiviation et contribution à l'étude de leur traitement, PFE à ENP, Génie de chimie (2007).
- [14] **Smaïl ABOULAM** : Recherche d'une méthode d'analyse du fonctionnement des usines de tri-compostage des déchets ménagers. Fiabilité des bilans matière .THESE de DOCTORAT Institut National Polytechnique de Toulouse N° : 2216 (15 avril 2005).
- [15] **www.techno-science.net** l'encyclopédie libre Wikipédia –environnement-
- [16] **R. GOURDON-** *Traitement Biologique des Déchets* ; Traité Environnement ; Volume G 2 060 ; Techniques de l'Ingénieur ; France (2 003).
- [17] **M.A.T.E** (Ministère de l'Aménagement du Territoire et de l'Environnement), Agence Nationale de Déchets (**AND**), Rapport 2003 (DAR DOUNIA).
- [18] **Martin Pépin AINA** : Expertises des Centres d'Enfouissement Technique des déchets urbain dans les PED : Contributions à l'élaboration d'un guide méthodologique et à sa validation expérimentale sur sites. Thèse de doctorat de l'université de LIMOGES, Laboratoire des Sciences de l'Eau et de l'Environnement, (Septembre 2006).
- [19] **BILLARD.H** : Centre de stockage de déchets « exploitation » Technique de l'ingénieur, Traité environnement, G2-102.1999.
- [20] **F.BOUDJLIDA et M.CHERFI** : contribution au traitement des lixiviats du Centre d'Enfouissement Technique d'Ouled Fayet. Thèse de PFE à USTHB, Génie de l'Environnement, (2007).
- [21] : **Techniques de l'ingénieur** * Bases documentaires techniques et scientifiques*
- [22] : **M.M.BARRES et ALL** : Les lixiviats de décharge ; le point de connaissance en 1990 ; T.S.M/AG.HTM ; N°6 ; (1990).
- [23] : **K. HAMOURI et DJEMAA.R** : Evaluation de la pollution des lixiviats de la décharge d'Ouled Fayet et proposition d'un traitement. Projet de fin d'étude, USTHB, 2006.
- [24] **M.C. GIRARD** : Sols et environnement. 2^e cycle /Master.

- [25] **Laboratoire de physique** : Impact de la décharge sur les eaux souterraines. (Juin 2005).
- [26] Surveillance actuelle de l'environnement, décharge industrielle de Benfor, Mesure d'intervention en cas de contamination. (Novembre 2005).
- [27] **D.J.V.CAMPBELL, A.PARKER, J.F.REES** : attenuation of potential pollutants in land fill leachate by lower green sand (septembre 1982).
- [28] **AGHTM**, La décharge a un avenir : le centre de stockage ; TSM, numéro 1, janvier 2000.
- [29] **F. LADJEL** : 2004, Rapport : Exploitation d'une station d'épuration à boues activées niveau 02, centre de formation au Métier de l'Assainissement, CFMA, Boumerdes, Office National d'Assainissement, Ministère des Ressources en eaux.
- [30] **L.KHOUKHI, H.MECHERI** : « Valorisation d'une biomasse Mycélienne Activée dans le traitement par biosorption des eaux chargées en Fer et en Manganèse ».P.F.E, U.S.T.H.B, 2003.
- [31] **F.OZANNE** « Les lixiviats de décharge, le point des connaissances en 1990 », A.G.H.T.M, Juin 1990.
- [32] **P.COURANT et D.AMAR** : « Les technologies disponibles en matière de traitement des lixiviats », l'eau, l'industrie, les nuisances 1992.
- [33] **Site internet** : <http://www.lenntech.com/fran%E7ais/explication-osmose.htm>
- [34] TONI.A et AL journal of Hazardous Materials, volume 140, issues 1, 2, 9 February 2007, page 407.
- [35] **Site Internet**: [www.gfa.asso.fr,mineraux argileux- clinker- cosmétique- ciments](http://www.gfa.asso.fr/mineraux_argileux-clinker-cosm%C3%A9tique-ciments)
- [36] **S.KORICHI** : Etude de l'activation de la bentonite algérienne par des méthodes classiques et sous irradiations micro-ondes. Application à l'adsorption de l'Uranium. Thèse de Magister, ENP, Alger, Génie de chimie (2005/2006).
- [37] **Site Internet**: [http://wikipédia.org /wik.Bentonite.jpg](http://wikip%C3%A9dia.org/wik.Bentonite.jpg)

- [38] **O.BOURAS** : Propriétés adsorbantes d'argile pontées organophiles. Synthèse et caractérisation. Thèse de doctorat de l'université de LIMOGES, Chimie et microbiologie de l'eau, (Janvier 2003).
- [39] **Site Internet**:<http://pubs.usgs.gov/of/2001/of 01-041/htmldocs/images/monstru.jpg>
- [40] **F.MOHELLEBI** : « Analyse et régénération des huiles usagées », Thèse de Doctorat d'Etat, Département Génie Chimique, Ecole Nationale Polytechnique, 18 octobre 2001.
- [41] **A. BENCHABANE** : Etude du comportement rhéologique de mélanges argiles - polymères. Effets de l'ajout de polymères. Thèse de doctorat de l'université Louis Pasteur – Strasbourg I, Mécanique des fluides, (Novembre 2006).
- [42] **Viallis-Terrisse. H** : "Interaction des Silicates de Calcium Hydratés, principaux constituants du ciment, avec les chlorures d'alcalins. Analogie avec les argiles." **Thèse** de doctorat de l'Université de Bourgogne (2000).
- [43] **S.TAAZIBT** : Contribution à l'étude de la fixation du cation Zn^{++} par une bentonite Sig. Thèse de PFE à ENP, Génie chimique, (2006).
- [44] **M.H. Al-Qunaibit et coll**: "The adsorption of Cu (II) ions on bentonite—a kinetic Study" *Journal of Colloid and Interface Science* 283 (2005) 316–321.
- [45] **T. Missana et coll**: "Kinetics and irreversibility of cesium and uranium sorption onto bentonite colloids in a deep granitic environment" *Applied Clay Science* 26 (2004).
- [46] *Manuel de Gestion des Déchets Solides Urbains* ; Direction Générale de l'Environnement ; Ministère de l'Aménagement du Territoire et de Développement ; Algérie ; Février 2001.
- [47] **S.HOCINE** : Gestion des déchets solides urbains et diagnostic du centre d'enfouissement d'OULED FAYET, mémoire de magister. EPAU. Janvier (2006).
- [48] **NATIONALE EAU ET ENVIRONNEMENT** : Etude d'impact sur l'environnement préalable à la réalisation de la décharge D'OULED FAYET.
Mission 1 : Etat actuel du site de la décharge et de son Environnement
- [49] **Rapport sur la décharge d'Ouled Fayet (CET d'Ouled Fayet).**

- [50] Annuaire statistique de la wilaya d'Alger (O.N.S), 2005.
- [51] NATIONALE EAU ET ENVIRONNEMENT : Etude d'impact sur l'environnement préalable a la réalisation de la décharge D'OULED FAYET.
Mission 2 : Description du projet.
- [52] Rapport fournis par l'Office National d'Assainissement (ONA) : 2007, Paramètre, Méthodes et Normes d'Analyse.
- [53] Journal officiel de la république algérienne n°26, 24 Rabie El Aouel 1427 ,23 Avril 2006.
- [54] **M.BELKACEMI** : Contribution à l'étude des interactions dans le système déchets SOL-EAU. (Cas de la décharge de Oued Smar). Thèse de magister. ENP. Département Environnement. (Juin 1993).
- [55] **Site Internet:** <mailto:s.authier@dordogne.fr> **Conseil général de la Dordogne**



ANNEXES

**Détermination Demande chimique en oxygène (DCO)
NFT 6060-1989**

Principe : cette détermination comprend deux étapes :

1^{ère} étape : oxydation chimique des matières réductrices par un excès de $K_2Cr_2O_7$.

Cette oxydation se réalise en milieu sulfurique (H_2SO_4), en présence de sulfate d'argent (Ag_2SO_4) comme catalyseur et sulfate de mercure ($HgSO_4$), à ébullition à reflux pendant 2 heures dans un ballon ou un tube muni d'un réfrigérateur.

2^{ème} étape : Titration de l'excès de dichromate de potassium par Sulfate de fer (II) et d'ammonium ou sel de Mohr refroidissement.

La fin du dosage est détecté par la ferroïne (o- phénanthroline ferreuse), indicateur redox. sa forme oxydée est de couleur bleu-vert en présence de l'oxydant et la première goutte de sel de Mohr en excès entraîne un changement de coloration de la ferroïne qui devient rouge brique (forme réduite).

Réactifs :

- Acide sulfurique [H_2SO_4] à environ 4mol/l
- Acide sulfurique-sulfate d'argent
- Dichromate de potassium à 0,04 mol/l et contenant le sulfate de mercure (II)
- Sulfate de fer (II) et d'ammonium ou sel de Mohr à 0,12 mol/l
- Hydrogénéphthalate de potassium ($KC_8H_5O_4$) à 2,0824 mmol/l
- Ferroïne.

Appareillage :

- Appareil à reflux
- Bloc chauffant
- Burettes de précision (10ml), Bêchers,
- Régulateurs d'ébullition (billes de verre).

Mode opératoire :

- Introduire dans un tube à fond plat de DCO 1ml de l'échantillon à analyser dilué dix fois.
- Ajouter 5ml de dichromate de potassium $K_2Cr_2O_7$ (qui contient 0,4g de $HgSO_4$).
- Ajouter quelques granules régulateurs d'ébullition et homogénéiser.
- Ajouter lentement et avec précaution 15ml d'acide sulfurique-sulfate d'argent en agitant soigneusement le tube et en refroidissant sous un courant d'eau froide de façon à éviter toute perte de substances organiques volatils.
- Porter à l'ébullition dans un bloc chauffant.
- Laisser refroidir et laver la paroi interne du réfrigérant à l'eau distillée en recueillant les eaux de lavage dans le tube.
- Compléter à environ 75ml de l'eau distillée et laisser refroidir à température ambiante.
- Titrer l'excès de $K_2Cr_2O_7$ par la solution de sel de Mohr en présence de 1 à 2 gouttes de ferroïne (virage rouge brique).

- Dans un tube à DCO, introduire 10ml d'eau distillée, puis suivre le même protocole que pour l'essai. Noter V_B ml.

Expression des résultats : La demande chimique en oxygène, DCO, exprimé en mg/l, est donnée par la formule de la norme :

$$DCO = 8000 * (V_B - V_{ech}) * T / V$$

V_B : volume en ml de sel de Mohr utilisé pour l'essai à blanc.

V_{ech} : volume en ml de sel de Mohr utilisé pour le dosage de l'échantillon.

T : la concentration, exprimée en moles par litre, de la solution de sel de Mohr déterminée par étalonnage.

V : volume de prise d'essai en ml.

Détermination de la Demande Biochimique en Oxygène NFT 90-103

Principe :

L'échantillon d'eau introduit dans une enceinte thermo-staée est mis à incuber en présence d'air. Les micro-organismes consomment l'oxygène dissous qui est remplacé en permanence par l'oxygène en provenance du volume d'air situé au dessus de l'échantillon. L'anhydride carbonique (CO₂) formé est piégé par l'hydroxyde de potassium. Cette détermination en oxygène crée une dépression qui est enregistrée par une élévation du niveau de mercure.

Méthodes instrumentales :

Mode opératoire :

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

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

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

Dosage des MES par centrifugation
NFT 90-015

Principe : la séparation des MES de l'eau se fait par centrifugation. L'échantillon est mis en rotation à grande vitesse. L'application de la force centrifuge sur les particules solides permet de les rassembler dans le fond du tube sous forme d'un culot. Ce culot sera lavé puis récupéré et mis à sécher à 105°C. Le résidu sec est ensuite pesé. Il correspond aux MES contenues dans l'échantillon.

Appareillage :

- Centrifugeuse
- Dessiccateur

Mode opératoire :

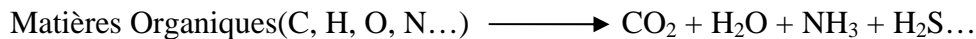
- Attendre que les échantillons soient à température ambiante.
- Homogénéiser le contenu du flacon par agitation.
Si cela est possible, introduire la totalité de l'échantillon dans le pot de la centrifugeuse, de volume de 200 à 500 ml, et centrifuger 20mn environ. Le volume V_E en ml doit conduire la pesée d'au moins 30mg de MES.
- Eliminer l'eau surnageante, remettre en suspension le culot dans de l'eau distillée (en remplissant jusqu'au niveau initial) et centrifuger 20mn.
- Recueillir le culot déposé dans une capsule préalablement séchée à 105°C et pesée à 0,1 mg près : M_1 . Rincer le pot de centrifugation deux fois, avec chaque fois environ 20ml d'eau distillée et recueillir les eaux d'entraînement dans la capsule.
- Sécher ensuite la capsule et son contenu à 105°C \pm 2°C, laisser refroidir dans un dessiccateur et peser à 0,5 mg près : M_2 . Recommencer les opérations de séchage, de refroidissement et de pesée jusqu'à ce que la différence entre deux pesées successives ne dépasse pas 0,5mg.

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

$$[\text{MES}] = (M_2 - M_1) * 1000 / V_E \quad (\text{mg.l}^{-1})$$

Détermination des MVS

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



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

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

On peut donc écrire :

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

Mode opératoire :

Cette analyse peut être effectuée après la détermination des MES.

- A la fin de cette analyse, déterminer le poids P_1 en g, correspond au poids de la coupelle en porcelaine et des matières sèches qu'elle contient.
- Placer ensuite la coupelle en porcelaine dans un four à 550°C pendant une durée de 2 heures.
- Après refroidissement dans un dessiccateur, la coupelle, ne contient plus que de les cendres, est à nouveau pesée : poids P_2 en g.

La différence ($P_2 - P_1$) représente le poids des MVS de l'échantillon.

Expression des résultats : le taux de MVS en % est donnée par la formule suivante :

$$\text{MVS en \%} = (P_1 - P_2 / P_1 - P_0) * 100$$

P_0 : poids de la coupelle vide initialement.

Dosage Des Nitrites (NO_2^-)
ISO 6777-1984

Principe : les nitrites réagissent avec la sulfanilamide pour former un composé diazoïque qui, après copulation avec le N-1-Naphtyléthylènediamine dichlorure donne naissance à une coloration rose mesurée à 543 nm.

Réactifs :

Réactifs mixte : Sulfanilamide
Acide phosphorique
N-1- Naphtyléthylènediamine
H₂O distillé

Appareillage :

Spectrophotomètre UV-V

Mode opératoire :

- Dans une fiole jaugée introduire 1ml de l'échantillon à analyser
- Ajouter de l'eau distillée pour amener le volume à environ 40ml.
- Prévoir une fiole avec 40ml d'eau distillée pour le blanc réactif.
- Ajouter 1ml de réactifs mixte
- Compléter jusqu'au 50ml avec de l'eau distillée
- Au moins 20mn après l'ajout du réactif.

L'apparition de la coloration rose indique la présence des nitrites.

Effectuer la lecture au spectrophotomètre à 543nm.

Expression des résultats : on détermine la concentration en mg d'azote des nitrites .l⁻¹ d'eau
La concentration en mg NO_2^- .l⁻¹ est donnée par l'équation suivante :

$$[\text{NO}_2] = [\text{N- NO}_2] * 46/14$$

[N- NO₂] : concentration en mg d'azote des nitrites par litre.

46 : masse molaire de l'ion nitrite en g.mol⁻¹

14 : masse molaire de l'azote en g. mol⁻¹

Dosage Des Nitrates (NO_3^-)
ISO 7890-3-1988

Principe : En présence de salicylate de sodium et après traitement en milieu alcalin, les nitrates donnent du paranitrosalicylate de sodium coloré en jaune et susceptible d'un dosage colorimétrique.

Réactifs :

- solution de salicylate de Na à 0.5% (renouveler toutes les 24h)
- solution d'hydroxyde de Na à 30%
- H_2SO_4 concentré
- Tartrate double de sodium et de potassium
 - Hydroxyde de Na
 - Tartrate de Na et de K
 - Eau distillée

Laisser refroidir avant de compléter à 1000 ml

- solution mère d'azote d'origine nitrique
 - Nitrate de potassium anhydre
 - Eau distillée
 - Chloroforme
- solution fille d'azote d'origine nitrique à 5mg/l

Appareillage :

Spectrophotomètre UV-V

Mode opératoire :

- Dans une capsule d'évaporation, introduire 2ml de l'échantillon à analyser.
- Ajouter de l'eau distillée pour amener le volume à environ 10ml
- Prévoir une capsule avec 10ml d'eau distillée pour le blanc réactif.
- Ajouter 2 à 3 gouttes de NaOH
- Rajouter 1ml de salicylate de Na
- Laisser reposer pendant 5mn
- Evaporer à sec 80°C (ne pas surchauffer)
- Laisser refroidir à température ambiante.
- Reprendre le résidu avec 2ml de H_2SO_4
- Laisser reposer encore 10mn
- Ajouter 15ml d'eau distillée puis 15ml d'hydroxyde de Na et tartrate double de Na et de K qui développe la couleur jaune.

Effectuer la lecture au spectrophotomètre à 415nm.

Expression des résultats : la masse d'azote des nitrates est exprimée en mg de $\text{N-NO}_3^- \cdot \text{L}^{-1}$
On peut ensuite convertir cette concentration en mg de nitrates $\cdot \text{L}^{-1}$ par la formule suivante :

$$[\text{NO}_3] = [\text{N-NO}_3] * 62/14$$

62 : masse molaire de l'ion nitrate en $\text{g} \cdot \text{mol}^{-1}$

14 : masse molaire de l'azote en g. mol⁻¹

Dosage De L'Azote Ammoniacal (NH₄⁺)
ISO 7150/1-1984

Principe : mesure spectrophotométrique à 655nm du composé bleu formé par réaction de l'ammonium avec les ions salicylate et hypochlorite en présence de nitroprussiate de sodium comme catalyseur.

Réactifs :

Réactif A :

Acide dichloroisocyanurique.
Hydroxyde de sodium.
Eau distillée

Réactif B :

Tri citrate de sodium.
Salicylate de sodium.
Nitroprussiate de sodium.
Eau distillée

Appareillage :

Spectrophotomètre UV-V

Mode opératoire :

- Introduire dans une fiole 1ml de l'échantillon à analyser
- Compléter à 100ml avec de l'eau distillée et mélanger.
- Prélever 10ml de cette dernière solution et ajouter 4ml de réactif A+ 4ml de réactif B
- Compléter jusqu'à 50ml par de l'eau distillée
- Prévoir une fiole avec 10ml d'eau distillée pour le blanc réactif
- Laisser reposer pendant 1h 30mn

Effectuer la lecture spectrophotométrique à 655 nm.

Expression des résultats : le résultat est donné directement en mg/l.

Dosage Des Ortho phosphates (PO_4^{3-})

ISO 6878/1-1986

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

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

Appareillage :

Spectrophotomètre UV-V

Réactifs :

Réactif mixte :

- Heptamolybdate d'ammonium.
- Eau distillée

- Tartrate de potassium d'antimoine hemihydraté.
- Eau distillée.

- Acide sulfurique pur.
- Eau distillée.

Réactif phosphate :

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

Mode opératoire :

- Introduire dans une fiole 1ml de l'échantillon à analyser diluer à environ 50ml avec de l'eau distillée.
- Prélever 40ml de cette dernière solution ;
- Ajouter 1ml d'acide ascorbique
- Ajouter 2ml d'Heptamolybdate d'ammonium
- Compléter jusqu'à 50ml
- Prévoir une fiole avec 40ml d'eau distillée pour le blanc réactif
- Le développement de la couleur bleu après 30mn indique la présence de PO_4^{3-}

Effectuer la lecture à 700nm

Expression des résultats : la concentration en P des orthophosphates est exprimé en mg/l, et on peut convertir cette teneur en mg de $PO_4^{3-} \cdot L^{-1}$ par la relation suivante :

$$[PO_4^{3-}] = [P- PO_4^{3-}] * 95/31$$

95 : masse molaire de l'ion phosphate en $g \cdot mol^{-1}$

31 : masse molaire du phosphore en g. mol⁻¹

Dosage de l'azote Kjeldahl NTK
ISO 5663-1984

Réactifs :

- Acide sulfurique pur H₂SO₄ (pur à 98%, d=1.84).
- Catalyseur de minéralisation : sulfate de potassium (99.5 g) + sélénium en poudre (5 g).
- Solution d'acide borique : acide borique (10 g) + eau distillée (1000 ml).
- Solution d'hydroxyde de sodium : hydroxyde de sodium (400g) + eau distillée (1000ml)
- Solution d'acide sulfurique à 0.1 N.
- Indicateur coloré : rouge de méthyle, vert de bromocrésol et éthanol 95%.

Appareillage :

- Digesteur (BUCHI K- 424)
- Distillateur (BUCHI B- 324)
- Titrateur

Mode opératoire :

- Minéralisation :

Prendre 50ml d'échantillon + 1g de catalyseur + 10 ml d'acide sulfurique pur + 4heures de minéralisation, à la fin laisser refroidir à température ambiante.

- Distillation :

Après avoir transvaser le contenu de chaque tube dans une éprouvette, diluer jusqu'à 100ml Fixer le tube dans le distillateur, ouvrir la fenêtre de dialogue, le démarrage, et les fonctions aspiration, préchauffage et nettoyage sont mises en route automatiquement à partir du menu.

- Titration :

Allumer le titrateur et titrer avec l'acide sulfurique à 0.1 N tout en ajoutant l'indicateur coloré. La titration est terminée lorsque la couleur vire du bleu au rose pale.

Expression :

$$\text{NTK (mg/l)} = (V_E - V_B) * C * 14 * 1000 / P$$

Avec:

V_E: volume en ml de l'acide sulfurique utilisé pour le dosage.

V_B: volume en ml de l'acide sulfurique utilisé pour l'essai à blanc.

C : la concentration en mol/l de l'acide sulfurique.

P : le volume de la prise d'essai.

Dosage des métaux
ISO N° 82-88

Procédure d'analyse :

- Attaquer les échantillons avec (5ml HNO₃ + 2 ml H₂O₂) pour 100 ml d'échantillon
- Procéder à la digestion des échantillons dans des fioles de 100 ml et ajuster avec de l'eau distillée.
- Passer à la détermination des métaux (Cd, Cr, Cu, Co, Ni, Fe, Pb, Zn) par la spectrométrie d'absorption atomique (SAA).

Expression des résultats : le résultat est donné directement en mg/l.

Tableau 1: Normes française sur les rejets de diversement domestiques.

Paramètres	Valeurs limites	Unités
Température	30	°C
pH	6.0 - 8.5	/
MES	20	mg/l
DBO	30-50	mg/l
DCO	90	mg/l
NO ₂ ⁻	0,1	mg/l
Fer	0,1	mg/l
Aluminium	0,1	mg/l
Zinc	2	mg/l
Chrome (+3)	0,1	mg/l
Chrome (+6)	0.1	mg/l
Mercure	0.01	mg/l
Nickel	5	mg/l
Plomb	1	mg/l
Cuivre	3	mg/l
Zinc	5	mg/l
Huiles et graisses	20	mg/l
Hydrocarbures	20	mg/l
Phénols	0.5	mg/l
Solvants organiques	20	mg/l
Chlore actif	1.0	mg/l
Phosphate	0.2	mg/l
Cadmium	2	mg/l
Manganèse	1	mg/l
Cyanures	0.1	mg/l

Tableau 2: Les normes algériennes sur les rejets des diversement domestiques.

Paramètres	Unités	Valeurs maximales
Température	°C	30
pH	-	5,5 à 8,5
MES	mg/l	30
DBO	mg/l	40
DCO	mg/l	120
Azote kjeldel	mg/l	40
Phosphates	mg/l	02
Cyanures	mg/l	0,1
Aluminium	mg/l	5
Cadmium	mg/l	0,2
Chrome 3 ⁺	mg/l	3
Chrome 6 ⁺	mg/l	0,1
Fer	mg/l	5
Manganèse	mg/l	1
Mercure	mg/l	0,01
Nickel	mg/l	5
Plomb	mg/l	1
Cuivre	mg/l	3
Zinc	mg/l	5
Huiles et graisses	mg/l	20
Hydrocarbures	mg/l	20
Phénols	mg/l	0,5
Solvants organiques	mg/l	20
Chlore actif	mg/l	10
PCB	mg/l	0,001

Tableau 3: Les normes Suisse de lixiviat issus de déchets

SUBSTANCE	VALEUR LIMITE
Arsenic	0.1 mg/l
Plomb	1.0 mg/l
Cadmium	0.1 mg/l
Chrome-III	2.0 mg/l
Cuivre	0.5 mg/l
Zinc	10.0 mg/l
Azote amoniacal	5.0 mg/l
Nitrites	1.0 mg/l
Phosphates	10.0 mg/l
Carbone organique dissous (DOC)	50.0 mg/l
Demande biochimique en oxygène (DBO ₅)	10.0 mg/l
Hydrocarbures	5.0 mg/l

Tableau 4: Caractéristiques des lixiviats à l'entrée et à la sortie du bassin du 18/06/2006.

Paramètres	Teneur Moyenne 18/06/2006	
	Entrée du bassin	Sortie du bassin
Température (°C)	23,50	24,50
pH	8,23	8,21
DCO (mg O ₂ /l)	3936	4032
DBO ₅ (mg O ₂ /l)	900	900
DBO ₅ / DCO	0,23	0,22
MES (mg/l)	812	648
MVS (mg/l)	321,96	244,94
NH ₄ ⁺ (mg/l)	91,23	90,55
NO ₂ ⁻ (mg/l)	Absence	Absence
NO ₂ ⁻ (mg/l)	11,52	12,40
PO ₄ ³⁻ (mg/l)	73,59	65,27
NTK (mg/l)	1364,72	961,52
Conductivité (ms/cm)	30 20	29,60

Tableau 5 : Débit des lixiviats

Date	Débites des lixiviats (l/min)
07/01/2007	039.33
21/01/2007	049.90
23/01 /2007	052.65
28/01 /2007	071.40
31/01/2007	112.00
03/02/2007	072.00
10/02/2007	092.00
06/03/2007	084.00
10/03/2007	111.00
04/04/2007	141.00

Débit du casier n° 5

Date	Débit L/min
09/09/2007	24
20/10/2007	19.80
01/12/2007	36
26/12/2007	160
30/12/2007	255
08/01/2008	160
15/01/2008	142
19/01/2008	93
29/01/2008	94.2
04/02/2008	63.6
06/02/2008	66.6
06/02/2008	62.4
10/02/2008	58.8
12/02/2008	58.8
23/02/2008	71.73
24/02/2008	71.42
01/03/2008	120
03/03/2008	118
08/03/2008	61.80
17/03/2008	135
22/03/2008	82.80
23/03/2008	102
12/04/2008	90
01/05/2008	81.03

Débit du casier 1-2-3

Date	Débit l/min
20/09/2006	36.36
25/09/2006	38.19
11/11/2006	35.65
23/12/2006	32.37
07/01/2006	39.33
21/01/2007	49.90
23/01/2007	52.65
28/01/2007	71.40
31/01/2007	112
03/02/2007	72
10/02/2007	92
06/03/2007	84
10/03/2007	111
04/04/2007	141
23/04/2007	130
25/04/2007	91.8
30/04/2007	130
12/05/2007	46
20/05/2007	38.50
30/05/2007	48.18
02/06/2007	54.74
24/06/2007	46.20
14/07/2007	64.01
09/09/2007	73.57
20/10/2007	67.20
21/11/2007	69.40
01/12/2007	89.30
04/12/2007	105.30
07/01/2008	224
15/01/2008	220.24
17/03/2008	213.80