

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE



ECOLE NATIONALE POLYTECHNIQUE



المدرسة الوطنية المتعددة التقنيات
Ecole Nationale Polytechnique

DEPARTEMENT DE GENIE CHIMIQUE

*Mémoire de Fin d'Etudes pour
l'obtention du diplôme
d'Ingénieur d'Etat en Génie Chimique*

Thème

*Etude physico-chimique des eaux de lixiviation
et contribution à l'étude de leur traitement*

Dirigé par :

Mme F. SOUABI
Mr M. NAKIB

Etudié par MM :

KHIATI Said
BENAMMAR Samir

PROMOTION JUIN 2007

ENP, 10 AVENUE HASSAN BADI, EL-HARRACH, ALGER

Dédicaces

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

Mes chers parents que je remercie énormément pour leurs sacrifices, leur soutien et leurs encouragements durant toutes ces années ; Puisse Dieu les garder.

Mes chers frères Bilel, Abdelghani, sa femme Radia et sa famille.

Mes chères sœurs Wahiba et Mouna.

Mes chers cousins badreddine et amine.

Toute ma famille.

Mon binôme et sa famille.

Mes chers amis Walid, Sahel, Lalmi et yacine.

Toute la promotion de Génie Chimique.

Tous mes amis.

Tous ceux qui me connaissent.

SAID

Dédicaces

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

La mémoire de ma grand-mère.

Mes chers parents que je remercie énormément pour leur soutien, leurs sacrifices et encouragements durant ces années. Que Dieu les garde.

Mes chères sœurs : Amel, Maya, Rym et Sarah.

Mes cousins et cousines ainsi que toute ma famille.

Mon binôme et sa famille.

Mes très chers amis : Arezki, Mohamed, Sidou et AMIR

Toute la promotion de Génie Chimique.

Tous mes amis.

Tous ceux qui me connaissent.

samir

Composition du Jury :

Mr	E. H. BENYOUSSEF	Président
Mme	A. MEFTI	Examinatrice
Mr	A. SELATNIA	Examineur
Mme	F. SOUABI	Promotrice
Mr	M. NAKIB	Promoteur

Remerciements

Nous remercions DIEU Tout Puissant de nous avoir donné la santé, le courage et la force pour finir ce travail.

Nous tenons à adresser nos remerciements à :

Notre promoteur, Madame SOUAMI, de nous avoir encadrés et appris le sens de la responsabilité et du travail toujours bien fait et surtout pour les connaissances qu'elle nous a inculqués durant la période de notre formation.

Monsieur NAKIB, qui nous a fourni les bonnes conditions dans lesquelles nous avons réalisé notre travail.

Mademoiselle CHEDEBA FATIHA, qui nous a suivis et aidés au sein du centre D'enfouissement de Ouled Fayet.

Madame OUELD CHEIKH, Mademoiselle BENZINE ainsi que L'ensemble de l'équipe du laboratoire du département de l'environnement du Centre de Recherche et Développement (CRD) de Boumerdès pour leurs conseils, aides et précisions.

Les différents membres du Jury d'avoir accepté de juger notre travail.

Tous les enseignants du département de Génie Chimique.

Tous ceux, de près ou de loin, nous ont aidés dans la réalisation de ce travail.

ملخص:

المياه القذرة الناتجة من المفرغة العمومية كالنفايات المنزلية، لها تركيبة مختلفة و هذا حسب المواسم و كمية الأمطار المتساقطة و كذلك طبيعة النفايات، لهم خصائص بيولوجية و كيميائية مختلفة. واهتمت دراستنا على مركز التفريغ لولاد فاييت. ان الهدف الرئيسي هو تحليل وتقدير المعالم التي تميز التلوث الذي يمكن ان يؤثر على المياه الجوفية. النتائج المتحصل عليها بالمقارنة مع القيم والمعايير الدولية. اقترحنا حلول ، من بين اكثر العمليات المستخدمة في المعالجة.

الكلمات الرئيسية : النفايات ، التلوث ، التصريف، المياه القذرة ، عمليات المعالجة.

Résumé :

Les lixiviats des centres d'enfouissement technique, tels que les décharges de déchets ménagers et assimilés, sont de compositions diverses. Selon les saisons, la pluviométrie et la nature des déchets, ils ont des caractéristiques biologiques et chimiques sensiblement différentes. Notre étude a concerné la décharge de Ouled Fayet. Son objectif principal est d'analyser et évaluer les paramètres qui caractérisent la pollution pouvant atteindre la nappe phréatique.

Les résultats obtenus sont comparés aux valeurs des normes internationales. Des solutions, parmi les procédés de traitement les plus utilisés, sont proposées.

Mots clés : Déchets – Pollution – Décharge – Lixiviats – Procédés de traitement

Summary:

The "lixiviats" of the centres of technical burying, such as discharges of household and assimilated waste, is of diverse compositions. According to the seasons, the pluviometry and the nature of the waste, they have appreciably different biological and chemical characteristics. Our study concerned the discharge of Ouled Fayet. His main objective is to analyze and to estimate the parameters which characterize the pollution which can affect the groundwater.

The obtained results are compared with the values of the international standards. Solutions, among the most used processes of treatment, are proposed.

Keywords: waste - Pollution - Discharge – "Lixiviats" - Processes of treatment

Liste des abréviations

PCI	Pouvoir calorifique inférieur.
PCS	Pouvoir calorifique supérieur.
CPVA	Conseil Populaire de la Ville d'Alger.
CNERU	Centre National d'Etude et de la Recherche en Urbanisme.
ANRH	Agence National des Ressources Hydrauliques
CET	Centre d'Enfouissement Technique
PEHD	Polyéthylène de Haute Densité
NEE	National Eau Environnement
PVC	Polychlorure de Vinyle
EDIL	Bureau d'étude national pour le contrôle de la pollution, Collecte et élimination des déchets solides
CTTP	Laboratoire de Contrôle Technique des Travaux Publics.
LNHC	Laboratoire de l'Habitat et Construction.
MES	Matière En Suspension.
MVS	Matière Volatile en Suspension.
DCO	Demande Chimique en Oxygène.
DBO₅	Demande Biochimique en Oxygène en 5 jours.
AGV	Acide gras volatil.

Sommaire

Introduction générale

I-Généralités sur les déchets solides.....1

Introduction

I-1- Classification des déchets.....	1
I-2-Characteristiques et évolutions des déchets urbains.....	2
I-2-1-généralités sur les déchets ménagers	2
I-2-2-Quantités générées et leurs variabilités	3
I-2-3-Paramètres physiques et physico-chimiques caractérisant les résidus urbains.....	4
I-3-Evacuation des ordures ménagères et assimilables aux ordures ménagères.....	5
I-3-1-La pré collecte	5
I-3-2-Collecte des résidus urbains	7
I-3-3-La collecte sélective	7
I-3-4-Les collectes spéciales	8
I-3-5-Le transport des ordures ménagères	9
I-4- Méthode de traitement des résidus urbains.....	10
I-4-1-La mise en décharge.....	10
I-4-2-Récupération-Recyclage-Valorisation	14
I-4-3-Le compostage	15
I-4-4-L'incinération	17
I-5-Différent types de pollutions engendrées par la décharge.....	19
I-5-1-La pollution chimique	19
I-5-2-La pollution bactériologique	19
I-5-3-La pollution atmosphérique	20
I-6-Processus de formation des matières polluants.....	20
I-6-1-Dégradation aérobie	20
I-6-2-La fermentation anaérobie	21

Conclusion

II-Présentation de la décharge de Ouled Fayet.....22

II-1-Historique du projet	22
II-2-Situation géographique	23
II-2-1-Localisation	23
II-2-2-Topographie	23

II-2-3-Hydrographie	23
II-2-4-Géologie	23
II-3-Exploitation du Centre d'Enfouissement Technique de Ouled Fayet	25
II-3-1-Type des déchets autorisés.....	25
II-3-2-Composition des déchets rejetés	26
II-3-3-Quantité de déchets rejetés dans le C.E.T.....	27
II-4-imperméabilisation des casiers d'enfouissement	28
II-4-1-Géomembrane	29
II-4-2-Réseau de drainage des lixiviats	30
II-4-3-Elimination des biogaz	32
III- Généralités sur les lixiviats.....	34
Introduction	
III-1-Définition.....	34
III-2-Mécanisme de formation.....	34
III-2-1-Aspect biologique	35
III-2-2-Aspect physico chimique	37
III-3-Conditions influençant la biodégradation de la matière organique.....	38
III-3-1-Les nutriments	38
III-3-2-Le pH	38
III-3-3-Potentiel redox	39
III-3-4-La température	39
III-3-5-L'humidité	39
III-4-Les inhibiteurs.....	40
III-4-1-Les alcalins et les alcalino-terreux	40
III-4-2-Les métaux	40
III-4-3-Sulfures	41
III-4-4-L'ammoniac	41
III-4-5-Les hydrocarbures chlorés	41
III-5-Characterisation des lixiviats.....	42
III-6-Evolution de la qualité des lixiviats au cours de temps.....	43
III-6-1-Les lixiviats jeunes	44
III-6-2-Les lixiviats stabilisés	44
III-6-3-Les lixiviats intermédiaires	44
III-7-Formation du biogaz	45

III-7-1-Evaluation de la production de biogaz d'un centre de stockage de déchets ménagers.....	45
III-7-2-Elimination du biogaz	46

Conclusion

IV-Impact des lixiviats sur l'environnement48

Introduction

IV-1-Impact sur les eaux souterraines et de surface	48
IV-2-Impact sur le sol	48
IV-3-Impact sur la flore	49
IV-4-Impact sur l'air	49
IV-5-Impact sur la santé humaine	49
IV-6-Impact des interférences sur les particules argileuses	50
IV-6-1-Au niveau macroscopique	50
IV-6-2-Au niveau microscopique	50
IV-7-Influence de l'interaction entre le sol et les espèces inorganiques sur la composition finale du lixiviats.....	50
IV-7-1-Comportement des ions.....	50
IV-7-2-Comportement des métaux lourds	51
IV-7-3-Type de pollution sur l'homme et l'environnement	53
IV-8-Propagation de la pollution dans la nappe	55

Conclusion

V-Travail expérimental.....57

V-1-Echantillonnage.....	57
V-1-1-Les conditions requises pour la conservation des échantillons.....	57
V-2-Modes opératoires et résultats.....	60
V-2-1-Mesure du pH.....	60
V-2-2-Les nitrate (NO_3^-).....	60
V-2-3-Les nitrites (NO_2^-).....	62
V-2-4-Phosphore (PO_4^{3-}).....	63
V-2-5-Azote ammoniacal (NH_4^+).....	64
V-2-6-Demande chimique en oxygène (DCO).....	66
V-2-7-Demande biochimique en oxygène (DBO ₅).....	67
V-2-8- Rapport de biodégradabilité.....	69
V-2-9-Analyse des métaux lourds.....	69

V-2-10-Dosage des hydrocarbures.....	70
V-2-11-Matière volatile en suspension (MVS).....	71
V-2-12-Matière en suspension (MES).....	71
V-3-Interprétation	72
V-4-Proposition de traitement.....	74
V-4-1-Traitement biologique.....	74
V-4-2-Traitements physico-chimiques.....	75
V-4-3-Rejets en station d'épuration urbaine.....	76

Conclusion générale

Listes des figures

Listes des tableaux

Bibliographie

Annexe

Introduction générale

Les études de pollutions des milieux poreux naturels ainsi que les transferts hydriques dans les sols non saturés ont retenu l'attention de nombreux chercheurs. Ces études se sont intensifiées depuis qu'on a constaté que la contamination des sols pouvait avoir de graves influences sur l'environnement. Le dépôt des déchets industriels et ménagers est devenu un des principaux facteurs de la contamination du sol par des métaux. Aéroporté, il représente, dans une échelle globale, la source principale de pollution du sol.

De nos jours, la protection de l'Environnement est une priorité. La pollution industrielle, en particulier, devient une véritable préoccupation. Une des conséquences de cette pollution est son impact sur la qualité des sols et par la suite sur la qualité des eaux souterraines.

La pollution des eaux de surface et souterraines est aggravée par la présence de grandes quantités de produits chimiques dans la solution de lixiviation tels que : chlorures, sulfate, etc.

Nous avons procédé aux analyses des lixiviations provenant du centre d'enfouissement d'Ouled Fayet.

Les analyses ciblées et réalisables au niveau de laboratoire devraient nous permettre de lister les différents polluants et leurs degrés de dangerosité et, par conséquent, de proposer un traitement adéquat pour ces eaux de lixiviat, afin de limiter leurs effets néfastes sur l'environnement.

CHAPITRE I

Généralités sur les déchets solides

Introduction

On appelle déchet tout résidu d'un processus de production, de transformation, d'utilisation ou de consommation abandonné ou destiné à l'abandon.

La classification de ces déchets et des sous-produits industriels peut être faite soit selon leur état physico-chimique, soit selon leur origine ou source de production.

La gestion et la collecte des déchets dépendront naturellement de leurs caractéristiques. [1]

I-1- Classification des déchets

Nous donnons, dans le tableau N°1, les diverses possibilités de classification des déchets, nous présentons pour chaque cas des exemples caractéristiques :

Tableau 1 : classification des déchets. [1]

Classification selon l'état physique	<ul style="list-style-type: none"> -Déchets solides : ordures ménagères, déchets des métaux, déchets inertes de caoutchouc et plastique, paille,..... -Boue : boues de stations de traitement des eaux résiduaires, boues d'origine diverse (de traitement de surface, d'hydrocarbures, de peinture,.....) -Déchets liquides ou pâteux : goudrons, huiles usagées, solutions résiduaires, divers,..... -Déchets gazeux : biogaz
Classification selon la nature chimique	<ul style="list-style-type: none"> -Déchets acides : solutions résiduaires, acides divers (HCl, H_2SO_4, HNO_3,.....), 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 de ferreux -Métaux : ferraille, carcasses de véhicules, déchets de métaux précieux câbles,..... -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.

Classification par source de production	<ul style="list-style-type: none"> -Activités ménagères : ordures ménagères, déchets encombrants. -Distribution et activité de service : déchets commerciaux (emballages). -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
---	---

I-2-Characteristiques et évolutions des déchets urbains

I-2-1-Généralités sur les déchets ménagers

I-2-1-1-Définition des déchets ménagers

On définit les déchets des ménages comme un mélange de résidus hétérogènes dans lesquels on trouve :

* les débris de toutes sortes générés dans les ménages tels que : déchets de nourriture, balayures, objets ménagers ou d'usage courant devenu hors d'usage, journaux et papiers divers, emballage, et d'autres résidus textiles, déchets de bureaux, commerces, industries, d'artisanat et d'administration.

* Les feuilles mortes, bois, résidus de nettoyage et de balayage de la voirie, des jardins, des parcs.

* Les résidus des halles, foires, marchés.

* Les résidus des collectivités tels que les cantines, écoles, casernes, prisons, ainsi que les résidus des hôpitaux ayant un caractère ménager.

* Les objets abandonnés sur la voie publique.

Celle-ci exclut formellement :

- * Les déblais, décombres et débris des chantiers de travaux publics et constructions.
- * Les déchets industriels et commerciaux ne pouvant être déposés dans des récipients individuels ou collectifs à des fins d'enlèvement par les soins des services municipaux.
- * Les déchets anatomiques et infectieux des hôpitaux et abattoirs.
- * Tous les objets qui, en raison de leur encombrement, de leur poids ou de leur nature ne pourraient pas être chargés dans les véhicules de collectes. [2]

I-2-1-2-Déchets assimilables aux déchets ménagers

Un certain nombre de déchets, en raison de leur nature et de leur encombrement, peuvent être considérés comme des déchets ménagers.

Parmi ces déchets on trouve :

Certains déchets industriels non toxiques (cas des industries à caractère artisanal, cas de déchets produits par des petits établissements artisanaux ou industriels) pourront entrer dans cette catégorie tels que : les petites industries de bois, panneaux, papiers, cartons, imprimeries, artisanats, textiles, petites industries agro-alimentaire. [2]

I-2-2-Quantités générées et leurs variabilités

La rapidité avec laquelle la densité de la population a augmenté, ainsi que l'amélioration du niveau de la vie dans les sociétés de consommation ont produit une augmentation permanente des déchets solides en quantités et en qualités. La forte urbanisation, le gaspillage par abondance, l'introduction sur le marché de nouveaux produits non biodégradables tels que les plastiques ainsi que le faible taux de récupération en sont les principales causes.

Les quantités d'ordures ménagères produites peuvent s'exprimer en poids, en volumes, toutefois en raison de la compressibilité de celle-ci, seul le poids constitue une donnée fiable et mesurable à l'aide d'un pont bascule, on exprime alors les quantités d'ordures ménagères produites en kg/hab/jour ou par an.

Le poids des ordures ménagères générées quotidiennement par habitant varie suivant les pays. Le taux varie de 0,35 kg/hab/j dans les pays les moins avancés technologiquement à 1,1 ou 1,2 kg/hab/j dans les mégalo-pôles des pays industrialisés. [3]

I-2-3-Paramètres physiques et physico-chimiques caractérisant les résidus urbains

La caractérisation des déchets urbains est le premier acte à faire en vue d'une gestion efficace de celle-ci. C'est à partir de la caractérisation que le mode de valorisation ou d'élimination va être choisi.

On caractérise généralement les ordures ménagères par les paramètres suivants :

- La densité.
- Le taux d'humidité.
- Le pouvoir calorifique.
- Le rapport carbone sur azote(C/N). **[2, 3]**

I-2-3-1-La densité ou masse volumique

C'est une caractéristique qui a une grande influence sur la capacité des moyens de collecte et le stockage des ordures. 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...) et atteint les valeurs de 0,45 à 0,55 kg/m³ lorsqu'elles sont collectées par des bennes tasse usées.

La densité retourne à des valeurs comprises entre 0,28 et 0,32 kg/m³ lors de mise en fosse.

I-2-3-2-Le taux d'humidité

Les ordures ménagères renferment une quantité d'eau qui est celle comprise dans leurs différents composants. 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.

Les ordures algériennes ont un taux d'humidité moyen estimé à 60%. Cette valeur augmente sensiblement à la saison d'abondance des fruits. **[3]**

I-2-3-3-Le pouvoir calorifique

Le pouvoir calorifique des ordures ménagères considérées comme combustible s'exprime soit par leur pouvoir calorifique supérieur (PCS) qui prend en compte la chaleur de vaporisation de l'eau contenu dans les ordures, soit par leur pouvoir calorifique inférieur

(PCI) qui exclue cette dernière. Le pouvoir calorifique est exprimé en millithermi/tonne ou en thermi/tonne.

Le PCS suppose que la vapeur d'eau formée est revenue à son état initial. C'est-à-dire qu'elle s'est condensée en restituant la chaleur de vaporisation.

Dans les installations industrielles la vapeur d'eau formée s'échappe avec les gaz de combustion à travers la cheminée, la chaleur de vaporisation n'est donc pas restituée et le pouvoir calorifique que l'on considère est le pouvoir calorifique inférieur.

Les PCI est le plus intéressant, c'est celui que donne 1 kg d'ordure fraîche comprenant de l'humidité ; il est égal au pouvoir calorifique des déchets secs moins la chaleur nécessaire à la vaporisation de l'eau contenue dans les résidus.

Les PCI tendent généralement à augmenter, vu l'augmentation incessante de la proportion de la cellulose et les matières plastiques dont les pouvoirs calorifiques sont très élevés.

I-2-3-4-Rapport carbone sur azote(C/N)

Ce rapport est un paramètre important qui permet l'appréciation de l'aptitude des ordures au compostage.

Les expériences ont montré que le rapport carbone sur azote dans les ordures ménagères et les ordures assimilables aux ordures ménagères se situe généralement entre 20 et 35 ; après compostage, celui-ci se situe entre 10 et 15 ce qui est voisin d'un bon sol de culture (≈ 10). [2]

I-3-Evacuation des ordures ménagères et assimilables aux ordures ménagères

La nécessité d'organiser un service pour l'enlèvement systématique des résidus ménagers est apparue dès que les hommes se sont rassemblés dans les villes ; c'est donc un problème qui s'est posé à l'attention des édiles depuis très longtemps. Mais l'évolution de ces données s'est accélérée au cours des dernières décennies sous l'effet de la transformation, elle-même de plus en plus rapide que la société. Aujourd'hui, on distingue différents modes de collectes. [2, 4, 5]

I-3-1-La pré- collecte

Les déchets ménagers présentés à la collecte ne doivent contenir aucun produits ou objets susceptibles d'exploser ou d'enflammer les détrit, d'altérer les récipients, ou de

constituer un danger pour la collecte ou le traitement. La pré- collecte est effectuée par l'habitant au niveau de son ménage.

I-3-1-1-Différents modes d'évacuation des ordures ménagères

Plusieurs modes de collectes peuvent être envisagés :

*** La collecte ordinaire ou collecte « ouverte »**

C'est le type de collecte où les récipients sont déversés directement dans les bennes.

Les récipients utilisés dans ce mode de collecte, doivent être étanches, insonores, munis de couvercles et constitués d'une matière difficilement inflammable.

C'était le mode de collecte le plus répandu, il fut définitivement déconseillé, vu que l'on obtenait un épandage des détritiques et des poussières sur la voie publique. Les modes ci après éliminent cet inconvénient, mais sont généralement d'un coût plus élevé.

*** La collecte hermétique**

La collecte est dite « hermétique » lorsque sont utilisés des récipients normalisés, fermés par un couvercle à charnière, le contenu se déversant dans des véhicules complètement clos. Ce vidage est opéré par un orifice, généralement placé à l'arrière du véhicule, fermé par un opercule dont les mouvements d'ouverture et de fermeture correspondent exactement, par une coordination convenable, à ceux du renversement et du vidage des récipients.

*** La collecte par échange de récipients**

On utilise des récipients du type multi benne que l'on dispose en des emplacements choisis convenablement, ces récipients ont des capacités allant de 3 à 6 m³. Une fois pleins, les récipients sont chargés sur les camions à plateau, équipés d'un dispositif de lavage approprié et remplacé par des récipients vides, venus du lieu de vidage et remis en bon état après lavage.

*** La collecte par sacs perdus**

On utilise ici des sacs en papier ou en plastique qui ont une capacité appropriée allant de 16 à 90 litres.

Le mode de collecte s'inspire du système précédant, mais au lieu de récupérer les récipients, les sacs sont « perdus », éliminés avec les ordures qu'ils contiennent.

*** La collecte par conteneurs**

Ce mode consiste à utiliser des bacs normalisés et ayant une grande capacité de 600 à 1200 litres, munis d'un couvercle et montés sur des roulettes que l'on adapte à un système de lever par bras, dont la benne est munie. Ce mode d'évacuation répond aux besoins particuliers de grands ensembles (cités, centres commerciaux...etc.).

*** La collecte pneumatique**

Le principe est le suivant : les colonnes des vides ordures classiques des immeubles (voie sèche) sont reliées à une conduite de grand diamètre (50 cm) dans laquelle on crée un fort courant d'air (25 m/s), à partir d'un groupe de turbines aspirantes, permettant ainsi le transport des ordures ménagères jusqu'à un silo central de stockage. Elles sont ensuite compactées dans un conteneur de grande capacité pour être évacuer jusqu'à l'usine de traitement ou à la décharge.

I-3-2-Collecte des résidus urbains

Le second stade de perfectionnement où apparaît la notion de collecte réside dans l'organisation d'un service de ramassage avec un véhicule. Actuellement les résidus sont déposés à l'avance dans des récipients, le long de l'itinéraire parcouru par le véhicule de collecte, et ce sont les préposés du service qui, régis par une organisation bien établie, vident les récipients dans le véhicule.

I-3-2-1-Organisation du service de collecte

Les paramètres essentiels de l'organisation du service sont :

- Le nombre de tournées
- La fréquence de ramassage
- L'horaire

I-3-3-La collecte sélective

Ce mode de collecte envisage de faire une distinction, plus ou moins poussée selon la nature des résidus urbains admis à l'enlèvement, et de consacrer un service particulier avec une fréquence différente à chacun des éléments discriminés.

Deux raisons déterminent généralement ce mode de collecte :

-Elle permet la récupération plus facile de produits ayant une certaine valeur (bouteilles, ferrailles, papiers et cartons). La collecte sélective permet de procéder à certaines récupérations de produits, elle ne constitue qu'une première étape.

-Elle facilite l'utilisation agricole des ordures dans le cas du traitement industriel par fermentation (compostage) en séparant les éléments non fermentescibles gênants ou nuisibles.

Les inconvénients de cette méthode sont nombreux :

- Il faut mettre une organisation tout à fait différente et nécessitant de plus gros moyens.
- Elle fait peser sur la population intéressée l'obligation d'avoir plusieurs récipients tenant plus de place et la contrainte de stocker pendant un temps plus ou moins long, les résidus dont l'enlèvement est assuré suivant un rythme ralenti (fréquemment mensuel).

I-3-4-Les collectes spéciales

Ces modes de collecte concernent particulièrement les déchets ne pouvant faire l'objet de collectes conventionnelles.

I-3-4-1-Les résidus ménagers encombrants

On entend par résidus ménagers encombrants tout objet qui, par leur dimension, leur poids ou leur nature, ne pourra être chargé dans les camions. Les résidus ménagers encombrants sont : les appareils électro ménagers, les lits, les armoires et d'autres objets divers tels que les tapis et tout ce qui appartient à l'automobile. Ils font l'objet de collectes spéciales par des camions et sont amenés au point de décharge lorsqu'ils ne peuvent pas faire l'objet d'une récupération.

I-3-4-2-Les résidus urbains pouvant présenter un risque

Certains déchets nécessitent un traitement particulier, c'est le cas des déchets contaminés tels que les flacons de médicaments, les pansements, pouvant présenter un risque de toxicité ou de radioactivité.

Normalement, les hôpitaux sont équipés d'un incinérateur, si ce n'est pas le cas, ils doivent faire l'objet d'une collecte spéciale dans des récipients hermétiques.

I-3-5-Le transport des ordures ménagères

Le plus souvent, les véhicules de collecte effectuent le transport des ordures jusqu'au lieu de traitement ou de décharge, système simple et économique tant que les distances entre les zones de collecte et le lieux de destination finale ne sont pas très élevées.

I-3-5-1-Les ruptures de charges

Il peut arriver aussi que la distance entre une zone de collecte et le lieu de destination finale (décharge ou usine de traitement) soit importante et vu que les camions benne utilisés pour la collecte ne sont pas conçus pour le transport à longue distance. Il peut donc être nécessaire dans certains cas de recourir au transbordement des ordures afin d'utiliser des moyens de transport mieux adoptés aux longues distances, c'est ce que l'on appelle les ruptures de charges. Il s'agit soit de camions « gros porteurs », soit du chemin de fer utilisant des wagons ordinaires ou spéciaux, soit de la voie navigable au moyen de péniches ou de berges.

I-3-5-2-Station de transit

Le but de ces stations est de rendre possible le transfert des déchets à longue distance dans des conditions de rentabilité acceptable. Ce sont des installations importantes pouvant traiter plusieurs centaines de tonnes d'ordures par jour.

Ces stations sont nécessaires dans le cas où la distance entre les zones de collecte et le lieu de destination finale soit importante pour d'autres raisons :

- intérêt d'exploiter une décharge située à grande distance pour récupérer un terrain inutilisé.
- Intérêt d'envoyer les ordures dans une usine existante éloignée plutôt que de créer une nouvelle usine.

Avantage

- Augmentations des nombres de tours.
- Utilisation optimale du matériel de collecte.

Inconvénient

- Coût de l'opération élevé.

I-4-Méthode de traitement des résidus urbains

Une fois les ordures collectées et transportées ; il reste à en débarrasser la collectivité dans les meilleures conditions possibles tant au point de vue de l'hygiène et de l'esthétique que du coût de revient.

Plusieurs modes de traitements ont été élaborés, ils permettent de valoriser, quand les circonstances s'y prêtent, un produit particulièrement ingrat ; autre fois, on s'efforçait par un tri méthodique, malheureusement manuel la plupart du temps, de récupérer ce qui pouvait présenter encore de la valeur ; aujourd'hui, on vise plutôt à une valorisation globale du produit.

I-4-1-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. Il existe, en général, trois types de décharges :

*** La décharge sauvage**

C'est un dépôt des déchets sans règle c'est-à-dire sans aucune précaution par rapport au gêne des ordures et des risques qui pourraient être engendrés. La décharge sauvage est interdite.

*** La décharge brute**

Ce type de décharge se pratique beaucoup, c'est une accumulation de déchets sur un site quelconque sans précaution particulière

*** 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.

I-4-1-1-Généralités sur la décharge contrôlée

Le principe de la mise en décharge contrôlée est l'œuvre de deux ingénieurs anglais, J.C.DAWES et M.CALL qui ont préconisé et mis en pratique la méthode de la décharge contrôlée des ordures provenant des centres urbains importants de façon à supprimer radicalement tous les inconvénients des décharges brutes. Les décharges ont un aspect

repoussant, elles génèrent des odeurs, des fumées et des poussières pouvant être transportés par les vents. Elles engendrent des pollutions aussi bien du sous sol que des eaux, et le risque d'incendie peut en effet se déclarer spontanément et est très difficile à éteindre. 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.

I-4-1-2-Principe de la mise en décharge contrôlée [2]

Les résidus sont répandus par couches successives d'épaisseur modérée, (environ 2 mètres), toute nouvelle couche n'étant 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.

Le dépôt, y compris les talus, étant ainsi réalisé par couches régulières, celles-ci doivent être dans un délai de 48 heures et mieux le jour même, recouvertes de terre ou d'un matériau approprié qui consiste la « couverture », l'épaisseur doit être de 10 à 30 cm .

I-4-1-3-Différents types de décharges contrôlées

Il existe quatre types de décharges contrôlées :

*** La décharge traditionnelle**

C'est la méthode d'origine. Les déchets sont amenés sur une plate forme par les véhicules de collecte.

Ce sont des bulldozers qui les poussent ensuite vers les talus en les tassant. On utilise comme couverture du sable ou d'autres matériaux à condition qu'il ne soit pas argileux. Cette couverture représente 25% du tonnage de déchets traités.

*** La décharge compactée**

L'accroissement des déchets ainsi que les grandes quantités d'emballage occupant des volumes importants ont conduit à tasser les déchets au maximum. On procède toujours par

couches successives d'environ 80cm d'épaisseur, tassées ou compactées, leur épaisseur peut être réduite à 40 cm voir même 30 cm. On place ainsi une couverture en qualité et en fréquence variant inversement avec les degrés de compactage, si celui-ci est simple (C'est-à-dire un roulage des déchets), la couverture doit s'étendre sur la totalité de la zone. Si le compactage est effectué à l'aide d'engins spécialisés, on peut se dispenser de couverture

S'il y a lieu de mettre en place une couverture, celle-ci ne représente de ce type de décharge qu'environ 10% du tonnage des déchets traités.

*** La décharge de déchets broyés**

La réduction de volume se fait dans ce type de décharge par broyage des déchets.

Le broyage réduit le volume des déchets d'environ 50 %; une fois broyés, les déchets présentent une structure homogène sous vide ayant l'aspect d'un terreau.

Les déchets ainsi traités sont étalés en couche de 50 cm d'épaisseur et leur tassement se fait naturellement avec la fermentation.

Une fois la couche stabilisée au bout de quelques mois et après légèrement aplanie la surface, on place une autre couche.

Cette méthode présente tous les avantages cités précédemment, en plus de la réduction notable du volume. Par contre, elle nécessite l'existence sur ou près de la décharge d'un poste de compactage.

*** Les décharges de déchets mis en cube**

Les déchets sont comprimés, ce qui engendre une réduction du volume et l'élimination de l'eau et de l'air contenu dans ces déchets. On confectionne ainsi des cubes, faciles à transporter et à entasser sur une décharge.

Le volume est ici réduit de 80%. Les cubes sont installés les uns sur les autres à l'aide de simples engins de manutention à fourche. Tous les trois mètres d'épaisseur, on étale une couverture de 10 cm pour réduire les émissions d'odeurs et les risques de pollution des eaux. Cette méthode est aujourd'hui largement utilisée aux USA, JAPON et en GRANDE BRETAGNE. Les terrains peuvent être, immédiatement après la fermeture de la décharge, récupérés à d'autres fins.

I-4-1-4-Le site de décharge

Pour autoriser l'installation d'une décharge, il faut accompagner tout cela par une étude d'impact sérieux qui doit faire ressortir l'état initial du site et son environnement, les effets du projet sur le site, les raisons de ce choix et les mesures à prendre pour compenser ou réduire les effets négatifs. On recense pour cela 3 classes de site. [6]

Tableau 2 : Les différentes classes de site

Classement	Classe 1 : site imperméable	Classe 2 : site semi perméable	Classe 3 : site Perméable
Coefficient de perméabilité (R)	$k < 10^{-9}$ m/s	$10^{-9} < k < 10^{-6}$ m/s	$k > 10^{-6}$ m/s
Caractéristiques	Migrations négligeables du lixiviat	Favorise la migration du lixiviat à faible débit	Migration rapide du lixiviat
Exemples	Ardoise, grés, marnes schistes argileux etc.	Milieux sablo argileux grés	Gravier, alluvions
Appréciations	Terrains favorables mais nécessitent de chaîner les affluents	Envisageable si le pouvoir épurateur du sol est suffisant	Risques de pollution des nappes et ils ne peuvent recevoir que des déchets Inertes

I-4-1-5-Récupération du biogaz

L'activité sur une décharge entraîne des dégagements de produits gazeux. Au fur et à mesure de la profondeur, les conditions deviennent anaérobies. Les micro-organismes, par des réactions d'oxydoréduction, oxydent une partie de la matière organique en dégageant du CO₂ et réduisent une autre partie pour produire du méthane (CH₄) ce mélange de CO₂ et CH₄ qui renferme environ 60% de méthane est appelé « biogaz », pour le récupérer au niveau d'une décharge on installe des stations de pompage.

I-4-2-Récupération-Recyclage-Valorisation

La récupération, le recyclage et la valorisation de certains déchets s'avèrent nécessaire, vu que les ressources naturelles ne sont pas inépuisables, de plus celles-ci diminuent la quantité de déchet à mettre en décharge et donc, un allègement du coût de cette élimination.

I-4-2-1-Récupération et substances récupérables

L'hétérogénéité des composants des déchets a de tout temps attiré les utilisateurs. 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 poursuivi par les entreprises de récupération. La récupération, en ce qui concerne les ordures ménagères, peut être effectuée à différents stades.

* Au niveau de la pré- collecte ou l'habitant trie lui même ses déchets afin de les évacuer dans certains lieux en vue de récupérer ce qui peut l'être.

* Au niveau de la collecte, il peut y avoir des services de collectes spéciaux c'est-à-dire des véhicules équipés de contenaires spéciaux ou encore l'apport par l'habitant dans ces contenaires a poste fixe. Les produits ainsi récupérés peuvent être envoyés directement vers le réutilisateur.

* Au niveau du traitement. La récupération des métaux ferreux et non ferreux peut être effectuée au niveau du tri avant leur futur traitement.

Les substances pouvant être récupérées sont les suivantes :

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

I-4-2-2-Le recyclage

Le recyclage consiste à utiliser les déchets d'un produit pour fabriquer le même produit (exemple : une bouteille abîmée est renvoyée au four de cuisson pour fabriquer d'autres bouteilles).

I-4-2-3-La valorisation [3, 5, 7]

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. Les valorisations les plus répandues concernent le recyclage du papier, du verre et du plastique.

I-4-3-Le compostage [3, 5, 7, 8, 9]

Le compostage est un procédé de traitement et de valorisation des ordures ménagères qui devrait être largement utilisé en Algérie.

I-4-3-1-Définition et procédés

C'est un procédé en anaérobie qui constitue en ensemble d'opération, par lesquelles on obtient, à partir d'ordures ménagères brutes, un composé appelé « compost » présentant les caractères de l'humus.

Cette méthode ne s'intéresse qu'aux constituants biodégradables contenus dans les déchets et qui implique que l'on doit éliminer auparavant ce qui est peu ou pas dégradables.

Les rendements de plus en plus élevés qui sont obtenus en agriculture tendent à épuiser les sols. Restituer aux terres cultivées la matière organique contenue dans les ordures ménagères est une façon d'écartier ce danger, tout en débarrassant les agglomérations de leurs déchets.

I-4-3-2-Déffirentes phases de fermentations

La dégradation de la matière organique en anaérobie suit plusieurs étapes :

* Phase de latente : Cette phase dure environ un jour, la température avoisine les 20°C. Elle correspond au temps nécessaire aux micro-organismes pour coloniser le milieu nouveau crée pour eux. C'est la période d'adaptation.

* Phase de croissance ou mésophile : Elle dure 15 heures. La température augmente progressivement de 20°C à 50°C. La chaleur et l'humidité font éclore les oeufs et laissent évoluer les larves qui entament le processus de dégradation.

*Phase thermophile : Elle est divisée en trois étapes.

-1^{ère} étape : elle dure 56h, la température varie de 50°C à 65°C. Il y a destruction des bactéries mésophiles, des œufs, des larves et des quelques gènes pathogène, avec apparition des gènes thermophiles.

-2^{ème} étape : elle dure 12 jours, la température augmente de 65°C jusqu'à atteindre 75°C. Durant cette étape, il y a destruction totale des germes pathogènes.

-3^{ème} étape : sa durée est de 15 jours, la température varie de 75°C à 45°C et l'on assiste à la destruction finale des germes pathogènes et des spores.

* Phase de maturation : Elle dure 20 jours, la température diminue jusqu'à atteindre 20°C. Elle correspond à une fermentation lente et plus favorable à l'humification c'est-à-dire la transformation, sous l'action des micro-organismes, de certains composés organiques en humus.

I-4-3-3-Influence des différents facteurs sur la fermentation

* L'humidité : La teneur en eau optimale pour l'obtention d'un bon compost se situe entre 50 et 55%. L'eau est nécessaire pour que puissent s'effectuer les échanges à travers les membranes cellulaires et que les enzymes secrétées puissent être actives.

* le rapport C/N : Le rapport C/N optimum se situe entre 25 et 35. Les 2/3 du carbone vont être brûlés au cours de la fermentation et libérés en CO₂ ; le tiers restant servira aux synthèses des protéines au même titre que l'azote.

* L'aération : Le processus ayant lieu en aérobie, l'apport en oxygène est donc primordiale. Pour pouvoir agir sur l'aération, on opère des retournements de la masse pour renouveler l'approvisionnement en oxygène.

I-4-3-4-Les différentes techniques du compostage

Avant de procéder au compostage, on fait subir aux déchets ménagers bruts un tri afin de disposer uniquement des produits fermentescibles. Ces produits fermentescibles sont ensuite envoyés vers une station de broyage afin de diminuer leur volume, et de les rendre plus accessibles aux micro-organismes.

Ces opérations effectuées, deux procédés s'offrent à nous pour la fermentation :

* Procédés à fermentation lente : Dans ce procédé, on dispose les déchets broyés en tas sur une aire préparée à cet effet. La fermentation s'effectue alors à l'air libre, elle subit donc les conditions climatiques.

* Procédés de fermentation accélérée : Celui-ci s'effectue dans une enceinte fermée où les facteurs extérieurs sont entièrement maîtrisés. On intervient sur les trois facteurs importants qui sont l'eau, l'air et le brassage. On utilise pour cela des équipements spéciaux qui sont des digesteurs ou des silos.

I-4-3-5-Aspect hygiénique et utilisation du compost

Le compostage transforme les déchets en un produit hygiénique, c'est la température élevée qui détruit les germes pathogènes.

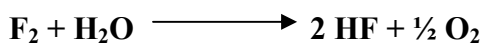
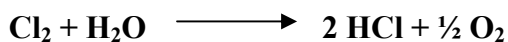
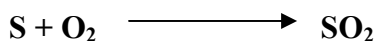
La fertilité d'un sol dépend de sa richesse en humus et c'est le complexe argilo humique qui, par sa structure et sa capacité d'échange, régule toutes les réactions et assure la disponibilité de l'eau et des éléments nutritifs pour les plantes. Le compost n'est rien d'autre qu'un humus, il va donc jouer le même rôle.

I-4-4-L'incinération [3, 5, 7, 8]

C'est un procédé de traitement qui se base sur la destruction des déchets par le feu.

I-4-4-1-Principes de l'incinération

Pour incinérer les déchets, on utilise des fours de grandes capacités. Au cours de la combustion ce sont surtout les éléments carbone et hydrogène, contenus dans les matières cellulosiques, qui interviennent, ainsi que ceux contenus dans d'autres substances chlorées, fluorées, soufrées... Pour obtenir une combustion, il faut un apport en oxygène, en vue de provoquer les réactions principales suivantes :



Tous les produits formés au cours de la combustion vont se retrouver dans les gaz d'échappements évacués par les cheminées.

I-4-4-2-Phases de la combustion

Le principe de l'incinération se déroule en trois phases :

- Phase de séchage ou de vaporisation de l'eau : elle permet d'éliminer l'eau contenue dans les ordures et ainsi d'arriver à la température d'inflammation.
- Phase de combustion : la combustion amorcée dans la phase précédente se produit, ne comprenant que le combustible, les inertes et les matières volatiles non distillées dans la phase de séchage.
- Inertes ou phase de fin de combustion : quand la combustion se termine, la grille se recouvre d'un mâchefer inerte (imbrûlé) et progressivement sombre au fur et à mesure que s'opère le refroidissement par soufflage d'air.

I-4-4-3-Aptitudes des ordures ménagères à l'incinération

Le procédé de traitement par incinération ne peut être envisagé qu'en fonction de la composition des ordures ménagères, celle-ci semble de prime abord variable à l'infini, mais peut être ramenée à trois constituants essentiels :

- Les produits combustibles : ils représentent de 15 à 50% du poids des ordures brutes. Ils regroupent les papiers, les cartons, les matières plastiques, les textiles, les cuirs, les caoutchoucs et les matières organiques diverses.
- Les produits non combustibles dits aussi inertes : ils représentent de 15 à 30% du poids des ordures brutes. Ce sont les matières minérales, les métaux, qui après combustion donne ce que l'on appelle " mâchefers ".
- L'eau : Son pourcentage varie de 25 à 65% et celui-ci influe de manière importante sur la combustion. Plus le pourcentage en eau est élevé, moins l'incinération comme procédé de traitement est envisageable. De plus, le procédé d'incinération est peu recommandé pour les déchets dont le PCI est inférieur à 1500 mth°/kg.

I-4-4-4-Procédés d'incinération

Trois procédés d'incinération existent à l'heure actuelle :

- Incinération à air : dans ce procédé, l'air est directement utilisé comme comburant. Ce procédé est le plus utilisable en pratique.
- Incinération en oxygène : dans ce procédé, le comburant utilisé est l'oxygène, ce qui nécessite des installations plus spécifiques, mais le rendement

thermique est plus élevé. Il présente de nombreux inconvénients difficiles à maîtriser et coûteux.

- Incinération – pyrolyse : c'est une décomposition de la chaleur en l'absence d'oxygène et sans pression contrôlée. Cette technique permet de valoriser les déchets en produisant des produits réutilisables tels que le brai (cendres que l'on peut transformer en charbon actif) et d'autres produits.

I-5-Différent types de pollutions engendrées par la décharge [10]

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

- La pollution chimique
- La pollution bactériologique
- La pollution atmosphérique

I-5-1-La pollution chimique

La 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+} , résultants 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. Le taux de pollution dépend de plusieurs facteurs :

- La nature des déchets.
- L'âge de la décharge.
- Les conditions de dégradations (T° , pluviométrie, pH).
- Le type de couverture.

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

I-5-2-La pollution bactériologique

Cette pollution résulte des micro-organismes qui se développent dans la décharge et qui peuvent être entraînés par infiltrations du lixiviat. Toutefois, sauf lessivage brutal du dépôt, que constituent les ordures ménagères.

A l'inverse de la pollution chimique, il semble que la pollution bactériologique soit limitée du fait de la lenteur de propagation des micro-organismes et de leur survie relativement courte. On peut observer toutefois, la présence de clostridium, coliformes et streptocoques fécaux dans le sol ou nappe.

I-5-3-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. Cette pollution peut-être accentuée par les fumées d'incendies qui se déclarent sur le site.

I-6-Processus de formation des matières polluants [10]

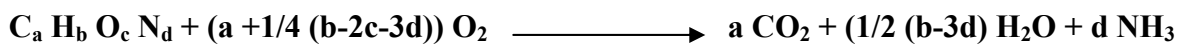
Après avoir été déchargée, la matière organique, contenue dans les ordures, se dégrade sous l'action métabolique des micro-organismes.

Cette dégradation peut se présenter sous deux formes :

- La dégradation aérobie.
- La dégradation anaérobie.

I-6-1-Dégradation aérobie

Au contact de l'air en quantité suffisante, une fermentation microbiologique naturelle se produit sous l'action d'une multitude d'espèces microbiennes qui sont présentes dans les déchets organiques ou dans le milieu naturel. Ainsi, la combinaison de matières organiques avec l'oxygène de l'air forme du gaz carbonique, de l'eau et de l'ammoniac.



La présence d'eau dans les ordures favorise la fermentation aérobie. C'est pourquoi un régime de pluie, régulier, mais modéré, peut compenser les pertes en eau par évaporation du dépôt et favoriser ainsi le processus de la fermentation aérobie.

I-6-2-La fermentation anaérobie

En l'absence d'oxygène, la dégradation des matières organiques est beaucoup plus lente que dans des conditions aérobies. Cette transformation qui nécessite la présence d'eau en quantité suffisante, engendre dans un premier temps des acides organiques (à l'origine d'odeurs nauséabondes) et dans un deuxième temps du gaz carbonique et du méthane. Le méthane est un gaz plus léger que l'air.

Ses caractéristiques en font un gaz qui a tendance à s'exhaler de la décharge. Au fur et à mesure de sa production, une légère surpression se crée et peut faire migrer le gaz vers le haut, mais aussi vers le fond et sur les cotés de la décharge.

Conclusion

Les ordures ménagères et les déchets industriels banals doivent être considérés comme un gisement des matières premières secondaires que les collectivités et les industriels ont le devoir de valoriser avec quatre objectifs complémentaires :

- préserver les ressources naturelles pour les générations futures,
- faire oeuvre utile pour l'environnement,
- créer de l'activité économique et de l'emploi,
- faire participer nos concitoyens à l'action collective mobilisatrice.

CHAPITRE II

Présentation de la décharge d'ouled fayet

II-1-Historique du projet [11]

L'explosion démographique et la surexploitation de la décharge publique de 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 de Ouled Fayet. Ce site, situé au lieu dit « Maison-Blanche », est à l'origine une terre agricole de domaine kouchi. Cette décharge était à l'origine une décharge sauvage, son emplacement n'ayant pas été étudié.

Le site de cette décharge publique a été retenu par 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 de Ouled Fayet en décharge contrôlée. Des études ont été confiées à plusieurs bureaux d'études (CNERU, ANRH, CTPP) au début de l'année 1985.

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

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 suivantes : 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.

Les travaux ont démarré en septembre 2000 et l'exploitation du premier casier a débuté en octobre 2002.

II-2-Situation géographique [12]

II-2-1-Localisation

Le centre d'enfouissement technique de Ouled Fayet est situé à 16 Km au sud Ouest d'Alger, et à 03 Km du chef lieu de la commune de Ouled Fayet. Il est compris entre la route nationale N° 36 reliant Alger à Boufarik, et le chemin de Wilaya N° 146 qui joint Chéraga, Ouled Fayet et Douéra.

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 Hassan, 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.

II-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.

II-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).

II-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.

Des analyses effectuées en 1987 par l'Organisation Nationale de Contrôle Technique des Travaux Publiques (C.T.T.P) sur la situation géotechnique du site, à savoir la reconnaissance du substrat (couche inférieure qui sert de base), consistent en :

- 11 sondages carrottés,
- 03 poses de piézomètre (instrument permettant de déterminer le taux de pression que l'on peut exercer sur un liquide),
- 16 essais de pénétration statiques exécutés jusqu'au refus.

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 inexistence 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 1 : l'ancienne décharge

Sur le site de l'ancienne décharge, aucune mesure n'a été prise pour protéger le sol des infiltrations. Les déchets sont déversés à même le sol, sans traitement, formant des foyers de prolifération de rongeurs, insectes et microorganisme dangereux (bactéries, parasites....).

II-3-Exploitation du Centre d'Enfouissement Technique de Ouled Fayet

Le centre d'enfouissement technique de 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.

Actuellement, 18 communes de la Wilaya d' Alger déversent au niveau du C.E.T de Ouled Fayet :

- | | | |
|---------------|---------------|----------------|
| -Chéraga | -Casbah | - Oued Koreich |
| -Ain Benian | -Hydra | - El Djamila |
| -Bouzaréah | -Bologhine | - El Biar |
| -Beni Messous | -Hammamet | - Dély Brahim |
| -Bab el Oued | -Zéralda | |
| -Draria | - Ouled Fayet | |
| -Douéra | | |
| -El Achour | | |

II-3-1-Type des déchets autorisés [11]

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

Les déchets non admis au C.E.T sont représentés dans la liste suivante :

- Les fluides de coupes,
- Les sels solubles,
- Les biocides,
- Les cyanures,
- Les huiles à base de PCB et les déchets contaminés par ce produit,
- Les produits explosifs,
- Les solvants organiques,
- Les produits radioactifs,

- Les pesticides,
- Les acides,
- Les bases,
- Les déchets d'amiante,
- Les déchets de peinture,
- Les produits pharmaceutiques,
- Les boues de tanneries et de teintureries,
- Les déchets septiques des hôpitaux.

II-3-2-Composition des déchets rejetés

Afin de déterminer la composition des déchets solides urbains rejetés dans le C.E.T d'Ouled Fayet, ils ont fait une enquête de terrain sur une période d'un mois (juin 2004), un échantillon représentatif de 100 kg a été extrait du troisième casier qui est en cours d'exploitation, ensuite un tri manuel et une pesée de chaque matière à part ont été effectués.

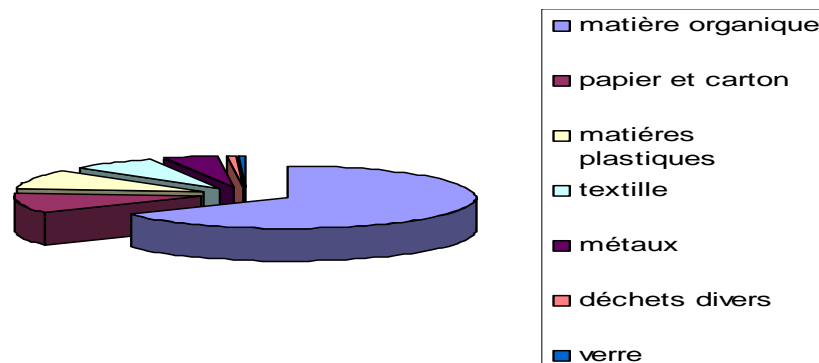


Figure 2 : La composition des déchets déversés au niveau du C.E.T d'Ouled Fayet.

Les résultats du tri en pourcentage de l'année 2004, en comparaison avec les résultats de Robert Gillet de 1983 et de l'ECC-EDIL de 1997 sont résumés dans le tableau suivant :

Tableau 3 : composition des déchets rejetés dans le C.E.T d'Ouled Fayet.

	R.Gillet 1983	ECC-EDIL 1997	Résultats de 2004
Matières organiques	80	79,05	65,9
Matières plastiques	3,1	8,2	10,3
Papiers et cartons	7,5	5,72	10,6
Métaux	4,9	0,84	4,7
Textiles	2,2	3,93	7,1
Verre	0,6	0,89	0,6
Déchets divers	1,7	1,37	0,8

D'après ces résultats, nous constatons que la matière organique prédomine toujours par rapport aux autres matières, et représente 2/3 des déchets générés par l'ensemble de la population de la région d'Ouled Fayet. Nous constatons aussi que les quantités de matières plastiques, du carton et papiers ont augmentées.

Le pourcentage élevé des matières organiques et l'augmentation de la quantité des matières plastiques, du cartons et papiers, nous orientent sur le mode de traitement des déchets à préconiser et sur les éventuelles récupérations, aux fins de recyclage des autres matières : plastique, papier, carton,....

II-3-3-Quantité de déchets rejetés dans le C.E.T [12]

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.

La quantité des déchets déversés au niveau du C.E.T du 22/10/2002(date du début d'exploitation) au 15/09/2004 est de 152182 tonnes.

Tableau 4 : quantité des déchets reçus au niveau du C.E.T d'Ouled Fayet.

Casiers	Période d'exploitation	Nombre de voyages	Capacité (m³)	Volume de déchets (m³)
Casier N° 01	Du 22/10/02 au 18/07/03	19588	130.000	86780
	Reprise du 01/01/04 au 31/03/04	10868		55305
Casier N° 02	Du 19/07/03 au 31/12/03	16518	80.000	77678
	Reprise du 01/04/04 au 07/06/04	5386		57304
Casier N° 03	Du 05/05/04 au 15/09/04	12463	1.000.000	57304
Total	Du 22/10/02 au 15/09/04	64823		304364

De plus de ces trois casiers le centre d'enfouissement a 2 autres casiers en cours de réalisation de capacité de 550.000 tonnes.

II-4-Imperméabilisation des casiers d'enfouissement [11]

Afin de renforcer l'imperméabilité du sol, et éviter toute infiltration vers le substratum, une géomembrane en polyéthylène haute densité a été posée sur toute la surface des casiers d'enfouissement (base et paroi).

II-4-1-Géomembrane

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 suivante :

- 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 du sel ; elle peut être en contact avec l'eau potable. Elle se dissout seulement dans quelque solution 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. Une densité de 26 défauts par hectare (valeur haute) a été mesurée dans le fonds de décharges, et les débits de fuites des lixiviats au niveau de ces perforations peuvent être importants.

La géomembrane se présente sous forme de lés – bandes – raccordés par soudage. La soudure des lés exige une technicité très poussée, en particulier pour le PEHD. Les interfaces doivent être propres et l'eau absente. La géomembrane en PEHD est également très sensible au variation de température. Si les lés sont soudés par temps chaud, lorsque la température s'abaisse, un phénomène de cisaillement s'exerce au niveau de la soudure et la géomembrane est mise sous tension. Les conditions idéales pour souder n'étant pas toujours réunies, les défauts de soudure s'avèrent assez fréquents.

Une géomembrane présentant des perforations, des soudures imparfaites, une mauvaise mise en oeuvre ne remplit pas son rôle de barrière étanche. Les lixiviats la traversent et atteignent la barrière de sécurité passive. Si la couche argileuse arrive à saturation, les

lixiviats pourront atteindre l'aquifère puis, à terme, contaminer les nappes d'eau souterraines. Pour tenter de limiter cette contamination, un système de drainage peut être mis en place sous la géomembrane pour recueillir le lixiviats.

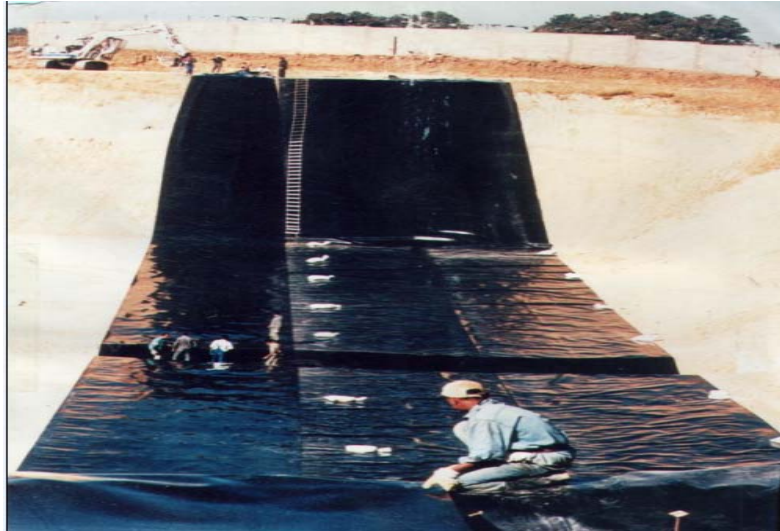


Figure 3 : la géomembrane.

II-4-2-Réseau de drainage des lixiviats

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 4 : 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.

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



Figure 5 : la couche de gravier.

Des buses perforées sont installées aux points bas des casiers, elles sont destinées au captage des lixiviats.

Les drains internes sont reliés à un système collecteur externe, celui-ci est relié au bassin de stockage des lixiviats situé à l'est du site.



Figure 6 : le bassin de décantation de lixiviats.

Les lixiviats subissent un traitement biologique avant leur rejet dans le réseau hydrique, mais le bassin ne fonctionne plus.

En effet ce dernier est constitué de 03 compartiments :

- **Compartiment 1** : C'est un bassin de décantation, pour retenir toutes les matières décantables,
- **Compartiment 2** : C'est un séparateur qui alimente le troisième compartiment en amont,

- **Compartment 3** : C'est un bassin de traitement par filtre bactérien. En effet, ce bassin est rempli de galets minéraux favorisant la formation de couches bactériennes. Ces bactéries ont un rôle dépolluant, qui consiste à rabattre la DCO/DBO, et d'éliminer les métaux lourds contenus dans les lixiviats.

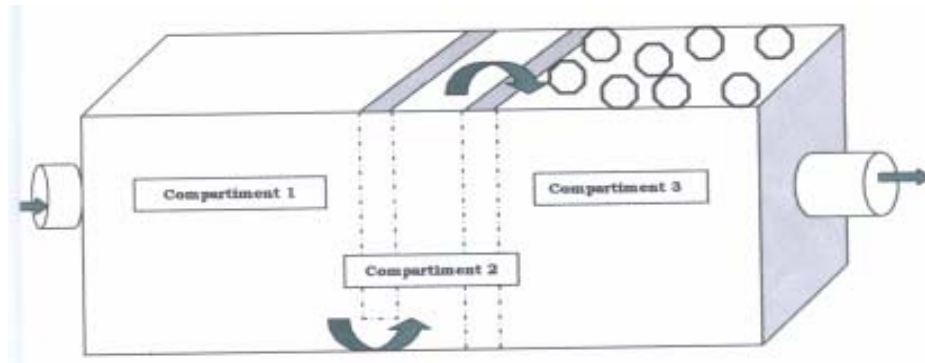


Figure 7 : Les différents compartiments du bassin.

II-4-3-Elimination des biogaz [13]

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

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.

Les buses et les tubes en PVC perforés sont posés au fur et à mesure de la surélévation de la hauteur des déchets, jusqu'à la limite naturelle du casier d'enfouissement.

Il est prévu par la suite, la pose de torchères de brûlage des biogaz, qui permettront l'élimination total de la pollution pouvant être causée par ces derniers.



Figure 8 : les buses

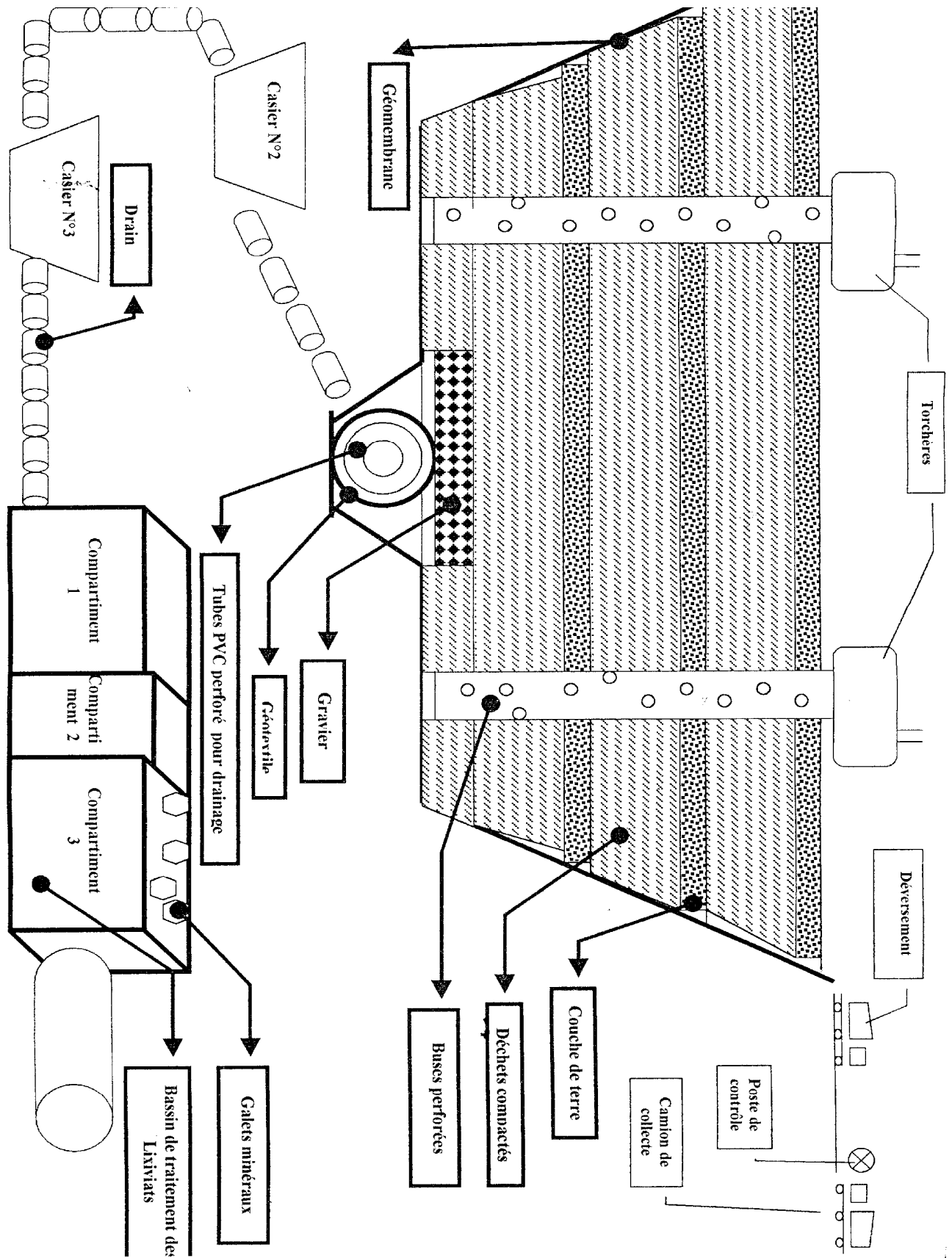


Figure 9 : Schéma de fonctionnement ;

CHAPITRE III

Généralités sur les lixiviateurs

Introduction

Les décharges contrôlées constituent le maillon final de toute filière d'élimination des déchets ménagers ou industriels. Elles complètent tous les autres modes de traitement pour en éliminer les résidus ou pour pallier les arrêts des unités industrielles de traitement des ordures ménagères.

De nombreuses recherches sont menées depuis plusieurs années en vue de mieux appréhender les phénomènes qui régissent l'évolution de ce réacteur biophysico-chimique, pour limiter les nuisances qui pourraient en résulter.

Les lixiviats en particulier constituent un vecteur essentiel de pollution, et doivent faire l'objet d'une surveillance particulière.

III-1-Définition

Par lixiviat appelé aussi lessivat ou percolât ou familièrement jus de décharge, on désigne l'eau qui a percolé à travers les déchets en se chargeant bactériologiquement et surtout chimiquement en substances tant minérales qu'organiques. Sa composition et son volume sont difficiles à déterminer a priori, car les décharges constituent un réacteur complexe évoluant spontanément. [14]

III-2-Mécanisme de formation

La formation des lixiviats met en jeu une grande variété de phénomène.

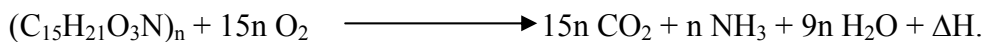
- L'évolution du pH, du pouvoir tampon, de la salinité et du potentiel d'oxydo-réduction de la solution percolant à travers les déchets. Il en va de même de l'influence de la porosité de la partie solide et de son état de surface, sur la cinétique globale du phénomène.
- Au niveau biologique, des processus aérobie et anaérobie se superposent. Les métabolites produits (acides aminés, acides gras volatils, aldéhydes, carbonates, bicarbonates, nitrates, ammoniums, sulfures.....), réagissent avec les autres déchets pour induire des phénomènes de :
 - Dissolution de minéraux en milieu acide.
 - Stabilisation d'ions minéraux à l'état dissous par effet de complexion.
 - Précipitation de sulfures et carbonates.

III-2-1-Aspect biologique

L'évolution de la partie organique des déchets mis en décharge est le résultat d'une évolution biologique. En général, la décomposition de la matière organique des déchets passe par trois phases de dégradation.

III-2-1-1-La fermentation aérobie

Les microorganismes aérobies présents dans les déchets amorcent la dégradation aérobie suivant la réaction :



Où $(C_{15}H_{21}O_3N)_n$ représente la formule globale de la matière putrescible des décharges.

La production d'eau métabolique après oxydation totale par voie aérobie atteint environ 330 litres par tonne de matière sèche. Mais cette quantité d'eau est facilement éliminée par évaporation dans la mesure où la température d'équilibre est de 40 à 60 °C et peut atteindre 70 °C.

Cette phase est souvent appelée thermophase pendant laquelle l'eau, riche en CO_2 , dissout les sels solubles tels que NaCl, qui sont présent dans les ordures.

III-2-1-2-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 CO_2 et d'acides organiques (acides gras volatils).

Donc il y a abaissement du pH et augmentation de la demande chimique en oxygène (DCO).

III-2-1-3-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 quatre étapes :

- * L'hydrolyse de la matière organique
- * L'acidogénèse
- * L'acétogénèse
- * La méthanogénèse

La figure suivante illustre les diverses étapes de la dégradation anaérobie.

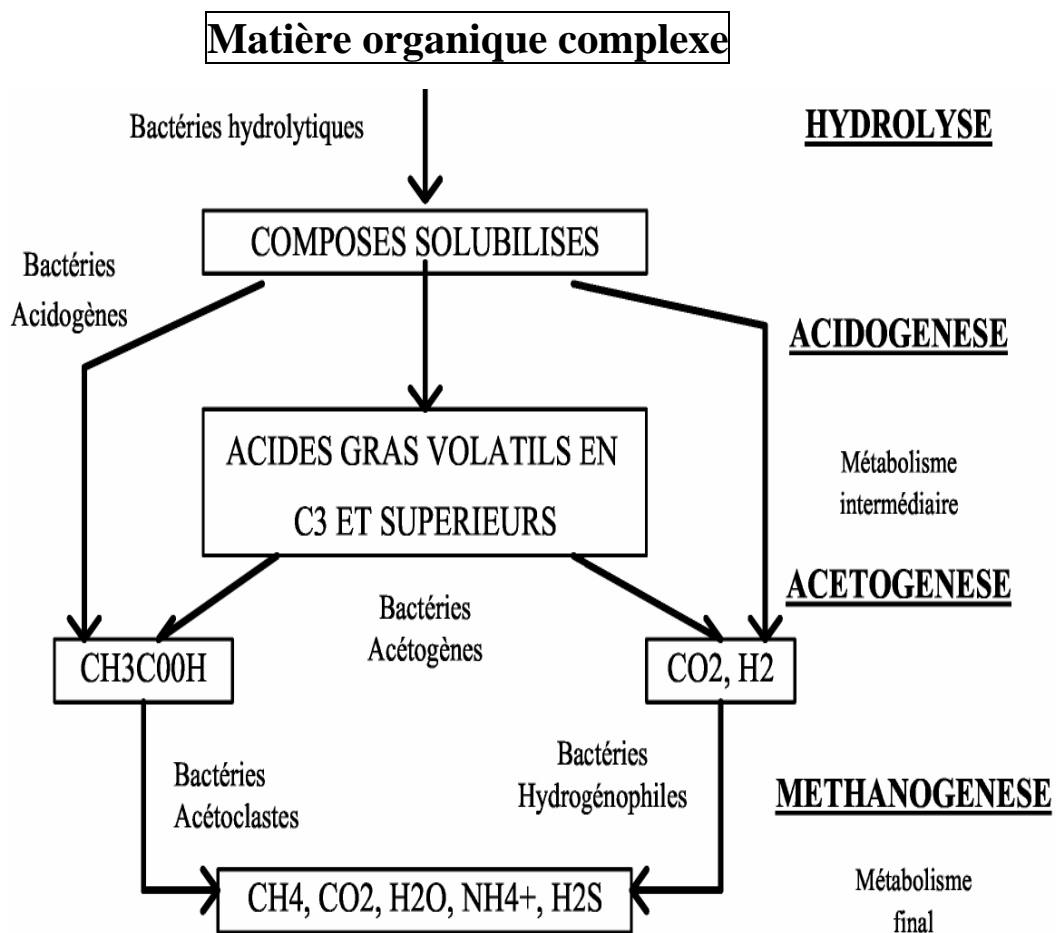


Figure 10 : Les diverses étapes de la dégradation anaérobie. [15]

a)-Phase d'hydrolyse

Au cours de cette phase les longues chaînes des matières organiques sont attaquées, notamment par divers enzymes produits par les bactéries elles mêmes. Le stade final sera un mélange de sucres simples, d'acides aminés ou gras solubilisés.

Cette phase se déroule en anaérobiose partielle.

b)-Phase d'acidogénèse

D'autres bactéries transforment, les produits finaux de l'hydrolyse :

- * Soit directement en acide acétique et acétates avec formation de gaz carbonique et d'hydrogène.
- * Soit en alcools et acides simples de la série grasse, acides gras volatils (butyrique, propénoïque, formique).

c)-Phase d'acétogénèse

Cette phase est le fait d'organismes anaérobies. Les acides gras et alcools formés au stade précédent sont transformés en acétates, gaz carbonique et hydrogène.

d)-Phase méthanogénèse

Elle est strictement anaérobie. Au cours de laquelle l'acide acétique et le méthanol sont transformés en gaz carbonique et en méthane. Le biogaz ainsi formé, comprend entre 45% et 60% de méthane, entre 35% et 50% de gaz carbonique, le reste étant constitué d'azote, de gaz sulfhydriques et de divers acides plus ou moins volatils et plus ou moins soufrés.

Dans une décharge cela se traduit par cinq étapes successives :

- *Phase1 : Mise en place des déchets, remplissage des alvéoles.
- *Phase2 : Passage progressif en anaérobiose, chute du potentiel rédox, augmentation progressive de la charge organique.
- *Phase3 : Acidogénèse, chute du pH, complexation des espèces métalliques, charges organique très élevées.
- *Phase4 : Méthanogénèse, remontée progressive du pH, diminution de la charge organique, production importante de gaz.
- *Phase5 : Maturation finale, stabilisation du gaz.

III-2-2-Aspect physico chimique

Les lixiviats comprennent outre les résidus de l'activité bactérienne, un ensemble de substances qui peuvent réagir les uns avec les autres, l'étude de ces phénomènes dépend de :

- * La nature de déchets mis en décharge (difficile à connaître avec précision).
- * Le pH.
- * L'état de division des déchets.

* L'état de surface des déchets.

*la vitesse de percolation des eaux.

III-3-Conditions influençant la biodégradation de la matière organique

III-3-1-Les nutriments

Les proportions réactives en carbone, azote et phosphore du milieu influent directement sur les processus de dégradation aérobie et anaérobie et donc sur la production du gaz.

Ainsi, si le rapport C/N est trop grand ($C/N > 35$), la décomposition est lente par déficience en azote, par contre, si le rapport C/N est faible ($C/N < 5$) l'azote est libéré sous forme d'ammoniac. Le pourcentage de méthane est élevé et la production de gaz est maximale si C/N est égal a environ 30. [16]

Une déficience du phosphore empêche le développement des bactéries est inhibe la fermentation [17]. Très peu de phosphore est retrouvé dans les lixiviats car il précipite facilement avec les ions métalliques multivalents, en formant des précipités stables et insolubles.

III-3-2-Le pH

Le pH a un rôle important dans le développement des microorganismes et par conséquent, la production du biogaz. Ainsi une acidification poussée du milieu, peut inhiber complètement la phase acétogène, ce qui implique une grande activité des microorganismes intervenant dans la phase acidogène. [18]

La tendance à l'acidification du milieu est due à la formation et l'accumulation en quantité importante d'acides gras volatils, lors de la phase acidogène. La figure si dessous montre l'influence de la concentration en acides gras volatils sur la variation du pH. [19]

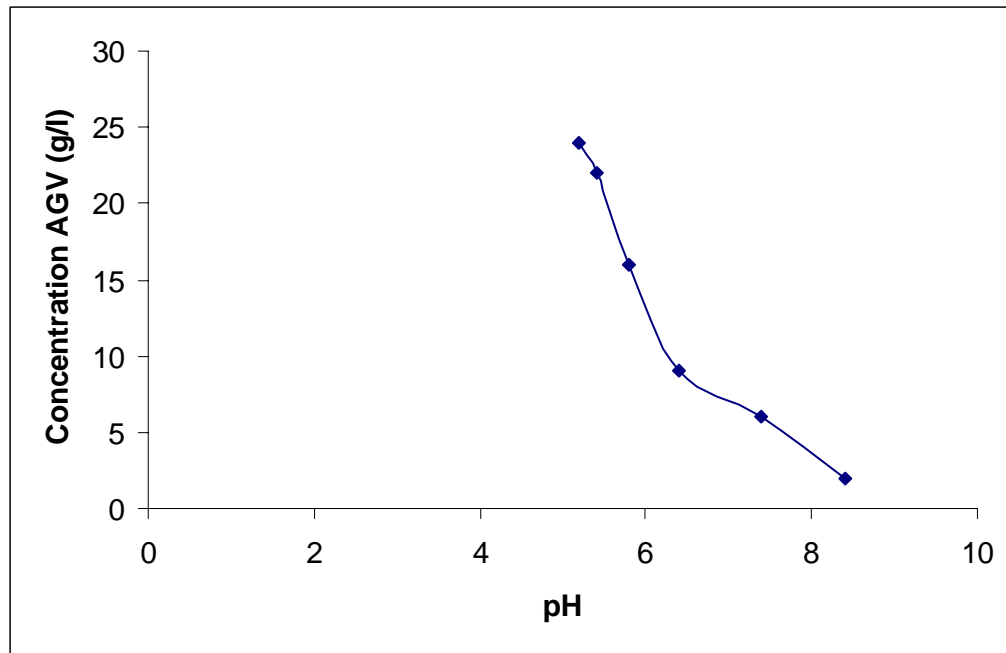


Figure 11 : l'influence de la concentration en acides gras volatils sur la variation du pH.

III-3-3-Potentiel redox

Dans la décharge, l'accès de l'oxygène atmosphérique, diminue en fonction de la hauteur des déchets, donc il y a passage progressif d'un milieu aérobie et oxydant à un milieu toxique, puis au milieu strictement anaérobie et réducteur.

Les lixiviats de décharge représentent en général un milieu réducteur.

III-3-4-La température

L'activité enzymatique des bactéries dépend étroitement de la température. Ainsi au dessous de 5 °C, il y a presque un arrêt total de l'activité bactérienne, et au dessus de 65 °C les enzymes sont détruits par la chaleur. [20]

En climat froid, l'activité biologique sera plus lente qu'en climat chaud.

III-3-5-L'humidité

Un taux d'humidité trop important conduit à une hydrolyse excessive des déchets, se traduisant par une accumulation trop importante d'acides gras volatils qui font baisser le pH et inhibent la méthanogénèse. Ces acides gras volatils restent alors dans le lixiviat et leur taux élevé peut atteindre une charge encore plus importante lorsque le contact entre l'eau et les déchets est intime et le temps de contact est long.

III-4-Les inhibiteurs

Ils entrent en action surtout dans la digestion anaérobie, leurs effets varient avec leurs concentrations, les principaux inhibiteurs sont :

III-4-1-Les alcalins et les alcalino-terreux

Ils sont souvent rencontrés au sein d'une décharge.

Le tableau ci-dessous montre l'échelle de toxicité de certains éléments

Tableau 5 : Echelle de toxicité de certains éléments.

Ions (mg/l)	Stimulateur	Légèrement inhibiteur	Toxique
Na ⁺	100-200	3500-5500	8000
K ⁺	200-400	2500-4500	12000
Ca ⁺⁺	100-200	2500-4500	8000
Mg ⁺⁺	75-150	1000-1500	3000

III-4-2-Les métaux

En général les métaux lourds se trouvent, dans les décharges sous forme de composés insolubles ou peu solubles (hydroxydes, carbonates, sulfures, phosphates). Ainsi par exemple dans la zone où il y a réduction du Fe (III), on observe une diminution de réduction des sulfates de 86 à 100% qui s'accompagne aussi par la production du méthane ; chose qui s'explique par une limitation du substrat, car le potentiel de réduction des sulfates et production du méthane se trouvent emmagasinés dans un excès d'hydrogène et d'acétates qui en présence de Fe (III), deviennent principales donneurs d'électrons pour sa réduction. [21]

A l'échelle du laboratoire sur un digesteur anaérobie, on a obtenu une inhibition de 20% de la méthanogénèse, pour les teneurs suivantes : [22]

Ni ²⁺	200	mg/Kg de matière sèche.
Cd ²⁺	2200	mg/Kg de matière sèche.
Cu ²⁺	2700	mg/Kg de matière sèche.
Zn ²⁺	3400	mg/Kg de matière sèche.

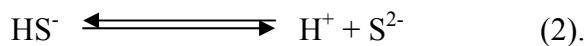
III-4-3-Sulfures

Les sulfures résultent de la réduction des sulfates.

L'équilibre entre H₂S dans la phase gazeuse et H₂S libre en solution dépend de la loi de

HENRY : [23]

H₂S en solution se comporte comme un acide faible et se dissocie comme suit :



A pH de neutralité et dans les conditions d'anaérobiose, seulement la dissociation H₂S est importante.

En présence de forte concentration en sulfate (> 5 g/l), il y a inhibition de la méthanogénèse à cause de leur toxicité (en forme de sels).

III-4-4-L'ammoniac

La teneur en azote total (azote ammoniacal et organique) doit être suffisamment importante pour assurer le métabolisme bactérien (C/N varie de 20 à 30). Le NH₃ produit lors de la dégradation de la matière organique en anaérobiose se trouve sous forme de NH₄⁺ qui en très fortes concentrations devient un facteur limitant de la croissance bactérienne :

- * 50 - 200 mg/l : Effet bénéfique pour le développement.
- * 200 - 1000 mg/l : Effet indifférent.
- * 1500 - 3000 mg/l : Effet inhibiteur.
- * > 3000 mg/l : Effet toxique.

III-4-5-Les hydrocarbures chlorés

Le chloroforme est celui par lequel des faibles concentrations, arrivent à inhiber jusqu'à 20% la production du gaz.

III-5- Caractérisations des lixiviats

La difficulté d'avoir un échantillon représentatif des déchets, de la charge minérale et organique de ces solutions, fait en sorte que l'on obtient plutôt des ordres de grandeurs que des valeurs strictes.

Nous résumons les valeurs moyennes de certains paramètres physico-chimiques d'un lixiviat de décharge dans le tableau ci-dessous :

Tableau 6 : Caractéristiques physico-chimiques moyennes d'un lixiviat moyen. [15]

pH	6,1	
DCO DBO ₅ COT	5000 mg/l 2500 mg/l 1700 mg/l	Pollution organique
Na ⁺ , K ⁺ Ca ⁺⁺ , Mg ⁺⁺ Cl ⁻ , SO ₄ ⁻ P Total	3000 mg/l 2000 mg/l 5000 mg/l 700 mg/L	Pollution saline
Fe ⁺⁺ Mn ⁺⁺ Zn ⁺⁺ Autres métaux CO, Ni, Cu, Cr,Pb, As, Hg	900 mg/l 25 mg/l 10 mg/l < 10 mg/l	Pollution due aux métaux lourds
MES totales Couleurs Odeurs	500 mg/l Noir Fétide	Pollution environnementale

III-6-Evolution de la qualité des lixiviats au cours de temps

Normalement, les lixiviats au cours du temps, vont refléter l'évolution de la charge, cependant d'autres déchets sont ajoutés au fur et à mesure.

Les courbes ci-dessous donnent une bonne idée de l'allure générale de ces phénomènes.

Deux éléments sont à noter :

- Le rapport DBO_5/DCO , qui caractérise le caractère organique d'un milieu est supérieur à 0,5 pour les jeunes décharges et décroît jusqu'à 0,05 pour les anciennes.
- Si à la longue, la DBO_5 peut atteindre des valeurs presque nulles, il n'en est pas de même, de la DCO qui reste notable, de l'ordre de gramme par litre. [15]

Evolution de la DCO au cours de temps

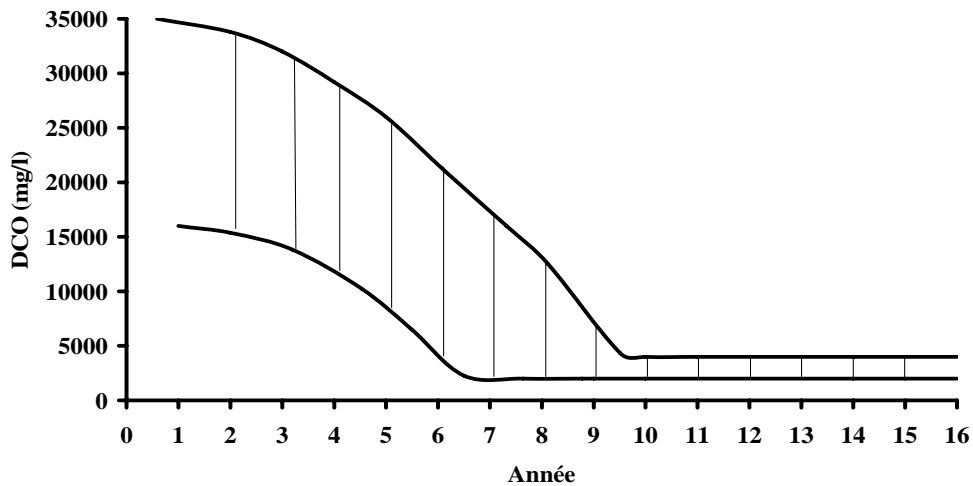


Figure 12 : Evolution de la DCO au cours du temps.

Evolution de la DBO_5 au cours de temps

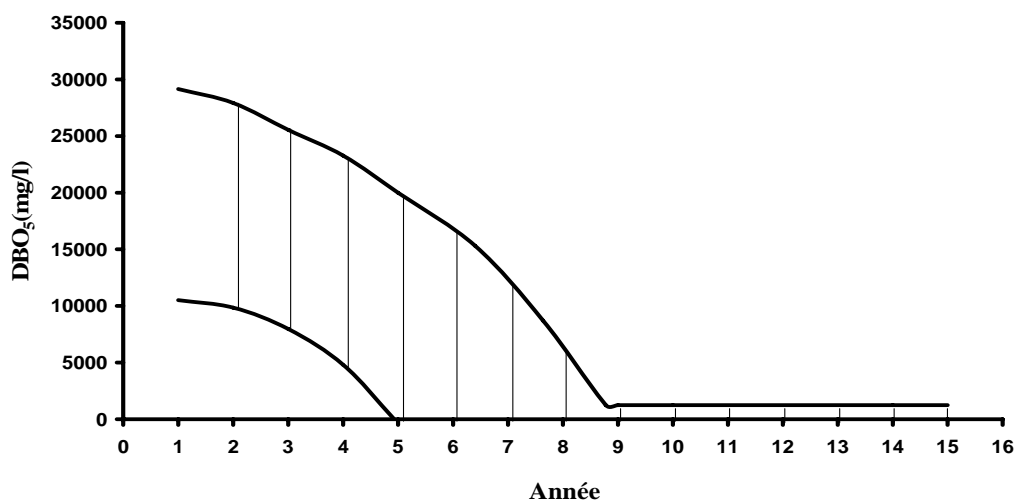


Figure 13 : Evolution de la DBO_5 au cours du temps.

D'après N. MILLOT, les lixiviats sont classés en trois grandes familles : **[15]**

III-6-1-Les lixiviats jeunes

Qui présentent :

- Une charge organique élevée (DCO > 20 g/l).
- Une biodégradabilité moyenne (DCO/ DBO₅ < 3).
- 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 2 g/l)
- Forte concentration en AGV dans les charges organiques et relativement faibles des composés de haut poids moléculaire.

III-6-2-Les lixiviats stabilisés

Qui présentent :

- Une charge organique assez faible (DCO < 2 g/l).
- Une biodégradabilité très faible (DCO/ DBO₅ > 10).
- Une absence d'acides carboxylique.
- Un pH légèrement > 7.5.
- Une teneur en métaux faible.
- Forte concentration en composés de poids moléculaire élevé.

III-6-3-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 (DCO/ DBO₅ ~ 5).
- Un pH voisin de la neutralité.
- Une concentration en acide carboxylique, représentant 20 à 30% de la charge organique.

III-7-Formation du biogaz [14]

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 :

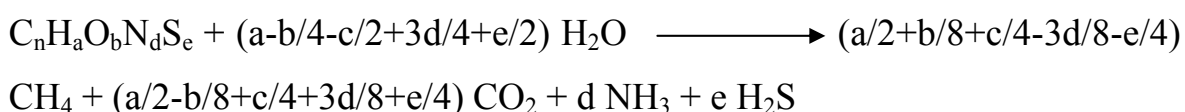
- CH₄ : 40 à 50% en volume ;
- CO₂ : 35 à 45% en volume ;
- N₂ : 5 à 15% en volume ;
- O₂ : 0 à 3% en volume ;
- Vapeur d'eau : saturé.

Le biogaz contient également des composés 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).

III-7-1-Evaluation de la production de biogaz d'un centre de stockage de déchets ménagers

L'approche stoechiométrique consiste à considérer la composition élémentaire des différents constituants des déchets, les produits finaux de la réaction globale étant principalement le méthane et le dioxyde de carbone. Cette approche a été employée dans de nombreux cas.

La quantité théorique de méthane produite par la dégradation supposée complète de chaque constituant est résumée par l'équation générale :



Une partie du carbone est convertie en biomasse. Cette fraction ne dépasserait pas 4% en masse et peut être donc négligée.

III-7-2-Elimination du biogaz

III-7-2-1-Combustion

Compte tenu de la composition du biogaz, le processus de combustion par torchère doit répondre à trois niveaux de performances :

- Réaliser un bon mélange : il faut que le méthane se mélange à l'oxygène de l'air de combustion dans les bons rapports ;
- Avoir une température de combustion suffisamment élevée pour le brûlage complet des hydrocarbures halogénés. Une température minimale de 900 °C est couramment admise ;
- Permettre une durée de brûlage suffisamment longue pour réaliser la conversion totale des hydrocarbures halogénés.

Il existe deux types de torchères : les torchères ouvertes et les torchères fermées munies d'une chambre de combustion :

Pour la torchère ouverte, la flamme est visible de l'extérieur et le bon déroulement de la combustion est constaté par l'inspection visuelle de cette flamme. Des points jaunes dans la flamme indiquent une combustion insuffisante.

Pour la torchère fermée, la combustion s'effectue dans une chambre de combustion, la flamme n'est pas visible de l'extérieur. La quantité de la combustion se mesure par le taux de monoxyde de carbone dans le gaz de combustion. Les avantages d'une torchère fermée par rapport à une torchère ouverte sont :

- La température de combustion est plus élevée et la durée de brûlage plus longue, la combustion est donc meilleure ;
- Les torchères fermées ne causent pas de nuisances visuelles la nuit ;
- Les émissions peuvent être mesurées.

III-7-2-2-Valorisation

Le biogaz, de par son contenu en méthane, est un gaz énergétique. Différents types de valorisation sont envisageables :

- La production d'électricité autonome : elle n'est valable que si le site a de gros besoins en électricité ;

- La revente d'électricité ;
- La purification du gaz en vue de l'utilisation comme carburant ;
- La production de chaleur ;
- La cogénération (production de chaleur et d'électricité) ;
- La vente du gaz (en vue d'une de ces utilisations).

Conclusion

Les lixiviats représentent une grande part de la pollution liée à une décharge.

Contrairement au biogaz, qui aisément dispersé dans l'atmosphère, les lixiviats, de part leur nature liquide, est une source concentrée de polluants.

Le plus grand risque lié à la production de lixiviat est la contamination de la nappe phréatique. Cela aurait pour conséquence de polluer les puits d'eau de consommation et donc de priver la population d'un élément vital à sa survie. Dans le même ordre d'idée, il est nécessaire de ne pas utiliser les lixiviats comme eau de consommation.

En cas de consommation d'eau polluée par les lixiviats, les risques encourus sont de graves intoxications pouvant entraîner des maladies irréversibles et la mort. Signalons également que la pollution des réserves d'eau potable par des micro-organismes pathogènes peut provoquer des épidémies.

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

CHAPITRE IV

IMPACT

DES LIXIVIATS SUR

L'ENVIRONNEMENT

Introduction [24]

L'étude d'impact c'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, faune ainsi que le paysage et la population. Elle doit envisager ou proposer des solutions pour minimiser certains effets prévisibles.

C'est un outil de prévention qui doit empêcher la pollution de l'environnement par des mesures appropriées dites préventives avant la réalisation d'un projet.

L'étude d'impact dresse un état initial de l'espace à aménager puis analyse les risques par rapport à l'aménagement ou l'usage prévu. Elle propose aux aménageurs et aux utilisateurs des conseils et des mesures de conservations ou compensation.

IV-1-Impact sur les eaux souterraines et de surface [25]

La détérioration de la qualité des ressources en eau constitue une menace aussi importante que celle liée à l'accentuation du déficit hydrique: les eaux de surfaces sont menacées du phénomène d'eutrophisation ; les cours d'eau demeurent à leur tour le réceptacle de rejets polluants de nature diverses ; les eaux souterraines, autrefois de bonne qualité, se trouvent actuellement menacées par diverses sources de pollution ponctuelle.

La percolation de lixiviat des déchets constitue, une source ou un vecteur de pollution des ressources en eau souterraines par infiltration, et superficielle par ruissellement pluvial.

IV-2-Impact sur le sol [26]

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 à travers des lentilles sableuses et de l'argile.

Des essais en laboratoire ont montrés 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.

A titre d'exemple: Les éléments Ca, Mg, Pb sont les plus retenus par la phase solide. L'infiltration d'un liquide ne dépend pas seulement de type de sol mais dépend aussi de type de liquides et les éléments chimiques qu'il contient, les résultats d'essais d'infiltration dans l'argile du Gault ont montré que les paramètres de transport sont influencés par le

type de liquide infiltré, les valeurs de la diffusivité et la conductivité hydrauliques dans la colonne où s'infiltré le lixiviat sont supérieures aux celles mesurées dans la colonne où s'infiltré l'eau.

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.

IV-3-Impact sur la flore [27]

La végétation environnante pourrait être altérée par les émissions de biogaz (CH_4 , CO_2), notons que la flore c'est la plus sensible aux émissions atmosphériques.

IV-4-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 (CH_4) et dioxyde de carbone (CO_2).

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.

IV-5-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 absorbé en quantité significative par des individus d'une population exposée, comme le cas des métaux toxiques contenus dans les déchets peut diffuser par lixiviation dans les sols puis dans les eaux souterraines.

Le métal également être absorbé par les plantes entrer par ce canal dans la chaîne alimentaire des composés cancérigènes tels que le benzène et les chlorures de polyvinyle

peuvent être également présent dans un cas comme dans l'autre, les risques sanitaires peuvent être grave.

IV-6-Impact des interférences sur les particules argileuses [28]

IV-6-1-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.

IV-6-2-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 a une contraction des particules argileuses lorsque l'eau interfeuillet est chassée en créant des minicanaux par lesquels les fluides s'écoulent plus rapidement et d'autre part a un agrandissement de la taille des pores de la matrice qui peut être constaté après passage continu de solutions plus ou moins corrosives.

IV-7-Influence de l'interaction entre le sol et les espèces inorganiques sur la composition finale du lixiviat

L'interaction entre le sol et les espèces inorganiques influent largement dans la composition finale du lixiviat.

IV-7-1-Comportement des ions

La nature des ions se trouvant dans le lixiviat est très importante ainsi plus la charge est grande plus l'ion est absorbé (par exemple Al^{3+} est plus absorbé que Mg^{2+} et Mg^{2+} plus que Na^+). D'autres part les ions de même valeur sont d'autant mieux absorbés que leur rayon est grand (K^+ est plus absorbé que Na^+ , Ca^{2+} , Br que Cl^-).

Ainsi la diminution de la concentration des métaux alcalins est provoquée par l'échange cationique de ces éléments avec l'argile et plus particulièrement avec la montmorillonite de calcium.

IV-7-2-Comportement des métaux lourds

Le comportement des métaux lourds est plus complexe que celui des ions.

En effet, la mobilité des métaux lourds dans les sols argileux est fonction, du pH de la solution dont dépendent les phénomènes de précipitation, de la force ionique de la solution qui entraîne ou non une compétitivité entre les différents cations et de la capacité d'échange cationique du matériau argileux. Ainsi l'atténuation de ces cations a lieu sous forme d'échange d'ion et d'adsorption.

CAMBELL et COLL ayant travaillé sur l'atténuation des polluants sur les argiles ont résumé dans le tableau suivant l'évolution des principaux métaux.

Tableau 7 : l'évolution des principaux métaux. [28]

	Cuivre (Cu)	Zinc (Zn)	Cadmium (Cd)
Conditions d'adsorption maximum	pH = 6 Par le sol le plus acide et argileux	6.3 < pH < 7.1 Pour le sol le plus acide est argileux	4 < pH < 5 Forte mobilité dans les sols acides et argileux la compétition est plus marquée pour Cd avec Al et Mn.
Influences des autres cations sur l'adsorption de l'ion.	pH < 5 Pas d'influence du Zn et du Cd pH = 8 diminution de l'adsorption du Cu en présence de Zn et Cd	A bas pH Cu et Cd diminuent l'adsorption du Zn.	Adsorption plus faible en présence de Cu et Zn.
<p>Le Cu s'adsorbe préférentiellement et sa présence inhibe l'adsorption du Zn et Cd. Diminution générale de l'adsorption à pH > 7 parallèlement, formation de complexe organométalliques stables, plus facilement en présence de Ca (CH₂) que de NaOH qui disperse plus aisément la matrice organique.</p>			

A priori, les réactions sol / lixiviat semblent être bénéfiques quant à la composition finale du lixiviat puisque certains polluants tels que les métaux lourds et certains éléments traces, sont retenus par les argiles et disparaissent de la composition du lixiviat. [29]

Cependant, cette atténuation des polluants et le degré de mobilité dans le sol sont limités par la saturation de l'argile dans sa capacité d'échange cationique et anionique. En effet, lorsque les argiles n'offrent plus de possibilité d'échange d'ions, les polluants ne réagissent plus avec le sol et restent donc dans le lixiviat.

Ainsi selon GRIFFIN et ALL (1976) [30], on peut distinguer grossièrement quatre groupes de polluants en fonction de leur possibilité d'atténuation et de réaction avec le sol de la décharge et que l'on retrouvera donc dans la composition finale du lixiviat.

Tableau 8 : Groupes de polluants en fonction de leur possibilité d'atténuation

Les groupes	Degré d'atténuation	Métaux
1er groupe	Forte atténuation de polluant	Pb, Zn, Cd, Hg.
2ème groupe	Atténuation moyenne du polluant	Fe, Si, K, NH_4^+ , Mg.
3ème groupe	Faible atténuation du polluant	Na, Cl, matières organiques solubles.
4ème groupe	Phénomènes de largage	Mn, Ca.

Il faut toutefois signaler que dans le cas des lessivats à forte concentration en produits organiques, c'est-à-dire la fraction liquide appartenant au déchet lui-même, ces phénomènes d'échange et d'adsorption deviennent moins importants.

IV-7-3-Type de pollution sur l'homme et l'environnement**IV-7-3-1-Le chrome****a)-Effet biologique sur l'homme**

Le chrome hexavalent est responsable de dommages aux voies respiratoires (ulcération de la muqueuse nasale, perforation du septum, cancer des voies pulmonaires et à la peau).

Le chrome trivalent étant moins dangereux, son effet étant principalement une forme de dermatite. [31]

La dose mortelle la plus faible de bichromate de potassium est de 0,25 à 0,3 mg/l. [32]

b)-Effet biologique sur les algues et les plantes aquatiques [31]

Le chrome hexavalent a un effet inhibiteur sur la photo synthèses des algues. La dose nécessaire pour réduire la photo synthèse de 50 % en quatre jours est estimée à 5 mg/l.

c)-Effet biologique sur les micro-organismes

Les bactéries sont moins sensibles que les algues, dans les cas les plus défavorables de l'ordre de 8 mg/l pour le chrome hexavalent et de 20 mg/l pour le chrome trivalent.

Le chrome peut gêner la bonne marche d'une station d'épuration. Une concentration en chrome hexavalent de 5 mg/l peut réduire l'efficacité de l'épuration dans un bassin d'aération de 50 % mais elle n'est réduite que 20 % pour la même concentration en chrome trivalent. [31]

IV-7-3-2-Le fer**a)-Effet biologique sur l'homme**

Le fer intervient au niveau du métabolisme des mammifères particulièrement pour la synthèse de l'hémoglobine.

La toxicité du fer pour l'homme est inexistante. [33]

b)-Effet biologique sur les poissons

L'action du fer dissous réside essentiellement dans le fait que ce métal se dispose à l'état d'hydroxyde sur le mucus alcalin des branchies des poissons, et non seulement colmate mécaniquement les branchies, mais aussi les détériore par érosion. Une quantité de 0,9 mg/l à PH=6,5 – 7,5 à un effet mortel. [32]

c)-Effet biologique sur les végétaux

Le sulfate de fer subit dans l'eau et le sol une décomposition par hydrolyse et une oxydation ferrique dans le sol et un lessivage des sels de calcium et de potassium.

Ceci donne lieu à une acidification du sol, provoquant une disparition graduellement des diverses espèces de trèfle et les herbes douces, qui sont remplacées par des prèles des herbes acides et des mousses. [32]

IV-7-3-3-Le zinc**a)-Effet biologique sur l'homme**

La présence de zinc dans l'eau de boisson ne semble pas présenter d'effets toxiques pour l'homme, même pour des concentrations particulièrement élevées, mais peut donner un goût désagréable. [34]

b)-Effet sur les micro-organismes

Le zinc présente un effet toxique vis-à-vis des protozoaires et des bactéries, une concentration de zinc de 62,5 mg/l diminue de 50 % la DBO₅ des cours d'eau, et pour une concentration de 1 mg/l, le zinc a un effet de stimulation sur les bactéries nitrifiantes. [34]

c)-Effet sur les poissons

Ces derniers sont très sensibles au zinc, la concentration létale se situe entre 0,01 mg/l et 0,10 mg/l. [34]

d)-Effet sur les végétaux

Les sels de zinc détériorent l'appareil chlorophyllien des végétaux, la concentration qui influe sur la croissance en longueur des végétaux se situe entre 2 et 3 mg/l. [34]

I-9-3-4-Les phosphates**a)-Effet sur les algues**

Le phosphore joue un rôle important dans le développement des algues, mais à fortes concentrations le phosphore devient un facteur inhibiteur de développement de certaines espèces d'algues.

Les phosphates causent le phénomène d'eutrophisation. [35]

b)-Effet biologique sur les poissons

Les phosphates ont des effets nocifs sur certains poissons, avec une concentration et un temps de contact déterminés ; par exemple une concentration de 750 mg/l avec 96 h de contact est capable de tuer le genre de GAMBASIA. [32]

I-9-3-5-Les graisses et les huiles

Les graisses et les huiles ont des effets nocifs sur l'environnement. Elles contaminent les nappes phréatiques, empêchent l'accès de l'oxygène dans l'eau (dans le cas où elles existent sous forme de couche sur les eaux de surface), et elles détruisent le béton des stations d'épuration.

A une teneur supérieure à 500 mg/l dans les eaux résiduaires, les acides gras attaquent le béton. [36]

IV-8-Propagation de la pollution dans la nappe

L'estimation de la charge polluante produite par lessivage et qui migre dans la zone non saturée permet d'avoir une idée sur la charge polluante qui peut pénétrer dans la nappe (zone saturée) et qui peut se propager à sa surface, au niveau de la frange capillaire.

Dans cette zone il est difficile d'estimer la vitesse de propagation de l'eau car de nombreux paramètres interviennent comme la dilution dans la nappe, la propagation différentielle dans les strates les plus perméables et les variations d'anisotropie (variation des propriétés des sols selon la direction considéré) et de densité des sols. [37]

D'autres part, les caractéristiques de la nappe et surtout le sens de son écoulement jouent un grand rôle dans la propagation de la pollution.

Il est notamment intéressant de savoir si la décharge est située en amont ou en aval des points de captage d'eau, dans ce dernier cas les risques de contamination d'une zone d'alimentation ou de drainage de la nappe sont exclus.

Le comportement des lixivats en zone non saturée et saturée d'aquifères poreux peut se résumer ainsi :

- La biodégradation organique peut être considérable dans une décharge saturée. Les ions NH_4^+ persistent dans ces conditions les ions SO_4^{2-} et NO_3^- est réduits.
- L'eau souterraine oxygénée semble être bénéfique pour dégrader rapidement les composés (oxydations des sulfures et des ammoniums respectivement en sulfates et nitrates). [38]

Conclusion

Les lixiviats se chargent donc de polluants organiques, minéraux et métalliques et risquent ainsi de provoquer la pollution de la nappe phréatique.

Par leur caractère polluant, les lixiviats doivent être traités avant leur rejet éventuel en milieu naturel afin d'éviter la contamination des eaux souterraines. Des efforts permanents sont menés afin de doter les sites de stockage des déchets de drains pour capter les lixiviats avant de les traiter.

CHAPITRE V

TRAVAIL

EXPERIMENTAL

Le travail pratique consiste à caractériser l'eau de lixiviat du centre d'enfouissement de Ouled Fayet et de rechercher leurs effets éventuels sur les eaux de surface et souterraines à partir d'analyses physico-chimiques des lixiviats (eaux percolées à travers les déchets) prélevées sur le site.

V-1-Echantillonnage

Nous avons fait quatre prélèvements à différentes périodes dépendant de la disponibilité des laboratoires où sont effectuées les analyses. Les échantillons, ou encore lixiviat, sont prélevés à la température ambiante variant entre 18 et 25°C.

Echantillon 1 prélevé le 13 avril 2007, après une période pluviale.

Echantillon 2 prélevé le 21 avril 2007.

Echantillons 3 et 4 prélevés le 30 mai 2007.

V-1-1-Conditions requises pour la conservation des échantillons

Les conditions requises pour la conservation d'échantillons, afin d'obtenir des résultats fiables, sont résumés dans les tableaux ci-dessous :

Tableau 9 : Conditionnement pour l'analyse des éléments métalliques toxiques et indésirables

Paramètres à étudier	Nature du Récipient	Technique de conservation	Lieu de l'analyse	Durée de conservation
Manganèse, Zinc, Cuivre, Nickel, Plomb, Cobalt, Chrome total, et Cadmium	Polyéthylène	Filtration sur le lieu du prélèvement et acidification à pH<2	laboratoire	1 mois

Tableau 10 : conditionnement pour l'analyse des indicateurs de pollution organique.

Paramètres à étudier	flaconnage	Type de Conservation	Lieu de l'analyse	Durée de conservation	Observation
DBO₅	P ou V (le verre est préférable dans le cas de faible DBO ₅)	Réfrigération entre 2 et 5°C	laboratoire		
		Congélation a -20°C	laboratoire	1 mois	
DCO	P ou V (le verre est préférable dans le cas de faible DCO)	Réfrigération entre 2 et 5°C et maintien à l'obscurité	laboratoire	24h	L'acidification est particulièrement recommandée quand la DCO est du à la présence de matières Organiques
		Acidification à pH<2 avec H ₂ SO ₄	Laboratoire	2 jours	
		Congélation a -20°C	laboratoire	1 mois	
Azote ammoniacal et azote Kjeldahl	P ou V	Acidification à pH<2 avec H ₂ SO ₄ et réfrigération entre 2 et 5°C	Laboratoire	24h	

		réfrigération entre 2 et 5°C	Laboratoire	6h	
Nitrites	P ou V	Réfrigération entre 2 et 5°C	laboratoire		Cette mesure doit être effectuée de préférence in situ
Nitrates	P ou V	Acidification à pH<2 avec H ₂ SO ₄ et réfrigération entre 2 et 5°C	laboratoire	24h	Cette mesure doit être effectuée de préférence in situ
Phosphore total	P ou V		laboratoire	24h	
		Acidification à pH<2 avec H ₂ SO ₄	laboratoire	Plusieurs mois	
Graisses, Huiles Hydrocarbures	Verreries lavés aux solvants	Acidification à pH<2, extraction sur place si possible	laboratoire	24h	Il est recommandé d'ajouter immédiatement après le prélèvement l'argent d'extraction utilisé par la méthode

V-2-Modes opératoires et résultats

V-2-1-Mesure du pH

a)-Principe

La différence de potentiel existant entre une électrode de Référence (calomel -KCL saturée) plongeant dans une même solution est une fonction linéaire du pH, La détermination du pH consiste donc à mesurer une différence de potentiel qui s'effectue à l'aide d'un dispositif appelé potentiomètre.

b)-Mode opératoire

- ❖ Prélever à l'aide d'une pipette une prise d'essai de 50 ml et l'introduire dans un bêcher propre.
- ❖ Rincer abondamment l'électrode avec de l'eau distillée.
- ❖ Placer le bêcher sous agitation magnétique.
- ❖ Introduire l'électrode dans la solution à analyser.
- ❖ Mettre en marche le potentiomètre.
- ❖ Lire la valeur affichée par le potentiomètre après stabilisation.

c)-Résultat

Tableau 11 : résultats obtenus pour le pH.

Echantillon	1	2
pH	8,95	8,83

Le pH présente une valeur moyenne de 9. Cette valeur favorise la précipitation des métaux lourds, il permet l'adsorption des métaux lourds par le sol et favorise ainsi l'autoépuration.

V-2-2-Les nitrates (NO_3^-)

a)-Principe

Le cadmium métallique contenu dans les gélules de réactifs réduit les nitrates présents dans l'échantillon en nitrite réagissant en milieu acide avec l'acide sulfurique pour former un sel. Ce sel réagit avec l'acide pour former un complexe coloré. L'intensité de la coloration est proportionnellement à la concentration en nitrates.

b)-Réactifs utilisés

Gélules de nitra ver 5.

c)-Appareillages de mesure

- ❖ Cellules en verre de 25 ml de capacité.
- ❖ Spectrophotomètre de type DR 2000.

d)-Mode opératoire

- ❖ Mettre en marche le DR 2000 en appuyant sur la touche POWER.
- ❖ Introduire le numéro de programme mémorisé pour le dosage des nitrates fortes concentrations.
- ❖ Presser 355 READ/ENTER. L'affichage indique REGLES nm à 500 tourner alors le bouton de réglage des longueurs d'ondes jusqu'à ce que l'affichage indique 500nm, presser alors READ/ENTER l'affichage indique mg/l N-NO₃⁻ H
- ❖ Prendre deux cellules en verre et remplir chacune d'elle de 25 ml d'échantillon.
- ❖ Verser le contenu d'une gélule de nitra ver 5 dans un des flacons, celui-ci constituera l'échantillon préparé le second servira de blanc.
- ❖ Presser SHIFT TIMER puis agiter pendant une minute le flacon, lorsque le minuteur sonne, presser à nouveau SHIFT TIMER, un temps de réaction de 5 minutes commence.
- ❖ Lorsque le minuteur sonne, l'affichage indique mg/l N-NO₃⁻ H, placer alors le blanc dans le puits de mesure et fermer le capot.
- ❖ Presser ZERO, l'affichage indique ATTENDRE puis 0.0 mg/l N-NO₃⁻ H.
- ❖ Effectuer alors la lecture, pour cela retirer d'abord le bouchon de l'échantillon préparé, puis le placer dans le puits de mesure et fermer le capot.
- ❖ Presser READ/ENTER l'affichage indique ATTENDRE puis le résultats en mg/l s'affiche.

e)-Résultat

Tableau 12 : résultats obtenus pour le nitrate.

Echantillon	1	2
N – NO ₃ ⁻ (mg/l)	2	3

V-2-3-Les nitrites (NO_2^-)**a)-Principe**

Pour les fortes concentrations, la méthode utilise le sulfate ferreux en milieu acide. Pour réduire les nitrites en oxyde nitreux, l'ion ferreux se combine avec l'oxyde Nitreux pour former un complexe brun- verdâtre dont la coloration est proportionnelle aux nitrites présents.

b)-Réactifs

Gélules de Nitrite ver 3.

c)-Appareillages de mesure

- ❖ Cellules en verre de 25ml de capacité.
- ❖ Spectrophotomètre de type DR 2000.

d)-Mode opératoire

- ❖ Mettre en marche le DR 2000 en appuyant sur la touche POWER.
- ❖ Introduire le numéro de programme mémorisé pour les nitrites de fortes Concentration.
- ❖ Presser 373 READ/ENTER, l'affichage indique régler nm à 585.
- ❖ Tourner le bouton de réglage des longueurs d'ondes jusqu'à ce que l'affichage indique 585nm.
- ❖ Presser : READ/ENTER l'affichage indique mg/l NO_2^- H.
- ❖ Prendre les deux cellules en verre et remplir chacune d'elle de 25ml d'eau à analyser ajouter le contenu d'une gélule de NITRI VER 2 dans l'une d'elle.
- ❖ Boucher le flacon pour dissoudre le réactif .cette cellule constituera l'échantillon préparé.
- ❖ Presser SHIFT TIMER, une période de réaction de dix minutes commence.
- ❖ Placer l'échantillon exempt de réactif dans le puits de mesure .lorsque le minuteur sonne l'affichage indique mg/l NO_2^- .
- ❖ PRESSER ZERO; l'affichage indique attendre puis 0, mg/l NO_2^- H.
- ❖ Retourner l'échantillon préparé deux fois puis placer dans le puits de mesure en ayant retiré auparavant le bouchon, fermer le capot.
- ❖ Presser READ/ ENTER l'affichage indique : ATTENDER puis le résultat en mg/l de nitrates s'affiche.

e)-Résultat**Tableau 13** : Résultats obtenus pour le nitrite.

Echantillon	1	2
N – NO ₂ ⁻ (mg/l)	50	0,0

V-2-4-Phosphore (PO₄³⁻)**a)-Principe**

Le phosphore dans les eaux naturelles et usées se trouve uniquement sous forme de phosphate.

La seule forme de phosphate susceptible d'être déterminée directement est l'ortho- phosphate. Toutes les autres formes requièrent un pré traitement pour les transformer en l'ortho- phosphate et les analyser.

L'ortho- phosphate réagit avec le molybdate en milieu acide pour produire un complexe phosphomolybdate. L'acide ascorbique réduit le complexe, donnant une coloration intense de bleu de molybdène.

b)-Réactifs

Gélules phos ver 3 contenant le molybdate et l'acide ascorbique.

c)-Appareillages de mesure

- ❖ Spectrophotomètre type DR/2000.
- ❖ Cellules en verre de 25ml de capacité.

d)-Mode opératoire

Mettre en marche le DR2000 en appuyant sur la touche POWER entrer le numéro de programme mémorisé pour le phosphate, presser : 490READ/ENTER. l'affichage indique REGLER nm à 890.

- ❖ Tourner le bouton de réglage de longueur d'onde jusqu'à ce que l'affichage indique ; 890nm.
- ❖ Presser READ/ENTER l'affichage indique mg/l PO₄³⁻ PV mg/l
- ❖ Remplir un flacon colorimétrique avec 25ml d'échantillon.

- ❖ Ajouter le contenu d'une gélule de réactif phos ver 3 au flacon (échantillon préparé.) agiter pour mélanger.
- ❖ Lorsque le minuteur sonne, presser SHIFT TIMER une période de réaction de 2 minutes commence.
- ❖ Remplir un autre flacon colorimétrique avec 25ml d'échantillon (le blanc). Le placer dans le puits de mesure .fermer le capot.
- ❖ Lorsque le minuteur sonne, l'affichage indique mg/l P PV. Presser : ZERO. L'affichage indique ATTENDRE.
- ❖ Placer l'échantillon prépare dans le puits de mesure et fermer le capot.
- ❖ Presser READ/ENTER. l'affichage indique ATTENDRE, puis le résultat en mg/l de PO_4^{3-} s'affiche.

e)-Résultat

Tableau 14: Résultats obtenus pour le phosphore.

Echantillon	1	2
N-PO_4^{-3} (mg/ l)	25,4	23,1

V-2-5-Azote ammoniacal (NH_4^+)

a)-Principe

Les composés ammoniacaux se combinent avec le chlore pour former le Monochloroamine, ce dernier réagit avec le salicylate pour former l'aminosalicylate.

Ce composé est oxydé en présence d'un catalyseur au nitroprussiate. Pour former un complexe de couleur bleu. La coloration bleue est masquée par la coloration jaune du réactif en excès pour obtenir la solution finale colorée en vert dont l'intensité est proportionnelle à la concentration en azote ammoniacale présente dans L'eau.

b)-Réactifs

- ❖ Réactif salicylate en gélules.
- ❖ Réactif cyanurate alcalins en gélules.
- ❖ Eau distillée.

c)-Appareillages de mesure

- ❖ Cellules en verre de 25ml de capacité.
- ❖ Spectrophotomètre de type DR 2000.

d)-Mode opératoire

- ❖ Mettre en marche le DR2000 en appuyant sur la touche POWER.
- ❖ Introduire le numéro de programme mémorisé pour l'azote ammoniacal.
- ❖ Presser 385 READE /ENTRE l'affichage indique régler nm à 655, tourner le bouton de réglage des longueurs d'ondes jusqu'à ce que l'affiche indique 655 nm.
- ❖ Presser READ/ENTER, l'affichage indique mg/l N-NH₃ Salic.
- ❖ Prendre deux cellules en verre et remplir l'une d'elle de 25 ml d'eau à analyser (l'échantillon préparé) et l'autre de 25 ml d'eau distillée (le blanc) .Ajouter le contenu d'une gélule de réactif salicylate dans chacune des cellules, boucher et agiter pour dissoudre.
- ❖ Presser alors SHIFT TIMER, une période de réaction de 3 minutes commence.
- ❖ Lorsque le minuteur sonne, ajouter le contenu d'une gélule de cyanurate alcalin dans les deux cellules, les bouchers et agiter pour dissoudre le réactif. Presser à nouveau SHIFT/TIMER, une période de réaction de 15 minutes commence.
- ❖ Lorsque le minuteur sonne, l'affichage indique mg/l N-NH₃ Salic.
- ❖ Introduire le flacon servant de blanc dans le puits de mesure et presser ZERO, l'affichage indique ATTENDRE puis 0,00 mg/l N-NH₃ SALIC.
- ❖ Placer l'échantillon préparé dans le puits de mesure après avoir retiré le bouchon, fermer le capot.
- ❖ Presser READ /ENTER ; l'affichage indique attendre puis le résultat en mg/l d'azote (N-NH₃) s'affiche.

e)-Résultat**Tableau 15:** Résultats obtenus pour l'azote ammoniacal.

Echantillon	1	2
N – NH ₄ ⁺ (mg/ l)	28,8	33,6

D'après les résultats que nous avons trouvés concernant les différentes formes d'azote, nous constatons que les eaux de lixiviats de la décharge de Ouled Fayet sont riches en azote et que l'azote prépondérant se trouve sous forme réduite (azote ammoniacal), parce que en aérobie la minéralisation est ralentie.

V-2-6-Demande chimique en oxygène (DCO)

a)-Principe

Le teste de DCO consiste en la mesure de l'oxygène équivalent à la quantité de matière organique oxydable par le dichromate de potassium $K_2Cr_2O_7$, dans une solution d'acide sulfurique à 50%. Un composé à base d'argent est ajouté comme catalyseur. Un composé mercurique est ajouté pour réduire les interférences dues à l'oxydation des ions chlorures par dichromate.

L'oxydation s'effectue à une température de $150^\circ C$ pendant deux heures, la lecture se fait par colorimètre. Pour la gamme de 0 à 1500mg/l (620nm), la coloration obtenue est verte, elle correspond à la quantité de chrome trivalent produite.

b)-Reaction



c)-Réactifs

- ❖ Tubes DCO (0 à 150mg/l) pour les fortes concentrations.
- ❖ Eau déminéralisée.

d)-Appareillages de mesure

- ❖ Pipette jaugée à 2ml.
- ❖ Adaptateur de tube DCO sur DR/2000.
- ❖ Portoir pour tube DCO.
- ❖ Réacteur à $150^\circ C$.
- ❖ Spectrophotomètre de type DR/2000.

e)-Mode opératoire

- ❖ Homogénéiser l'eau à analyser en agitant pendant deux minutes.
- ❖ Allumer le réacteur DCO préchauffer à $150^\circ C$.

- ❖ Retirer le bouchon d'un tube.
- ❖ Tenir le tube incliné à 45°, prélever 2 ml d'eau à analyser et les introduire dans le tube.
- ❖ Fermer hermétiquement le bouchon du tube.
- ❖ En tenant le tube par le bouchon au-dessus d'un évier, le retourner plusieurs fois.
- ❖ Placer le tube dans le réacteur.
- ❖ Préparer un blanc en remplaçant l'échantillon par de l'eau désionisée.
- ❖ Chauffer les tubes pendant 2 heures à $t^{\circ}=150^{\circ}\text{C}$.
- ❖ Eteindre le réacteur. Attendre environ 20 minutes le refroidissement des tubes à 120°C ou dessous.
- ❖ Retourner chaque tube plusieurs fois pendant qu'il est encore chaud.
- ❖ Placer les tubes sur un portoir. Attendre que les tubes soient refroidis puis on la lecture par le spectrophotomètre.

f)-Résultat

Tableau 16: Résultats obtenus pour la DCO.

Echantillon	1	2	3	4
DCO (mg/l)	35250	32050	5184	4800

Les deux premières analyses ont été faites aux niveaux du CRD (Centre de Recherche et de Développement de Sonatrach), les dernières analyses ont été faites aux niveaux de l'ONA (Office Nationale d'Assainissement).

Les résultats obtenus nous permettent de constater que nous sommes en présence d'une forte charge organique oxydable. En effet la DCO moyenne des différents échantillons est souvent supérieure à 5000 mg/l et atteint la valeur de 35250 mg/l. Cette forte DCO rencontrée est due à la fraction organique constituée d'acides gras volatils dégradables, et aux métabolites non biodégradables.

V-2-7-Demande biochimique en oxygène (DBO₅)

a)-Principe

En fonction de la valeur de la DCO mesurée et de la DBO₅ suspectée, il est introduit une quantité connue d'eau dans un flacon de mesure qui est relié au système manométrique, l'oxygène qui est absorbé par les micro-organismes pour dégager la matière organique, est

remplacé par l'air au dessus de l'échantillon dans le flacon. Le CO₂ produit est absorbé par la soude, la différence de pression est enregistrée au niveau de la tête en mg/l.

b)-Réactifs

Pastilles de soude caustique.

c)-Appareillages de mesure

- ❖ Incubateur.
- ❖ Agitateur.
- ❖ Bouteille en verre.
- ❖ Barreaux magnétiques.
- ❖ Bouchons munis d'une carte électronique.
- ❖ Télécommande.

d)-Mode opératoire

Tableau 17 : Détermination de La valeur de prise d'essai en fonction de la valeur de DCO.

Marge de DCO	Volume d'échantillon en ml
0 - 40	432
0 - 80	365
0 - 200	250
0 - 400	164
0 - 800	97
0 - 2000	43.5
0 - 4000	22.7

- ❖ Mesurer la prise d'essai et l'introduire dans le flacon brun.
- ❖ Introduire un barreau aimanté dans le flacon.
- ❖ Placer dans le col de la bouteille le support en caoutchouc qui contiendra deux pastilles en NaOH.
- ❖ Mettre le bouchon, sans le serrer.

- ❖ Enclencher l'agitation et pour équilibrer la température [20, 25] °C, agiter pendant une heure.
- ❖ Fermer la tête du flacon.
- ❖ Lancer l'analyse avec la télécommande.
- ❖ Noter le numéro de l'échantillon.
- ❖ Enregistrer quotidiennement la valeur de la DBO₅.

Après le cinquième jour, lire la nouvelle valeur de la DBO₅. Le résultat correspond à la consommation d'oxygène en mg/l (DBO₅ mg/l).

e)-Résultat

Tableau 18 : Résultats obtenus pour la DBO₅.

Code	1	2	3	4
DBO ₅ (mg/l)	645	>4000	900	1100

La DBO₅ qui exprime la fraction organique biodégradable est elle aussi considérable, surtout pour le deuxième échantillon. On constate aussi que l'évolution de la DBO₅ suit généralement celle de la DCO.

V-2-8-Rapport de biodégradabilité

Tableau 19 : Résultats obtenus pour le rapport DCO/ DBO₅.

Rapport	1	2	3	4
DCO/DBO ₅	55,55	< 08,00	05,74	04,34

La comparaison entre les différents résultats obtenus montre qu'il y a une différence entre le premier et les trois autres échantillons, pour ces derniers le rapport de biodégradabilité montre qu'il y a une pollution organique due à la forte charge organique par contre le premier échantillon indique qu'on a affaire à une pollution chimique.

V-2-9-Analyse des métaux lourds

a)-Absorption atomique

Pour le dosage des éléments métalliques à l'état de trace ou à faible concentration, l'absorption atomique reste sans conteste la méthode la plus adaptée.

Par ailleurs, il existe aussi en photométrie de flamme, la méthode d'émission atomique (torche de plasma) dont la précision est suffisante pour le dosage des alcalins et des alcalino-terreux.

b)-Résultat

Par manque de moyen, nous n'avons pas pu faire l'expérience permettant de détecter les métaux lourds mais une étude, effectuée l'année passée sur le même site [14], a donné les résultats représentés dans le tableau 20 et pour lesquels nous constatons un pourcentage en Fe et Pb dépassant les normes.

Tableau 20: Résultats obtenus pour les métaux lourds [14]

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

V-2-10-Dosage des hydrocarbures

a)-Mode opératoire

Après avoir mesuré le volume de l'échantillon et ajusté le pH à 5 environ, on introduit, dans un ballon un barreau magnétique, on ajoute 50 ml de Cl_4 et 5 g environ de NaCl par litre d'échantillon d'eau. On agite pendant 15 mn environ, on laisse alors décanter, on prélève la phase organique que l'on verse dans un flacon contenant du Na_2SO_4 anhydre. On le fait passer à travers un filtre contenant du florisil.

On recueille le solvant dans une éprouvette graduée, on note le volume recueilli, on remplit la cuve de 10 mm avec cet extrait et on l'introduit dans le compartiment échantillon de l'appareil pour analyse IR.

b)-Résultat

Tableau 21: Résultats obtenus pour les hydrocarbures.

Echantillon	1
Hydrocarbures (mg /l)	0,64

En comparant le résultat que nous avons trouvé avec les normes, nous constatons qu'il est inférieur à la valeur admissible.

V-2-11-Matière volatile en suspension (MVS)

a)-But de l'analyse

C'est de déterminer la teneur en matière volatile d'une boue afin de voir son rapport avec les matières minérales.

Ce facteur nous renseigne sur l'aptitude de la boue à se déshydrater.

b)-Appareillages de mesure

- ❖ Un four à moufle 550°C.
- ❖ Creuset en platine.
- ❖ Pince à creuset.

c)-Mode opératoire

- ❖ Peser le creuset à 105°C introduire une quantité de boue (papier filtre plein de MES) proportionnelle à sa concentration sera P1 en g.
- ❖ Incinérer 550° pendant 30mn.
- ❖ Refroidir le creuset et le pesé P2 en g.

d)-Résultat

Tableau 22 : Résultats obtenus pour les matières volatiles en suspension.

Code	1	2	3	4
MVS (%)	64,27	65,77	24,52	21,89

V-2-12-Matière en suspension (MES)

a)-Principe

L'eau est filtrée et le poids des matières retenues est déterminé par différence de pesée.

b)-Réactifs

Eau distillée.

c)-Appareillages de mesure

- ❖ Dispositif de filtration sous pression.
- ❖ Disques filtrants en fibre de verre.

d)-Mode opératoire

- ❖ Avant la pesée du filtre à vide, le laver à l'eau distillée puis le sécher à 100 – 105°C. Ce filtre est refroidi dans le dessiccateur puis on le pèse.
- ❖ Mettre en marche le dispositif de filtration sous pression.
- ❖ Verser la prise d'essai (≥ 100 ml) sur le filtre.
- ❖ Si l'eau à analyser est huileuse laver le récipient et le filtre avec un solvant organique (chloroforme).
- ❖ Sécher le filtre à l'étuve à 105°C pendant 30minutes.
- ❖ Refroidir le filtre au dessiccateur, puis peser.

e)-Résultat**Tableau 23** : Résultats obtenus pour les matières en suspension.

Code	1	2	3	4
MES (mg/l)	3980	4096	2216	2297

Les résultats trouvés sont très élevés. Ceci implique une mauvaise pénétration de la lumière ainsi qu'une mauvaise aération des lixiviats produits, et inhibe ainsi la photosynthèse qui va empêcher le travail des bactéries. Ils influent donc sur la biodégradabilité du milieu.

V-3-Interprétation

La décharge de Ouled Fayet a débuté en 2002, la composition des percolas évolue du stade des lixiviats jeunes vers celles des lixiviats stabilisés.

Les lixiviats présentent une température moyenne qui est en relation avec la température ambiante, puisque ceux-ci se trouvent en contact direct avec l'air.

Cette température favorise le développement des micro-organismes dans les lixiviats, elle intensifie aussi les odeurs des lixiviats.

La valeur moyenne trouvée du pH est de 9. Cette valeur favorise la précipitation des métaux lourds et permet l'adsorption de ces derniers par le sol. Elle favorise ainsi l'autoépuration.

Les lixiviats étudiés arboraient une couleur grise allant vers le noir, ceci doit être dû essentiellement aux matières en solution et à la présence de sulfure de fer dont le pouvoir colorant est élevé.

Les odeurs dégagées avaient une similitude avec celles “ des oeufs pourris “, due à la formation du gaz H_2S .

Les résultats obtenus nous permettent de constater qu'on est en présence d'une forte charge organique oxydable. En effet la DCO moyenne des différents échantillons est souvent supérieure à 5000 mg/l et atteint la valeur de 35250 mg/l. Cette forte DCO rencontrée est due à la fraction organique constituée d'acides gras volatils dégradables, aux métabolites non biodégradables.

La DBO_5 qui exprime la fraction organique biodégradable est elle aussi considérable, surtout pour le deuxième échantillon. On constate aussi que l'évolution de la DBO_5 suit généralement celle de la DCO. Cette importante charge est typique pour les lixiviats de décharge, qui peuvent atteindre 90000 mg/l pour la DCO et 28000 mg/l pour la DBO_5 .

Le domaine de variation des paramètres régissant la pollution organique dépend aussi bien de la nature de la décharge et son mode de gestion que de l'étape de fermentation que traverse la décharge.

Aussi il est important de s'intéresser au rapport DCO/DBO_5 qui, en évoluant dans le temps, indique le caractère organique d'un milieu et son degré de biodégradabilité. Il donne en outre, des informations sur la situation actuelle de la décharge.

La comparaison entre les échantillons montre qu'il y a une différence entre le premier et les trois autres échantillons, pour ces derniers le rapport de biodégradabilité montre qu'il y a une pollution organique due à la forte charge organique par contre le premier échantillon indique qu'on a affaire à une pollution chimique.

On note aussi qu'on a affaire à des lixiviats intermédiaires issus de déchets que nous pouvons qualifier de déchets assez jeunes.

Les particules en suspension dans une eau sont produites par les rejets urbains et industriels. D'après les résultats trouvés, nous constatons qu'ils sont très élevés, ce qui implique une mauvaise pénétration de la lumière ainsi que l'aération des lixiviats produits, et inhibe la photosynthèse qui va empêcher le travail des bactéries, donc ils influent sur la biodégradabilité du milieu.

Le pourcentage des MVS est relativement faible pour les deux derniers échantillons et implique donc un pourcentage élevé de matière minérale. Ceci peut être expliqué par le dépôt de déchets industriels pendant la période du prélèvement.

En ce qui concerne la pollution azotée, les résultats montrent que les eaux de lixiviats de la décharge de Ouled Fayet sont riches en azote et que l'azote prépondérant se trouve sous forme réduite (azote ammoniacal), parce qu'en aérobiose la minéralisation est ralentie.

Enfin, en ce qui concerne les métaux lourds et par manque de moyen, nous donnons les résultats obtenus par une étude effectuée en mai 2006 sur le même site [14]. D'après ces résultats nous constatons que le pourcentage en Fe et Pb dépasse les normes. Ceci peut s'expliquer par le fait que cette pollution existait même avant que la décharge ne devienne une décharge contrôlée et que nous retrouvons toujours.

V-4-Proposition de traitement

De toutes les nuisances engendrées éventuellement par les décharges, il est certain que celle qui provient des lixiviats doit retenir l'attention la plus grande car elles peuvent avoir des conséquences sérieuses à long terme. Or le traitement est difficile car les lixiviats

- Peuvent avoir une pollution organique et minérale.
- Ont des caractéristiques très différentes d'une décharge à une autre et qui varient au cours temps.

V-4-1-Traitement biologique

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

Les traitements biologiques aérobies sont de plusieurs types :

***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 lagunage de surfaces importantes et par une élimination de l'ammoniaque par nitrification (transformation de l'azote ammoniacal en nitrate en 60 à 70 jours).

***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.

Cependant, nous avons le plomb qui inhibe le traitement biologique, il est donc préférable de traiter ces eaux de lixiviats avec un traitement physico-chimique.

V-4-2-Traitements physico-chimiques

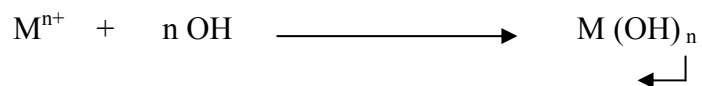
Les traitements physico-chimiques constituent généralement un complément indispensable aux traitements biologiques. Ils permettent d'éliminer la pollution carbonée résiduelle non biodégradable : DCO dure, de piéger les métaux et de retenir les sels dissous

*La précipitation chimique (généralement avec la chaux)

Son efficacité principale est d'entraîner par précipitation une élimination des métaux sous forme d'hydroxydes métallique.

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

La précipitation se fait suivant la réaction suivante :



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

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

Dans ce 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.

*Evaporation-oxydation chimique

Cette technique de traitement présente un avantage important : elle n'est pas coûteuse.

Le principe de cette technique est d'utiliser la chaleur dégagée lors de la biodégradation pour évaporer les eaux de lixiviat. Des pompes sont installées pour récupérer les lixiviats à partir du bassin de décantation et les réinjectés dans les casiers.

V-4-3-Rejets en station d'épuration urbaine

Le traitement des lixiviats en 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, après avoir dans certains cas effectué un prétraitement.

Il faut noter que lorsque les lixiviats sont pris en charge par une station d'épuration urbaine, ils ne représentent qu'une faible charge supplémentaire de pollution azotée et carbonée pour la station. En cas de rejet de ces effluents dans le milieu aquatique naturel, nous devons respecter les valeurs limites suivantes :

Tableau 24: Valeurs limites des lixiviats avant leurs rejets dans le milieu naturel

Paramètres	Valeur limite (mg/l)
pH	5.5 - 8.5
DCO (mg/l)	150 – 100 000
DBO ₅ (mg/l)	100 – 90 000
MES Totale (mg/l)	< 100
Azote global (mg/l)	< 30
Azote ammoniacal (mg/l)	< 20
Phosphore total (mg/l)	< 2
Pb (mg/l)	< 1
Cr (mg/l)	< 0.1
Cd (mg/l)	< 1
Hg (mg/l)	< 0.1
Cu (mg/l)	< 1
Fe (mg/l)	< 2

Conclusion générale

La caractérisation des lixiviats d'une décharge nous renseigne sur la nature et l'ampleur de la charge polluante que génèrent les déchets à la suite de leurs interactions avec le milieu et en particulier avec l'eau.

C'est en continuité des travaux effectués par le passé sur le même site que nous avons poursuivi notre étude.

Comme le lixiviat, qui résulte des interactions physico- chimiques et biologiques du milieu, n'est pas un élément constant, il est nécessaire d'effectuer de telles caractérisations sur une longue période.

Notre étude a montré que les lixiviats de la décharge contrôlée de Ouled Fayet se caractérisent par des variations temporelles assez prononcées.

La pollution organique que véhiculent ces lixiviats est un peu élevée.

Le lixiviat globalement n'est pas homogène et son évolution biologique dépend des sites étudiés. C'est ainsi que certains lixiviats sont issus d'une décharge qui a atteint son étape ultime de dégradation anaérobie alors que d'autres correspondent à une décharge d'âge intermédiaire où la phase méthanogénèse n'est pas entièrement amorcée.

En ce qui concerne le centre d'enfouissement de Ouled Fayet, les lixiviats sont de type intermédiaires avec une forte charge organique et des proportions assez élevées de MES.

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 superficielles et souterraines.

Cependant il existe toujours un risque de contamination de la nappe phréatique et c'est pour cette raison qu'il faut envisager quelques mesures limitant la pollution et les nuisances et nous donnons ci-dessous celles que nous considérons les plus appropriées pour la décharge étudiée :

*un traitement biologique comme les boues activées.

* un traitement physico-chimique comme la précipitation par la chaux.

*une station d'épuration d'eau.

Listes des Figures

Figure 1 : l'ancienne décharge.....	24
Figure 2 : La composition des déchets déversés au niveau du C.E.T d'Ouled Fayet.....	26
Figure 3 : la géomembrane.....	30
Figure 4 : conduite de drainage des lixiviats.....	30
Figure 5 : la couche de gravier.....	31
Figure 6 : le bassin de décantation de lixiviats.....	31
Figure 7 : Les différents compartiments du bassin.....	32
Figure 8 : les buses.....	32
Figure 9 : Schéma de fonctionnement.....	33
Figure 10 : Les diverses étapes de la dégradation anaérobie.....	36
Figure 11 : l'influence de la concentration en acides gras volatils sur la variation du pH...39	
Figure 12 : Evolution de la DCO au cours du temps.....	43
Figure 13 : Evolution de la DBO ₅ au cours de temps.....	43

Listes des tableaux

Tableau 1 : classification des déchets.....	1
Tableau 2 : Les différentes classes de site.....	13
Tableau 3 : composition des déchets rejetés dans le C.E.T d'Ouled Fayet.....	27
Tableau 4 : quantité des déchets reçus au niveau du C.E.T d'Ouled Fayet.....	28
Tableau 5 : Echelle de toxicité de certains éléments.....	40
Tableau 6 : Caractéristiques physico-chimiques moyennes d'un lixiviat moyen.....	42
Tableau 7 : l'évolution des principaux métaux.....	51
Tableau 8 : Groupe de polluants en fonction de leur possibilité d'atténuation.....	52
Tableau 9 : Conditionnement pour l'analyse des éléments métalliques toxiques et indésirables.....	57
Tableau 10 : conditionnement pour l'analyse des indicateurs de pollution organique.....	58
Tableau 11 : résultats obtenus pour le pH.....	60
Tableau 12 : résultats obtenus pour le nitrate.....	61
Tableau 13 : résultats obtenus pour le nitrite.....	63
Tableau 14 : résultats obtenus pour le phosphore.....	64
Tableau 15 : résultats obtenus pour l'azote ammoniacal.....	65
Tableau 16 : résultats obtenus pour la DCO.....	67
Tableau 17 : Détermination de La valeur de prise d'essai en fonction de la valeur de DCO.....	68
Tableau 18 : résultats obtenus pour la DBO ₅	69
Tableau 19 : Résultats obtenus pour le rapport DCO/DBO ₅	69
Tableau 20 : résultats obtenus pour les métaux lourds.....	70
Tableau 21 : résultats obtenus pour les hydrocarbures.....	70
Tableau 22 : résultats obtenus pour les matières volatiles en suspension.....	71
Tableau 23 : résultats obtenus pour les matières en suspension.....	72
Tableau 24: Valeurs limites des lixiviats avant leurs rejets dans le milieu naturel.....	76

Bibliographie

Bibliographie

- [1] MICHEL MURAT : Valorisation des déchets et sous produits industriels. Paris (1981).
- [2] R.DORFFMAN : Les résidus urbains, cahier de l'A.G.T.M.H. Techniques et documentation. Tome 1. Paris (1975).
- [3] M.BELKACEMI : Cours des déchets solides, ENP Alger (1995).
- [4] J.B.LEROY : Les déchets et leur traitements, Presses universitaires de France, 1^{ère} édition, 4^{ème} trimestre (1981).
- [5] R.DORFFMAN : Les résidus urbains, cahier de l'A.G.T.M.H. Techniques et documentation. Tome 2. Paris (1975).
- [6] M.ALI MEHIDI : Aménagement d'un parc de sport et de loisir à El Harrach (décharge de Oued Smar).Projet de fin d'études. (1994).
- [7] Cahiers techniques de la direction des pollutions, la décharge contrôlée des résidus urbains. N°6 (1981).
- [8] 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).
- [9] R. Traité de gestion de déchets solide, Ministère de l'intérieur et de la collectivité locale, volume 1, O.M.S. COPENHAGUE (1985).
- [10] K.CHERIET : les résidus urbains du grand d'Alger et le réaménagement de la décharge de Oued Smar. Projet de fin d'études. ENP. Département Environnement. Juin (1995).

- [11] S.HOCINE: Gestion des déchets solides urbains et diagnostic du centre d'enfouissement de OULED FAYET, mémoire de magister. EPAU. Janvier (2006).
- [12] NATIONALE EAU ET ENVIRONNEMENT : Etude d'impact sur l'environnement préalable a la réalisation de la décharge D'OULED FAYET.
Mission 1 : Etat actuel du site de la décharge et de son Environnement.
- [13] 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.
- [14] K.HAMOURI, R.DJEMAA : Evaluation de la pollution de lixiviats de la décharge d'OULED FAYET et proposition d'un traitement. Projet de fin d'études. USTHB. Juin (2006).]
- [15] M.M.BARRES et ALL : Les lixiviats de décharge ; le point de connaissance en 1990 ; T.S.M/AG.HTM ; N°6 ; (1990).
- [16] G.TCHOBANOGLIOUS: solid waster; Mc graw-hill; TOKYO; (1977).
- [17] M^{me} ABDI : Cours de réacteurs biologique. ENP. Département Environnement (1993).
- [18] MARA.J and DOUGLAS.G; Ammonium production in sediments inhibited; appl and env.MIG.N°1; (1987).
- [19] Etude bibliographique sur les lixiviats produits par la mise en décharge des déchets industriels; commission européenne. N°314 ; (1986).
- [20] Melamby.K : Biologie de la pollution ; Paris. (1983).

- [21] DEREK Ranad ELIZABETH.J.P: Competitive mechanisms for inhibition of sulfate reduction and methane production in the zone of ferric iron reduction in sediments; Appl-and env. Microb; N°8, (1987).
- [22] M.D BERNARD: Evolution de la fiabilité des procédés de fixation de boues utilisées en France ; indus et nuisance, N°4, (1986).
- [23] LAWRANCE-A-W and P.L Mc carty: The effects on anaerobie traitement: Air water poll. Int, N°10, (1984).
- [24] Michel –Claude Girard : Sols et environnement. 2^e cycle /Master.
- [25] L'INSA de LYON : Transfert par Infiltration de l'eau et de soluté dans les sols non saturé, Janvier 2002.
- [26] Laboratoire de physique : Impact de la décharge sur les eaux souterraines. (Juin 2005).
- [27] Surveillance actuelle de l'environnement, décharge industrielle de Benfor, Mesure d'intervention en cas de contamination. (Novembre 2005).
- [28] D.J.V.CAMPBELL, A.PARKER, J.F.REES: attenuation of potential pollutants in land fill leachate by lower green sand (septembre 1982).
- [29] Etude bibliographique sur les lixiviats produits par la mise en décharge des déchets industriels.^{3/4} commissions des communautés européennes (1986).
- [30] GRIFFEN, SHIMP: Attenuation of pollutants in municipals land fill leachate by passage through cly, EUV-SCI-technol (octobre 1976).
- [31] LEVESQUE.L : Les micropolluants minéraux dans les eaux superficielles continentales. Chrome, Cuivre, Nickel, Rapport N°6. Paris (1979).
- [32] MEINCK.F : Les eaux résiduaires industrielles.ed.HRW. (1968).

- [33] LEVESQUE.L : Les micropolluants minéraux dans les eaux superficielles continentales. Chrome, Cuivre, Nickel, Rapport N°5. Paris (1978).
- [34] LEVESQUE.L : Les micropolluants minéraux dans les eaux superficielles continentales. Chrome, Cuivre, Nickel, Rapport N°4. Paris (1978).
- [35] FRANCOIS RAMADE : Eléments d'écologie, écologie appliqué. Ed.Mc.Graw-hill. (1982).
- [36] CHERGUIA : Quantification de la charge polluante des eaux usées d'anabib, unité profil à froid et gros tube. Projet de fin d'études. (1987).
- [37] GILL FRIANT : Les décharges contrôlées des résidus urbains, risque de pollution des eaux (Mai-Juin 1983).
- [38] ANDRD : La décharge contrôlée des résidus urbains. Cahier technique de la direction de l'eau de la prévention des pollutions et des risques. N°6 (1981).

Annexe

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
Détergents	2.0	mg/l
Tension-actif anioniques	10	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
Détergents	mg/l	2
Tensioactifs anioniques	mg/l	10

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 04/06/2006.

Paramètres	Teneur Moyenne 04/06/2006	
	Entrée du bassin	Sortie du bassin
Température (°C)	21	20
pH	8,29	8,30
DCO (mg O ₂ /l)	3648	3456
DBO ₅ (mg O ₂ /l)	900	900
DBO ₅ / DCO	0,246	0,26
MES (mg/l)	629	448
MVS (mg/l)	249,46	162,98
NH ₄ ⁺ (mg/l)	135,22	67,46
NO ₂ ⁻ (mg/l)	/	/
NO ₃ ⁻ (mg/l)	16,30	18,10
PO ₄ ³⁻ (mg/l)	58,83	54,39
NTK (mg/l)	1300,32	1277,92
Conductivité (ms/cm)	28,60	28,70

Tableau 5: 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 _s (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
N0 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 6: Caractéristiques des lixiviats à l'entrée et à la sortie du bassin du 22/05/2006.

Paramètres	Teneur Moyenne 22/05/2006	
	Entrée du bassin	Sortie du bassin
Température (°C)	20,50	19,50
pH	8,25	8,24
L'oxygène dissous (mg/l)	0,06	0
DCO (mg O ₂ /l)	3936	3648
DBO ₅ (mg O ₂ /l)	1000	/
DBO ₅ / DCO	0,25	/
MES (mg/l)	1651	1672,50
MVS (mg/l)	446	496,40
NH ₄ ⁺ (mg/l)	36,39	43,15
NO ₂ ⁻ (mg/l)	1,286	1,260
NO ₃ ⁻ (mg/l)	12,88	18,28
PO ₄ ³⁻ (mg/l)	57,62	42,72
NTK (mg/l)	1117,44	1050,19
Conductivité (ms/cm)	28,40	27,90

Tableau 7 : 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