



الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية  
République Algérienne Démocratique et Populaire  
وزارة التعليم العالي والبحث العلمي  
Ministère de l'Enseignement Supérieure et de la Recherche Scientifique

جامعة وهران 2 محمد بن أحمد  
Université d'Oran 2 Mohamed Ben Ahmed

معهد الصيانة و الأمن الصناعي  
Institut de Maintenance et de Sécurité Industrielle

**Département de Sécurité Industrielle et Environnement**

## **MÉMOIRE**

Pour l'obtention du diplôme de Master

**Filière : Sécurité Industrielle**

**Spécialité : Sécurité Industrielle et Environnement**

### **Thème**

**La conception et l'exploitation d'installation  
de stockage de déchets non dangereux ISDND**

Présenté et soutenu publiquement par :

**Sayah Brahim**

et

**Benchennane Fekri**

Devant le jury composé de :

<b>Nom et Prénom</b>	<b>Grade</b>	<b>Etablissement</b>	<b>Qualité</b>
<b>Nadji Abdelkader</b>	<b>Dr</b>	IMSI / Univ Oran 2	<b>Président</b>
<b>Brahim Bouhadiba</b>	<b>Dr</b>	IMSI / Univ Oran 2	<b>Encadreur</b>
<b>Lounis Zoubida</b>	<b>Professeur</b>	IMSI / Univ Oran 2	<b>Examineur</b>

**Année 2019/2020**

# Dédicaces

*Je dédie ce mémoire :*

*A Mes parents, Merci pour votre amour, votre affection, vos encouragements, vos sacrifices... que Dieu vous garde*

*À notre encadreur, Monsieur Dr. Brahim Bouhadiba*

*A mes sœurs : Hajira, Amina, Aïcha.*

*Je dédie ce travail à l'esprit de mon frère Mourad.*

*A mes chers frères : Belkhir, Mohammed.Hamouda.*

*Sans oublier Senoussi Miloud et Chahmi Abdel Kader pour leurs aides et leurs soutiens*

*A mon collègue dans ce travail Fekri Benchennan*

*A toute la famille : SAYAH*

*A toute la promotion de sécurité industrielle et environnement 2019/2020.*

*A tous ceux qui me connaissent de loin ou de près.*

*Brahim*

# *Dédicaces*

*Je dédie ce mémoire :*

*A Mes parents, Merci pour votre amour, votre affection, vos encouragements, vos sacrifices... que Dieu vous garde*

*À notre encadreur, Monsieur Dr. Brahim Bouhadiba*

*A ma sœurs : Nouha.*

*A mon frère : Abdessatar.*

*Sans oublier SAFIR ZOHIR pour son aide et leur soutien*

*A mon collègue dans ce travail Brahim Sayah*

*A toute la famille : Benchennane , Yakhou*

*A toute la promotion de sécurité industrielle et environnement 2019/2020.*

*A tous ceux qui me connaissent de loin ou de près.*

*Fekri*

## *Les remerciements*

Tout d'abord, nous tenons à remercier « ALLAH » le Tout-Puissant de tout ce qu'il nous apporte dans la vie et de nous avoir donné la force et le courage pour réaliser ce travail.

Nous tenons tout d'abord à exprimer notre profonde gratitude et nos sincères remerciements à notre encadreur, Monsieur Dr. **Brahim Bouhadiba** pour son savoir-faire, ses conseils, sa compétence, sa patience, son enthousiasme et l'attention particulière avec laquelle il a suivi et corrigé ce travail.

Nous exprimons notre sincère gratitude à tout le personnel du service du CET de

El Keurt tel que :

Mr OUANESS REDHA: Chef de service d'administration et des moyens généraux.

Mr KADI HNIFI AMINE : Hygiène de sécurité.

Et a le directeur Mr. SASFIR ZOHIR.

Un grand merci pour tous ceux qui ont participé de près ou de loin à la réalisation de ce mémoire, qu'ils trouvent ici l'expression de toute ma gratitude en particulier

**Liste des sigles et abréviations**

ADEME : Agence de l'Environnement et de la Maîtrise de l'Energie

AGV : Acides Gras Volatils

AR – FR : 97 : Arrêté 09 Septembre 1997 Français

BTP : battement et travaux publics

CET : Centre d'Enfouissement Technique de déchets

CDS : combustible substitution

COV : compose organique volatile

CSD : Centre de Stockage des Déchets

CSDU : centre de stockage des déchets ultime

DBO5 : Demande Biologiques en Oxygène, pendant 5 jours

DCO : Demande Chimique en Oxygène

DIB : déchets industrielles banales

DMA : déchets ménagers et assimilés

ETM : éléments traces métalliques

H% : Pourcentage Humidité

H2S : Sulfure d'hydrogène

ICPE: Installation Classée pour la Protection de l'Environnement

ISDMA : installation de stockage des déchets ménagères et assimilés

ISDND : installation de stockage des déchets non dangereux

OM : odeurs ménagères

OMR : ordures ménagers résiduelles

PDEDMA : Plan Départementale d'Élimination des Déchets Ménagers et Assimilés

PED : pays en développement

PEHD : Poly Éthylène Haute Densité

pH : Potentiel hydrogène

PTB : : Pré – Traitement Biologiques

PTMB : Pré – Traitement Mécaniques et Biologiques

Le traitement des déchets est un problème majeur en Algérie, en raison du manque de contrôle, de méthodes de travail inappropriées (collecte et traitement des lixiviats, biogaz, etc.) ou du manque de financement

La gestion des déchets doit être acceptable sur le plan environnemental, socialement acceptable et économiquement rentable; ce dernier rencontre de nombreuses difficultés du point de vue technique, méthodologiques et organisationnel. et parmi les remèdes proposés pour ce problème, les centres d'enfouissement des déchets techniques (CET) et l'ISDND. , mais qui reste inadapté aux contraintes locales. Cela est dû à un manque de connaissance des paramètres spécifiques aux décharges dans les PED

Le présent travail consiste à l'étude de l'état de fonctionnement du centre de El keurt Mascara, et l'évaluation de la gestion des déchets au sein du centre et détermination de leurs impacts

**Mots clés:** déchets, lixiviats, biogaz, la gestion des déchets, CET, ISDND

**Abstract:**

Waste treatment is a major problem in Algeria, due to lack of control, inappropriate work methods (collection and treatment of leachate, biogas, etc.) or lack of funding.

Waste management must be environmentally acceptable, socially acceptable and economically profitable; the latter encounters many difficulties from a technical, methodological and organizational point of view. And among the remedies proposed for this problem, waste disposal centers techniques (CET) and ISDND. , but which remains unsuited to local constraints. This is due to a lack of knowledge of the parameters specific to discharges in developing countries.

The present work consists of the study of the operating state

of the El keurt mascara center, and the evaluation of waste management within the center and determination of their impacts

**Keywords:** waste, leachate, biogas, waste management, CET, ISDND

**SOMMAIRE**

	<b>Dedicaces Brahim</b>	
	<b>Dedicaces Fekri</b>	
	<b>Remerciments .....</b>	<b>1</b>
	<b>Liste des abreviations .....</b>	<b>2</b>
	<b>Resume .....</b>	<b>4</b>
	<b>Sommaire .....</b>	<b>5</b>
	<b>Liste des figures et des tableaux .....</b>	<b>9</b>
	<b>Introduction .....</b>	<b>11</b>
	<b>Chapitre 1: dechets .....</b>	<b>13</b>
1	Definition de dechet.....	14
2	Classification des dechets.....	14
3	La production des déchets en Algérie.....	15
4	La composition des dechets solides urbains en Algerie.....	15
5	Gestion des dechets .....	17
6	Les impacts des dechets.....	18
	<b>Chapitre 2 : Les installations de stockage des déchets non dangereux.....</b>	<b>20</b>
1	Définitions.....	21
2	Choix du site .....	21
3	Conception du site .....	22
3.1.	L'aménagement .....	22
3.1.1.	Cellules d'enfouissement .....	23
3.2.	Les barrières .....	24
3.3	Réseau de drainage des eaux de surface .....	27
3.4.	Système de drainage du biogaz .....	28
3.5.	Captage et valorisation du biogaz .....	29
3.6.	La réglementation spécifique aux installations de stockage de classe II .....	30
4.	Exploitation du site .....	30
4.1.	Critères et procédures d'admission des déchets .....	31

4.2.	Description de l'enfouissement .....	31
4.3.	Gestion des émissions liquides : lixiviats .....	31
4.3.1.	Composition des lixiviats .....	32
4.3.2.	Genèse des lixiviats : Biodégradation et stabilisation des déchets .....	33
4.3.3.	Drainage et collecte des lixiviats .....	35
4.3.4.	Traitement des lixiviats.....	35
4.4.	Gestion des émissions gazeuses : le biogaz .....	35
4.4.1.	Mécanisme de production du biogaz .....	35
4.4.2.	Traitement du Biogaz .....	36
4.5.	Contrôle des nuisances.....	37
5.	Post exploitation et fermeture du site.....	38
	<b>Chapitre 3 : Centre de Stockage de Déchets Ultimes (CSDU).....</b>	<b>40</b>
1.	Definition d un déchets ultime .....	41
2.	Cadre réglementaire .....	41
3.	Choix du site .....	42
4.	conception et réalisation .....	42
4.1.	les casiers .....	43
4.2.	les barriers .....	44
5.	Exploitation et suivi du site .....	46
5.1.	Remplissage des alvéoles et gestion des déchets entrants .....	46
5.2.	Gestion des émissions liquides: les lixiviats .....	46
5.3.	Gestion des émissions gazeuses: le biogaz .....	48
6.	Fermeture des alvéoles .....	50
7.	Suivi post-exploitation .....	51
	<b>Chapitre 4 :Le Centre d'Enfouissement Technique CET .....</b>	<b>52</b>
1.	Définition d'un CET .....	53
2.	Les pièces d'un CET .....	54
2.1.	Le poste de contrôle .....	54
2.2.	Pont bascule .....	54
2.3.	Le centre de tri .....	54
2.4.	Les casiers.....	55

3.	Choix de site d'un CET .....	55
4.	La conception d'un CET .....	56
4.1.	Le CET est composé de .....	56
4.2.	L'aménagement du casier .....	57
4.3.	Les barrières .....	58
4.3.1.	Barrière de sécurité passive .....	58
4.3.2.	Barrière de sécurité active .....	58
4.3.3.	Barrière géologique.....	59
4.3.4.	Barrière « revêtement de base étanche.....	59
4.3.5.	Barrière déchets .....	59
4.4.	Aménagement des accès, voiries .....	60
<b>5.</b>	<b>L'exploitation .....</b>	<b>60</b>
5.1.	Réception des déchets.....	60
5.2.	Compactage .....	60
5.3.	Couverture .....	60
5.4.	Collecte et stockage des lixiviats .....	60
5.4.1.	Traitement des lixiviats.....	61
5.5.	La production de biogaz .....	61
5.6.	Contrôle et surveillance de l'exploitation .....	62
5.6.1.	Accès au site .....	62
5.6.2.	Contrôle des eaux .....	62
5.6.3.	Contrôle de l'air.....	62
	<b>Chapitre 5 : décharge de classe 2 .....</b>	<b>63</b>
1.	Généralité .....	64
2.	Les déchets admis .....	64
3.	Les types de décharge .....	65
3.1.	Décharges sauvages .....	65
3.2.	Décharge contrôlée .....	65
3.2.1.	Décharge contrôlée de type traditionnel .....	66
3.2.2.	Décharge contrôlée compactée .....	66
3.2.3.	Décharge contrôlée de déchets broyés .....	67

3.3.	Décharge contrôlée de déchets mis en balles .....	67
3.4.	Décharge de déchets prétraités .....	67
4.	L'exploitation .....	68
4.1.	Modes d'exploitation des décharges contrôlées .....	68
4.2.	Bioréacteur .....	69
5.	Les risques sanitaires et environnementaux .....	69
5.1.	La pollution par les lixiviats .....	69
5.2.	La pollution par les gaz.....	70
5.3.	Des impacts diffus difficilement étudiables .....	70
6.	Décharges et changement climatique .....	70
	<b>Partie 2 : partie pratique (CET de Elkeurt Mascara) .....</b>	<b>71</b>
1.	Le Centre D'enfouissement Technique (CET) d'El keurt .....	72
2.	Les risques .....	73
3.	La conception .....	73
3.1.	Aménagement du CET .....	74
3.1.1.	Cellules d'enfouissement (Casier et alvéoles) .....	74
3.1.2.	Maîtrise des eaux souterraines .....	75
3.1.3.	Maîtrise des eaux pluviales .....	76
3.1.4.	Les équipements nécessaires .....	77
3.1.5.	Durée de vie .....	77
3.1.6.	Accès au CET .....	77
	<b>Pour la conception du CET Del keurt Mascara .....</b>	<b>77</b>
4.	Exploitation .....	79
4. 1.	Compactage des déchets .....	80
4. 2.	Couverture des déchets .....	80
4.2.1.	Couverture journalière (périodique) .....	80
4.2.2.	Couverture finale .....	80
	<b>Pour l'exploitation au niveau du CET d'El keurt .....</b>	<b>82</b>
	<b>Conclusion .....</b>	<b>86</b>
	<b>Les références .....</b>	<b>87</b>

<b>Figure 1.1 :</b>	Les déchets (interne).....	13
<b>Figure 1.2 :</b>	Graphique de la composition des déchets en Algérie. (DJEMACI B, 2012)...	15
<b>Figure 2.1 :</b>	Schema de ISDND.....	21
<b>Figure 2.2 :</b>	Coupe schématique d'un casier d'ISDND .....	24
<b>Figure 2.3 :</b>	Coupe type de la double barrière d'étanchéité .....	25
<b>Figure 2.4 :</b>	Différentes combinaisons et structures d'étanchéité en fondet Couverture de décharge. (Bordes ,1995).....	26
<b>Figure 2.5 :</b>	Dispositif drainant géo synthétique. (Billard ,2001b).....	27
<b>Figure 2.6 :</b>	Mécanismes Biologiques aérobies, anaérobies et physicochimiques dans un massif de déchets. (Billard, 2001c).....	34
<b>Figure 2.7 :</b>	Evolution de la composition gazeuse d'une décharge. (ADEME, 2001).....	36
<b>Figure 3.1 :</b>	Centre de stockage de déchets ménagers ( <i>source: Véolia</i> ).....	43
<b>Figure 3.2 :</b>	Schema d un casier (internet).....	44
<b>Figure 3.3 :</b>	Détail des barrières actives de la couverture et du fond du casier.....	45
<b>Figure 3.4 :</b>	Puits de collecte mixte ( <i>Source: techniques de l'ingénieur</i> ).....	47
<b>Figure 3.5 :</b>	Installation de collecte, transport et élimination du biogaz ( <i>source: Techniques de l'ingénieur</i> ).....	50
<b>Figure 4.1 :</b>	Présentation de CET (internet).....	53
<b>Figure 4.2 :</b>	Coupe schématique d'un casier (KHEMISS., 2014) .....	55
<b>Figure 4.3 :</b>	Schema présente les différent partie d'un C.E.T .....	56
<b>Figure 4.4 :</b>	La Géomembrane, Le Géotextile et PEHD Du drainage .....	58
<b>Figure 4.5 :</b>	Barrière géologique (source internet).....	59
<b>Figure 5.1:</b>	Déchets admis (source internet).....	64
<b>Figure5.2 :</b>	Décharge sauvage (source internet).....	65
<b>Figure 5.3:</b>	Déchets contrôlée (source internet).....	66
<b>Figure 5.4:</b>	Conception d'un prétraitement mécanique et biologique dans la gestion intégrée des ordures ménagères. (Achour, 2008).....	68
<b>Figure 5.5:</b>	Schéma d'un site en gestion bioréacteur (Source : ADEME).....	69
<b>Figure 6.1:</b>	Centre d'Enfouissement Technique C.E.T d'El keurt de mascara .....	72
<b>Figure 6.2 :</b>	Vue de haut du CET El keurt Mascara. (Google maps) .....	72
<b>Figure 6.3 :</b>	Aménagement d'un fond de décharge de classe 2 (CNIID.2001).....	75
<b>Figure 6.4:</b>	Structure d'une couche type (ADEME, 2005c).....	82
<b>Figure 6.5:</b>	Taux de discrimination des déchets en 2018.....	84
<b>Tableau 1.1:</b>	Augmentation de la quantité journalière de déchets générée par habitant et parajour en Algérie (TOLBA, 2013) .....	14

<b>Tableau1.2 :</b>	Composition des déchets ménagers des pays du Maghreb. (BEN AMMAR,2006 cité par DAHMANE, 2012).....	15
<b>Tableau 2.1:</b>	D'estimation des coûts de post-exploitation (source : ADEME).....	39
<b>Tableau 3.1:</b>	Coût du traitement des lixiviats en 1998 .....	48
<b>Tableau 3.2:</b>	Composition du biogaz .....	49
<b>Tableau 4.1:</b>	Détermination des caractéristiques des lixiviats (KHEMISSI, 2014).....	61
<b>Tableau 6.1:</b>	Les quantités des déchets réceptionnés au CET d'El Keurt du 2017 au 2019..	83
<b>Tableau 6.2:</b>	Les analyses physico- chimiques de lixiviat .....	85

L'environnement de l'homme est très important, sa protection relève donc l'intérêt de tous. En Algérie, tel que les pays en voie de développement, l'évolution rapide du contexte socio-économique a favorisé l'émergence de modes de production et de consommation peu soucieux de la problématique de l'environnement. Cette situation s'est traduite essentiellement par des modifications notables au niveau des quantités et de la qualité des déchets. La gestion des déchets se heurte à un ensemble de contraintes à caractère institutionnel, juridique, technique, social et financier : elle représente donc l'un des défis les plus importants des sociétés urbaines et industrielles.

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

La ville doit veiller à l'hygiène et la propreté du milieu, doit participer à la résorption des décharges sauvages par la création des centres de stockages de déchets, pour assurer l'hygiène publique et améliorer le cadre de vie

Cette étude dont le titre est "Conception et exploitation des Centres des stockages des déchets non dangereux " est basée sur l'expertise expérimentale de site dans le but d'élaborer des éléments conceptuels et méthodologiques pour une gestion rationnelle des centres de stockages en Algérie.

En Algérie Peu d'études ont porté sur les constructions des centres de stockage des déchets, CSD, (dimensionnement des casiers, système de drainage des effluents liquides et gazeux, traitement et valorisation des rejets, capacité des casiers). Ces rejets (lixiviat et biogaz) font l'objet actuellement de travaux dont l'objet principal est de limiter les impacts environnementaux.

Donc comment on peut proposer une méthodologie parfaite pour la conception et l'exploitation des centres de stockages des déchets ???

Ce travail est divisé en deux parties :

Le premier consiste en une recherche bibliographique indiquant les généralités et définitions concernant les déchets, les installations de traitement et divers centres de stockage tels que ISDND, CSDU et CET et les décharges de classe 2. Nous verrons également comment les concevoir et les exploiter.

La seconde, consiste en la présentation des résultats de la quantification et des analyses statistiques sur la nature des déchets reçus au centre d'enfouissement EL KEURT MASCARA en Algérie.

# CHAPITRE I

## Déchets

### Définition du terme « déchet »

Un déchet est défini règlementairement comme étant « tout résidu d'un processus de production, de transformation ou d'utilisation, toute substance, matériau, produit... que son détenteur destine à l'abandon » (**article 1 de la loi du 15 juillet 1975, modifiée par la loi n°92-646 du 13 juillet 1992**).



**Figure 1.1 : les déchets (internet)**

## 1. Classification des déchets

Selon la législation française, il existe trois catégories de déchets définies selon leur type, leur origine et leur dangerosité pour l'homme et l'environnement :

- Les déchets « dangereux » qui présentent une ou plusieurs propriétés nocives (explosivité, inflammabilité, toxicité). Ce sont notamment les piles, les peintures, les boues de stations d'épuration, les déchets phytosanitaires...
- Les déchets « inertes » qui sont des déchets ne contenant aucun constituant évolutif. Ils ne subissent aucune modification physique, chimique ou biologique importante, ne sont ni biodégradable, ni inflammable, et ne détériorent pas les autres matières avec lesquels ils sont en contact. Ils proviennent essentiellement du secteur du BTP.

- Les déchets « non dangereux » qui ne présentent pas de caractères dangereux mais qui, au contraire sont des déchets inertes, contiennent des constituants évolutifs et pouvant réagir. Cette catégorie de déchets regroupe les ordures ménagères (OM), les encombrants (déblais, gravats) et déchets verts des ménages, les déchets du nettoyage (voirie, marchés, espaces publics), les déchets de l'assainissement collectif (boues de STEP, boues de curage de fossés et d'égouts), les déchets verts des collectivités locales et les déchets industriels banals (DIB) collectés auprès des entreprises individuelles, commerçants, services publics, hôpitaux et services tertiaires.

## 2. La production des déchets en Algérie.

La rapidité avec laquelle la densité de la population a augmenté ainsi que l'amélioration du niveau de vie, produisent une augmentation permanente des déchets solide son quantité et en qualité.

La forte urbanisation, le gaspillage par abandon, 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. On exprime les quantités produites en **Kg/Habitant/jour** ou **par an**. (Voir tableau ci-dessous)

A l'échelle nationale, les quantités moyennes d'ordures ménagères produites sont estimées à 0,7 Kg/ hab /jour, dans les grands centres urbains (Alger), on admet le taux de 1,2 Kg/hab/jour. (CHENANE, 2008)

Année	1980	2010
Villes moyennes	0.5Kg	0.8Kg
Grandes villes	0.76Kg	1.2Kg

**Tableau 1.1: Augmentation de la quantité journalière de déchets générée par habitant et par jour en Algérie (TOLBA, 2013)**

## 3. La composition des déchets solides urbains en Algérie :

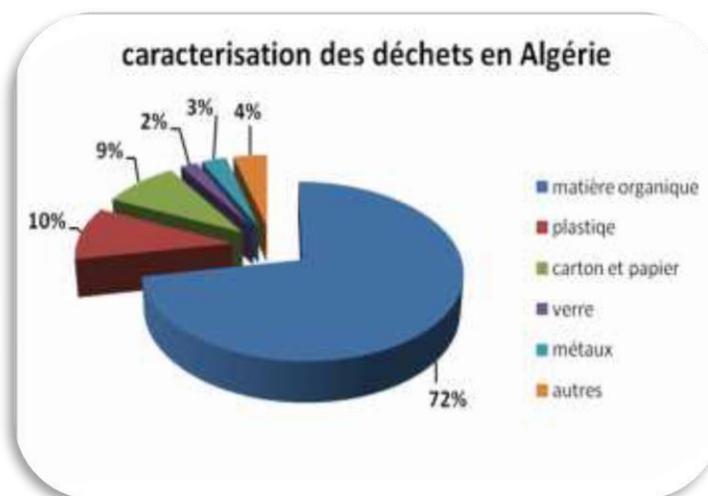
Le flux des déchets est un mélange hétérogène de produits et matériaux dont sa composition varie avec ses sources de génération, ainsi que la classification socio-économique de la localité (EBOT MANGAA et al, 2007, cité par DJEMACI, 2011). Dans les villes des pays en voie de

développement, cette composition reste prédominante par les déchets organiques d'origine alimentaire. Le tableau suivant illustre la composition des déchets ménagers des pays du Maghreb.

Pays	Fraction organique (%)	Papier carton (%)	Plastique (%)	Fraction inerte fines (%)
Algérie	67-89	7-9	2-3	0.2-23
Maroc	50-70	5-20	2-8	5-20
Tunisie	37-81	1-23	1-16	0-2

**Tableau 1.2 : Composition des déchets ménagers des pays du Maghreb. (BEN AMMAR, 2006 cité par DAHMANE, 2012)**

Le graphique suivant fournit des données sur la composition des déchets solides produits en Algérie. Les principaux composants sont les résidus alimentaires (organiques) avec un taux moyen de 72 %, plastique 10 %, papier/carton 9,3 %, verre 1,36 %, métaux 3,2 % et le chiffon et autres 4,14% (AND, 2007). Cette composition reflète le mode de consommation des ménages algériens qui est basée dans une grande partie sur les produits frais (fruits et légumes) conjuguée à l'absence de la culture des produits de conserves. (DJEMACI, 2012)



**Figure 1.2: Graphique de la composition des déchets en Algérie. (DJEMACI B, 2012)**

#### 4. Gestion des déchets :

La gestion des déchets est définie comme : La collecte, le transport, la valorisation et l'élimination des déchets et, plus largement, toute activité participant de l'organisation de la prise en charge des déchets depuis leur production jusqu' à leur traitement final, soient solides, liquides ou gazeux et chacun possède sa filière spécifique et bien sûr le type de déchets.

A. **La collecte des déchets** : est l'opération de ramassage et/ou le regroupement des déchets en vue de les transférer vers un lieu de traitement.

Actuellement, la collecte des déchets incombe aux services communaux (APC). A cause du manque de moyens financiers, de formation des gestionnaires et de directives précises, la fonction n'est pas assurée dans les meilleures conditions. (ANONYME 2013)

B. **Le tri** : est la séparation des déchets selon leur nature en vue de leur traitement, par exemple le papier, plastique. Le tri sélectif consiste à récupérer séparément les déchets selon leur nature, dans le but de recycler les déchets qui peuvent avoir une seconde vie.

Cette opération permet d'encourager les filières de recyclage et compostage, préserver les ressources naturelles et par la suite minimiser les quantités de déchets à mettre en décharge.

Dans plusieurs régions, des récupérateurs ambulants effectuent des tournées dans les quartiers afin d'acheter des déchets recyclables collectés par des individus à des prix inférieurs à ceux pratiqués dans les décharges

C. **La valorisation des déchets** : la valorisation conduit à des économies de matières premières et peut contribuer de façon directe ou indirecte à une réduction des impacts environnementaux et sanitaires (pollution des eaux, des sols...etc.) le recyclage, le réemploi, la réutilisation des déchets sont des moyens de valorisation, qui pour être efficaces doivent être précédés par une collecte séparée ou un tri des composants. En outre ce tri permettra d'orienter au mieux les déchets en fonction de ses propriétés intrinsèques. (ANONYME1996 (b))

D. **L'élimination des déchets** comprend les opérations de traitement thermique, physicochimiques biologique, de mise en décharge, d'enfouissement, d'immersion et de stockage des déchets, ainsi que toutes les autres opérations ne débouchant pas sur une possibilité dévalorisation ou autre utilisation du déchet. (DAHMANE, 2012)

E. **L'enfouissement technique** : Les déchets spéciaux ultimes sont ceux qui ne sont plus susceptibles d'être traités dans les conditions techniques et économiques du moment, notamment par l'extraction de la part valorisable ou par réduction de leur caractère dangereux et polluant. Les déchets admis en centre d'enfouissement technique (CET) sont des déchets essentiellement solides, minéraux avec un potentiel polluant constitué de métaux lourds peu mobilisables. Ils sont très peu réactifs, très peu évolutifs, et très peu solubles. (DJEMACI, 2012)

<p><b>Avantage :</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Réduction des volumes de déchet de 90%.</li> <li>- Rapidité de traitement.</li> <li>- pas de prétraitement.</li> <li>- adaptation aux gros gisements.</li> <li>- possibilité de récupérer et valorise l'énergie.</li> <li>- possibilité de récupérer les métaux.</li> <li>- garantie de long terme</li> </ul>	<p><b>Inconvénients :</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- formation de la cendre de résidus polluant.</li> <li>- Problème de seuil de rentabilité pour les petites unités.</li> <li>- Production d'énergie électrique feu efficace dans la plus part des cas.</li> <li>- Investissements levées.</li> <li>- Oppositions social croissante</li> </ul>
---	---

## 5. Les impacts des déchets :

Les déchets peuvent être à la fois une ressource et un risque. Désormais, ils ne cessent de croître en quantité et en complexité voire en nocivité. En effet les trois grandes filières retraitement (incinération, centre d'enfouissement technique et compostages) engendrent dépollutions qui affectent l'environnement et l'homme.

**A. Santé et toxicité :**

Les déchets présentent un risque pour la santé ils sont qualifiés de dangereux quand ils peuvent porter une atteinte directe à la santé de l'homme soit par contact immédiat prolongé ou répété avec la peau, par inhalation, ingestion ou pénétration cutanée. Il est important de signaler que la faiblesse des connaissances sur la toxicité des déchets est liée au fait que les interactions entre les polluants et la part attribuée aux installations de traitement des déchets difficile à l'établir.

**B. Pollution de l'environnement :**

Les milieux sont pollués par des accumulations de déchets contenant des substances dangereuses qui, lorsqu'elles sont mobilisées, sont susceptibles de provoquer des troubles pour l'environnement et pour la santé des populations exposées. **(Paracelse, 2010)**

Les sources de nuisance des milieux aquatique proviennent d'une part des lixiviats des décharges par percolation à travers les sols ayant une perméabilité importante avant d'atteindre les nappes phréatiques superficielles on peut également citer les rejets liquides désuñtes d'incinération (eaux de lavage), comme source potentielle de contamination des milieux aquatiques. Les polluants rencontrés dans les lixiviats sont notamment des composés organiques (phénols, métaux lourds, pesticides, nitrates.... etc.) sans oublier la présence de micro-organismes pathogènes. **(ANONYME 1996(a))**

Les émissions liées à l'incinération des déchets et celles de composés volatils liées aux centres d'enfouissements techniques contribuent à la pollution d'atmosphère ; les principales pollutions concernées sont pour l'incinération des métaux lourds (mercure, cadmium) des composés organiques volatils (C.O.V). **(LABADI, 2010)**

**C. Impacts liés à la gestion des déchets**

La gestion des déchets conduit à des rejets de polluants potentiellement toxiques au même titre que l'industrie, le transport, et plus généralement l'ensemble des activités humaines.

Les polluants émis dans le milieu entrent en contact avec l'homme et transmettent leur nocivité de façons diverses Ces polluants peuvent être transmis soit par voie directe –ingestion, inhalation et contacts cutanés avec les polluants – soit par voie indirecte, c'est-à-dire l'intermédiaire de milieux qui ont été pollués par transfert à partir du sol ou de l'eau. **(Paracelse, 2010)**

# **CHAPITRE II**

## **Les installations de stockage des déchets non dangereux**

## Les installations de stockage des déchets non dangereux

### 1. Définition :

L'Installation de Stockage des Déchets Non Dangereux (ISDND) est une Installation Classée pour la Protection de l'Environnement (ICPE) soumise à autorisation et réglementée. Toutes les règles de conception, de construction, d'exploitation et de suivi des ISDND sont définies par l'arrêté du 9 septembre 1997 modifié par l'arrêté ministériel du 18 Juillet 2007 relatif aux ISDND.



Figure 2.1 :schéma de ISDND

### 2. Choix du site :

D'après l'article 9 de l'arrêté du 09 septembre 1997 (relatif aux décharges existantes et aux nouvelles installations de stockage de déchets ménagers et assimilés) le site ne peut être implanté à moins de 200 mètres de zones d'habitation Il doit être imperméable et doit présenter un niveau de sécurité constitué par une formation géologique présentant les caractéristiques suivantes (Art.10 et 11 du même Arrêté):

- Une barrière de sécurité passive dont le substratum du site doit présenter une perméabilité inférieure à  $10^{-9}$  m/s sur au moins 1 mètre et inférieure à  $1.10^{-6}$  m/s sur au moins 5 mètres ;
- Le site de stockage doit satisfaire à des contraintes supplémentaires telles que l'aptitude du sous-sol à garantir la stabilité mécanique des casiers, la protection des ressources en eau, les besoins des collectivités (proximité des zones de production des déchets, accès au site), la protection du patrimoine, les risques d'inondation, les risques d'avalanches, etc (**Directive européenne n° 99/31/CE**).

Des recherches ont été entreprises pour la caractérisation des matériaux argileux pour le confinement des déchets en surface, cela permettra de résoudre le problème relatif à la réalisation de couche d'étanchéité sur des sites de stockage de déchets et de confinement de sites pollués, à cet effet il est nécessaire que des conditions de mises en œuvre sur les sites de stockage et la mise au point des procédures de sélection des matériaux, naturels ou traités par adjuvants est préconisée (**Environnement et Technique, 2008**).

### **3. Conception du site**

#### **3.1 L'Aménagement**

L'aménagement d'un site nécessite l'acquisition de données dans les domaines suivants (**Billard, 2001b**) : conformité avec les plans d'élimination, écologie, hydrologie, urbanisme environnant, accès, hydrogéologie locale, topographie et données économiques.

L'ensemble de ces données oriente les principales étapes d'aménagement des centres de stockage et nécessite les opérations et les installations suivante :

Les travaux de construction du site ne commencent que lorsqu'une étude hydrologique a permis de définir la localisation de la nappe phréatique, la profondeur, la perméabilité du sol et des roches, confirmation des conditions adéquates pour aménager le site et les cellules d'enfouissement qui en font partie (**Cintec Environnement Inc., 2004**).

La direction générale des ressources naturelles et de l'environnement de la région Wallonne (2007) regroupe dans son guide méthodologique dans l'intitulé est "Centre d'enfouissement

technique " un ensemble d'informations nécessaire pour l'évaluation des incidences sur l'environnement afin d'aider le maître d'ouvrage à concevoir un projet le plus respectueux possible du milieu dans lequel celui-ci s'inscrit. Les informations nécessaires fournies par le guide pour toute étude préliminaire doivent prendre en considération :

- La modification du sol sur : l'eau, le sol et le sous-sol, les biotopes, le cadre de vie ;
- La morphologie du projet (les déchets, les biens matériels et le patrimoine, le cadre de vie
- Le système d'étanchéité drainage des lixiviats ;
- Le tassement et interactions entre les différents types de déchets ;
- Les rejets atmosphériques et odeurs ;
- La production d'énergie ;
- Les émissions sonores et vibrations mécaniques
- Le transport.

### **3.1.1. Cellules d'enfouissement**

Un centre de stockage comprend une surface de stockage de plusieurs dizaines d'hectares composé de casiers, indépendants, sur le plan hydraulique, constitué d'alvéoles, dans lesquelles sont entreposés les déchets, dont la hauteur doit être déterminée de façon à ne pas dépasser la limite de stabilité des digues (Art.12, AR-FR/97).

En pratique, les casiers ont fréquemment des surfaces maximales allant de 5000 m<sup>2</sup> pour une petite décharge de 1,5 ha pour une grande décharge (ADEME et AMF., 1998). Les casiers sont entourés de digues étanches et l'ensemble des casiers est entouré d'une digue périphérique pouvant avoir des pentes internes de 2/1 et des pentes externes de 3/1 (ADEME et AMF., 1998). Les déchets sont entreposés dans un lieu confiné, sans échange avec les milieux environnant (eaux souterraines, sol et atmosphère) (Figure 2.2).

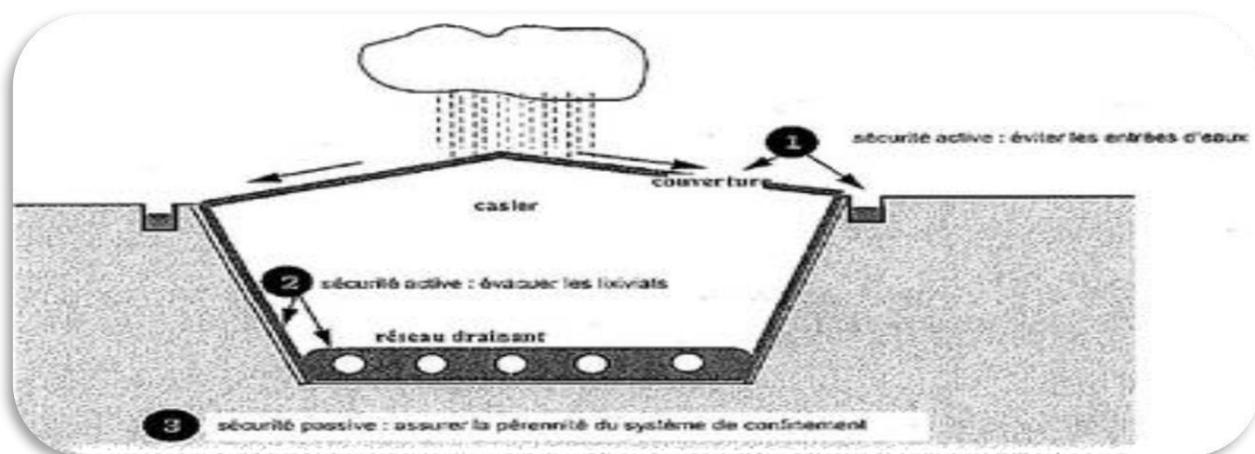
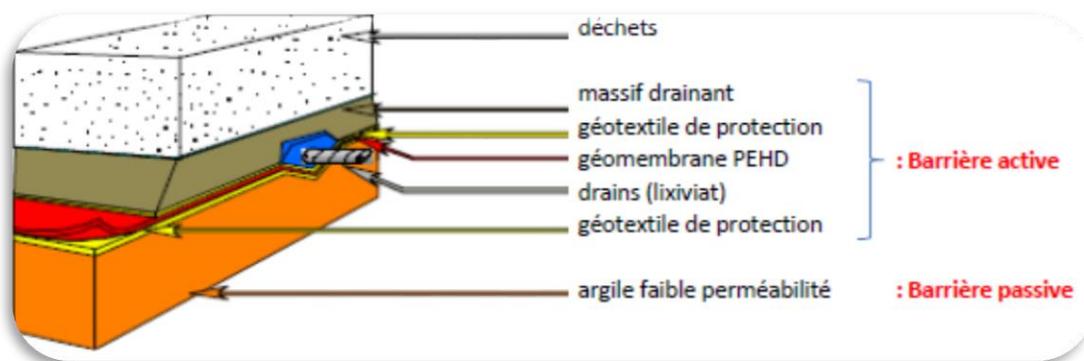


Figure 2.2 : Coupe schématique d'un casier d'ISDND

### 3.2 Les barrières :

- Barrière passive constituée par la couche géologique naturelle, doit présenter de haut en bas, une perméabilité ( $k$ ) inférieure à  $10^{-9}$  sur au moins 1 m et inférieure à  $10^{-6}$  sur au moins 5 m (CNIID, 2001).
- Barrière active constituée du bas vers le haut : d'une géomembrane, ou tout dispositif équivalent. Elle constitue la meilleure prévention des transferts advectifs (Moreau et Gosset., 2000), surmontée d'une couche de captage et d'un réseau drainage pour les lixiviats. Seules les géomembranes en PEHD (Polyéthylène Haute Densité) seraient chimiquement résistantes aux lixiviats, si elles sont bien installées (ni trous, ni sollicitations mécaniques) et le retour d'expériences après leur utilisation en fond de décharge serait de 20 ans (CNIID, 2001).



**Figure 2.3: Coupe type de la double barrière d'étanchéité**

- Une géomembrane ou un dispositif équivalent doit être étanche. (Article 14 AR-FR/97) ;
- Un drain en géo synthétique avec un facteur de sécurité de 3,0 (EPA, 1993), en fond de casier au-dessus de la barrière (**Moreau Gosset., 2000**) et permettra l'évacuation des lixiviats vers le collecteur principal ;
- Les dispositifs de drainage sont constitués soit par des matériaux géo synthétiques, soit par des matériaux drainants, graviers par exemple, associés à des géo synthétiques (**Billard, 2001b**).
- La couche drainante et filtrante (**EPA, 1993**) est d'épaisseur minimale 30 cm et d'une perméabilité de  $10^{-4}$  m/s de nature non calcaire (**ADEME, 1995**), granulaire (Sable avec une épaisseur minimale de la couche de 30 cm et de conductivité hydraulique minimale de  $10^{-2}$  (**Cabrel, 2002**), ou un géotextile avec une ouverture de préférence supérieure à 500 micromètres qui permettront d'éviter le colmatage (**Johanessen, 1999**) et offrira une protection à la couche étanche et aux diverses conduites

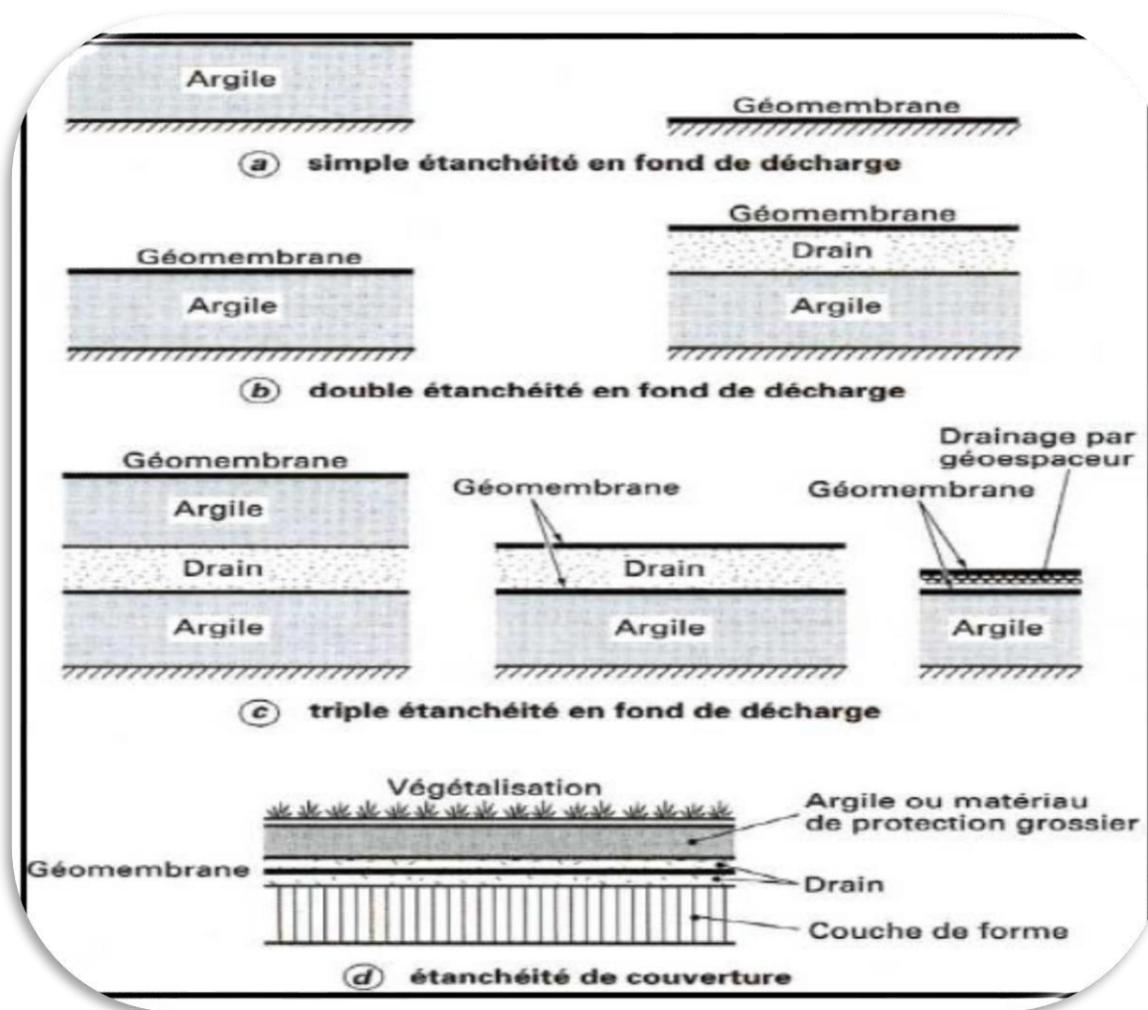


Figure 2.4 : Différentes combinaisons et structures d'étanchéité en fondet Couverture de décharge. (Bordes ,1995)

L'étanchéifiassions des alvéoles et le contrôle des eaux, sont réalisés à l'aide de plusieurs couches

- ✓ Matériaux drainants 20/40 sur 50 cm,
- ✓ Géo membrane PEHD de 2 mm
- ✓ Géotextile de 500 g/m<sup>2</sup>
- ✓ Ainsi que des drains et regards et vannes. (ADEME et AMF., 1998)

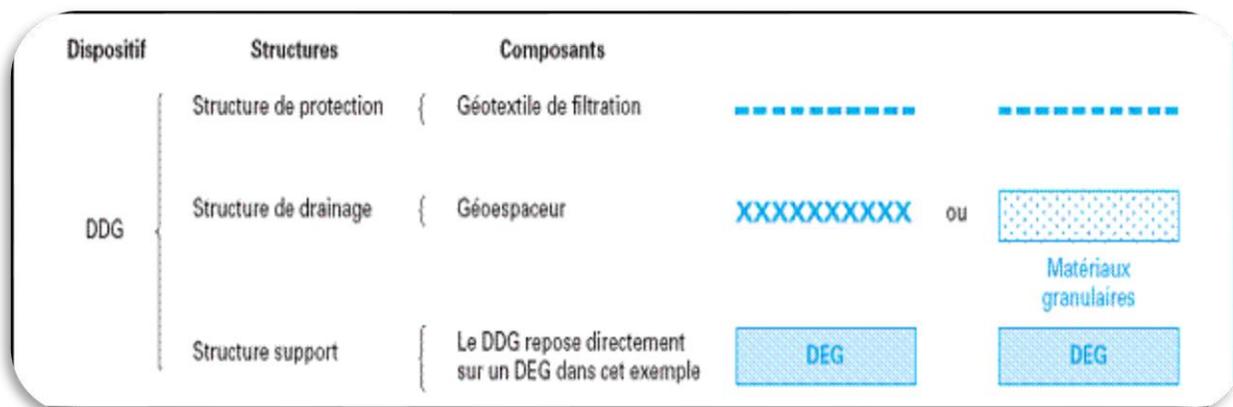


Figure 2.5: Dispositif drainant géo synthétique. (Billard ,2001b)

### 3.3. Réseau de drainage des eaux de surface

Les eaux pluviales sont interceptées avant qu'elles ne rentrent en contact avec les déchets par un fossé extérieur de collecte qui ceinture l'installation de stockage surtout son périmètre (Art 16, AR-FR/97). Les eaux de ruissellement intérieures au site sont dirigées et collectées dans des bassins de stockage étanches (Art. 17, AR-FR/97).

Des équipements de collecte et de stockage sont réalisés pour chaque catégorie de déchets faisant l'objet d'un stockage séparatif sur le site, avant traitement des lixiviats, et l'ensemble de l'installation de drainage et de collecte des lixiviats et, conçu pour limiter la charge hydraulique à 30 centimètres en fond de site et permettra l'entretien et l'inspection des drains (Art.18, AR-FR/97) ; la conception doit faire l'objet d'une étude qui est jointe au dossier de demande d'autorisation. Les articles 40, 41, 42, 43, AR-FR/97 traitent du contrôle des eaux et donnent les directives suivantes :

1. Réalisation d'au moins trois puits de contrôle de la qualité des eaux aquifères susceptibles d'être pollués par l'installation de stockage ;
2. Réalisation d'au moins un puits de contrôle qui sera en amont hydraulique du CSD (Art.40);
3. Établissement d'un rapport circonstancié sur les observations obtenues en application du plan de surveillance renforcé (Art. 40);
4. Mesure pH et analyse de la résistivité des eaux de bassins avant rejet (Art.42);

5. Collecte de tous les éléments nécessaires pour le calcul du bilan hydrique (Pluviométrie, température, ensoleillement, humidité, relativité de l'air, direction et force des vents, relevé de la hauteur d'eau dans les puits, quantités d'effluents rejetés), dont le calcul doit être réalisé au moins une fois par an (**Art. 43**).

### **3.4. Système de drainage du biogaz**

La collecte et le traitement du biogaz sont imposés dans les réglementations européennes et française (Directive européenne 99/31 CE et AR-FR/97).

Le système de drainage doit permettre de collecter le maximum de biogaz produit, de maintenir une qualité constante du biogaz pour assurer une alimentation régulière des dispositifs de traitement et offrir une certaine flexibilité compte-tenu des changements de production de biogaz au cours de la biodégradation (ADEME, 1999).

Le biogaz s'écoule dans la masse de déchets principalement grâce à la différence de pression dans la mesure où la formation du biogaz crée une pression plus élevée que la pression atmosphérique. Le gaz trouve alors le chemin qui lui offre le moins de résistance. La perméabilité horizontale de la masse de déchets étant plus grande que la perméabilité verticale, le biogaz a tendance à migrer vers les limites extérieures du massif de déchets (Billard, 2001c). Il existe deux grandes catégories de mode de collecte du biogaz

#### **a) Systèmes à puits verticaux**

Il est recommandé d'utiliser des tubes perforés en polyéthylène en raison de leur résistance à la corrosion, et de leur plasticité dont le diamètre usuel est de 100 à 200 mm (Billard, 2001c).

L'auteur ci-dessus recommande, pour le suivi du tassement, que le tube de filtration doit être équipé d'un dispositif télescopique et l'installation d'une couche d'argile autour de cette partie télescopique pour empêcher l'air d'entrer par le puits.

**b) Systèmes à drains horizontaux (Ademe, 2001)**

Les drains horizontaux placés dans la masse de déchets peuvent remplir deux fonctions :

- a) Soit, ils constituent le système "principal" de collecte du gaz, à la place des systèmes verticaux, ils sont alors disposés à intervalles réguliers et répartis dans la masse.
- b) Soit, ils constituent des "auxiliaires" des drains verticaux auxquels ils sont connectés et vers lesquels ils canalisent les gaz formés dans la masse.

Toujours d'après le même auteur, l'extraction verticale est la plus utilisée dans les centres de stockage, alors que l'extraction horizontale est souvent réservée aux centres peu profonds.

Les drains horizontaux sont, plus que les drains verticaux, sensibles aux risques de colmatage dus à la présence de lixiviats, condensats, et fines ainsi qu'aux tassements différentiels (**ADEME, 2001**).

**3.5. Captage et valorisation du biogaz**

Pour la collecte du biogaz, constitué principalement de méthane et de dioxyde de carbone, les centres de stockage doivent être pourvus d'un réseau de puits verticaux, qui seront connectés par des tuyaux horizontaux qui acheminent le biogaz vers une installation de valorisation ou, à défaut vers une installation de destruction par combustion et c'est qui est préconisé dans l'article 19 de AR-FR/97, et la conception de l'installation de drainage, de collecte et de traitement doit faire l'objet d'une étude qui est jointe au dossier de demande d'autorisation.

L'article suscite, précise qu'après captage du biogaz, il faut analyser sa composition en particulier en ce qui concerne la teneur en (CH<sub>4</sub>, CO<sub>2</sub>, O<sub>2</sub>, H<sub>2</sub>S et H<sub>2</sub>O).

En cas de destruction par combustion, la température doit être au moins de 900 °C. L'arrêté préfectoral d'autorisation fixe la fréquence des mesures de poussières et CO et donnent les valeurs suivantes :

- Poussières < 10 mg / Nm<sup>3</sup>; et
- CO < 150 mg / Nm<sup>3</sup>.

### 3.6. La réglementation spécifique aux installations de stockage de classe 2:

- Circulaire du 11 mars 1987 : concerne les installations des centres de stockage et les déchets admissibles.
- Arrêté du 9 septembre 1997 relatif aux décharges existantes et aux nouvelles installations de stockage de déchets non dangereux (JO du 02/10/97) modifié par l'arrêté du 31 décembre 2001 (JO du 02/03/02), l'arrêté du 3 avril 2002 (JO du 19/04/02), l'arrêté du 19 janvier 2006 (JO du 16/03/06) et l'arrêté du 18 juillet 2007 (JO du 29/09/07).
- Directive du conseil du 26 avril 1999 (CE) concernant la mise en décharge des déchets
- Circulaire du 27 juin 2002 relative à l'échéance du 1er juillet 2002 sur la mise en centre de stockage des seuls déchets ultimes.
- Décision du Conseil du 19/12/02 (2003/33/CE) : Critères et procédures d'admission des déchets dans les décharges.
- Circulaire du 04/07/02 : Installations de stockage de déchets ménagers et assimilés.
- Circulaire du 17/06/02 : Bande de 200 m autour des décharges existantes et des nouvelles installations de stockage de déchets ménagers et assimilés.
- Circulaire du 6 juin 2006 relative aux installations de stockage de déchets non dangereux, BOMEDD n° 2006/15, 15 août 2006.  
Arrêté du 7 Juillet 2005 fixant le contenu des registres mentionnés à l'article 2 du décret n° 2005-635 du 30 mai 2005 relatif au contrôle des circuits de traitement des déchets, JO du 1er Septembre 2005

## 4. Exploitation du site

Dans un premier temps, il convient de définir les conditions d'admission des déchets, ce qui est préalable à l'exploitation du centre de stockage. L'exploitation en dehors de l'enfouissement consiste à collecter et à traiter les effluents produits par les déchets stockés : les lixiviats et le biogaz.

#### 4.1. Critères et procédures d'admission des déchets

Selon l'article 7 de AR-FR/97, deux conditions obligatoires sont fixées pour l'admission des déchets dans une installation de stockage :

- La vérification de l'existence d'une information préalable ou d'un certificat d'acceptation préalable pour toute livraison de déchets ;
- Le contrôle de non radiation du chargement.

Les déchets interdits sont : les déchets dangereux, les déchets d'emballages industriels et commerciaux, les déchets liquides et les pneumatiques usagés.

#### 4.2 Description de l'enfouissement

Un site d'enfouissement technique permet la disposition finale des déchets solides de façon sécuritaire en minimisant les impacts sur l'environnement (Cintec Environnement Inc., 2004). Il ne peut être exploité qu'un casier ou qu'une alvéole par type (origine) de déchets (Article 27 de AR-FR/97).

Les déchets sont étendus en mince couches dans des cellules étanches et où ils sont nivelés, compactés et recouverts périodiquement avec de la terre ou un autre produit inerte pour limiter les infiltrations d'eau dans le déchet, et les nuisances dues aux envols de déchets et aux émanations de gaz.

**L'article 28 de AR-FR/97**, précise que seul les déchets mis en balles, qui ne seront pas compactés donc déposés en couches successivement, et recommande un recouvrement journalier de la zone exploitée du casier ou de l'alvéole afin de limiter l'envol des déchets légers.

**L'article 29**, oblige l'exploitant à mettre en place un programme de surveillance de ses rejets.

#### 4.3. Gestion des émissions liquides : lixiviats

La problématique "Eau" des installations de stockage est la préoccupation majeure pour l'aménagement et l'exploitation des sites. En effet l'eau constitue le principal vecteur de migration

des pollutions stockées eaux souterraines et superficielles (**Billard, 2001c**). Les lixiviats générés par les centres de stockage sont en composition différents selon la nature des déchets stockés.

#### 4. 3.1. Composition des lixiviats

Les lixiviats de décharge résultent de la percolation à travers le massif de déchets de l'eau contenue dans les déchets et de l'eau apportée par les précipitations (Billard, 2001c). Au cours de son transfert, l'eau se charge en polluants organiques et minéraux, présents sous formes solubles, particulaires ou colloïdale, via des mécanismes de transport des éléments, des mécanismes chimiques et des processus biologiques (Amokrane, 1994).

La charge minérale des lixiviats provient du lessivage des déchets, mais également de la minéralisation des matières organiques (Gachet, 2005), c'est un effluent complexe dont le flux émis et la composition sont en relation avec de nombreux paramètres tels que les conditions climatiques, la pluviométrie, la nature et l'âge ou le mode d'exploitation (Lagier, 2000).

Le stockage des lixiviats est en général nécessaire durant la phase d'exploitation pour faire face aux pics pluviométriques. Leur production et leur composition varient de façon significative en fonction de plusieurs paramètres, dont (Cabrel, 2002):

- Le type de recouvrement ;
- Le climat (précipitations annuelles et leur distribution temporelle, ensoleillement, évapotranspiration, température);
- Le ruissellement (fonction de la pente du recouvrement et du type de surface);
- La composition des déchets ;
- La densité des déchets et leur teneur en eau lors de la mise en place ;
- La qualité du recouvrement journalier et sa disposition ;
- La profondeur du site.

Malgré sa complexité, on peut distinguer quatre groupes de polluants caractérisent le lixiviat selon le professeur (**Matejka, 1995**) :

La matière organique dissoute,

Les composés minéraux majeurs : sels, les composés organiques anthropiques (hydrocarbures aromatiques, phénols, composés aliphatiques chlorés...

La concentration inférieure à 1mg.L<sup>-1</sup>)

Et Les métaux lourds (Zn, cd, Cr, Cu, ni, Pb...) à l'état de traces.

#### 4. 3.2. Genèse des lixiviats : Biodégradation et stabilisation des déchets

La composition des lixiviats est liée aux mécanismes physico-chimiques et biologiques se déroulant au niveau de la décharge.

Quatre phases sont distinguées (Borgés, 1988 ; Barrés et al., 1990 ; Moletta, 1993 dans Lanini 1998 ):

- **Hydrolyse** : les molécules complexes sont réduites en composés plus petits, solubles. Ainsi, les carbohydrates sont transformés en sucres simples, les lipides en acides gras à courte chaîne et les protéines en acides aminés et peptides. Cette étape peut se dérouler en aérobiose partielle.
- **Acidogénèse** : les produits de l'hydrolyse sont dégradés en acides organiques légers (Acides Gras Volatiles), de l'ammoniaque (NH<sub>3</sub>), de l'hydrogène et du dioxyde de carbone gazeux.
- **Acétogénèse** : Ces réactions transforment les AGV en acide acétique, hydrogène gazeux et dioxyde de carbone. Cette phase est réalisée par des microorganismes anaérobies.
- **Méthanogénèse** : L'acétate est converti en CO<sub>2</sub> et CH<sub>4</sub>. Les microorganismes méthanogènes sont strictement anaérobies. Ils nécessitent un environnement assez spécifique, qui rend cette dernière étape des processus de dégradation très dépendante des précédentes. Réactions chimiques (Gachet, 2005) :

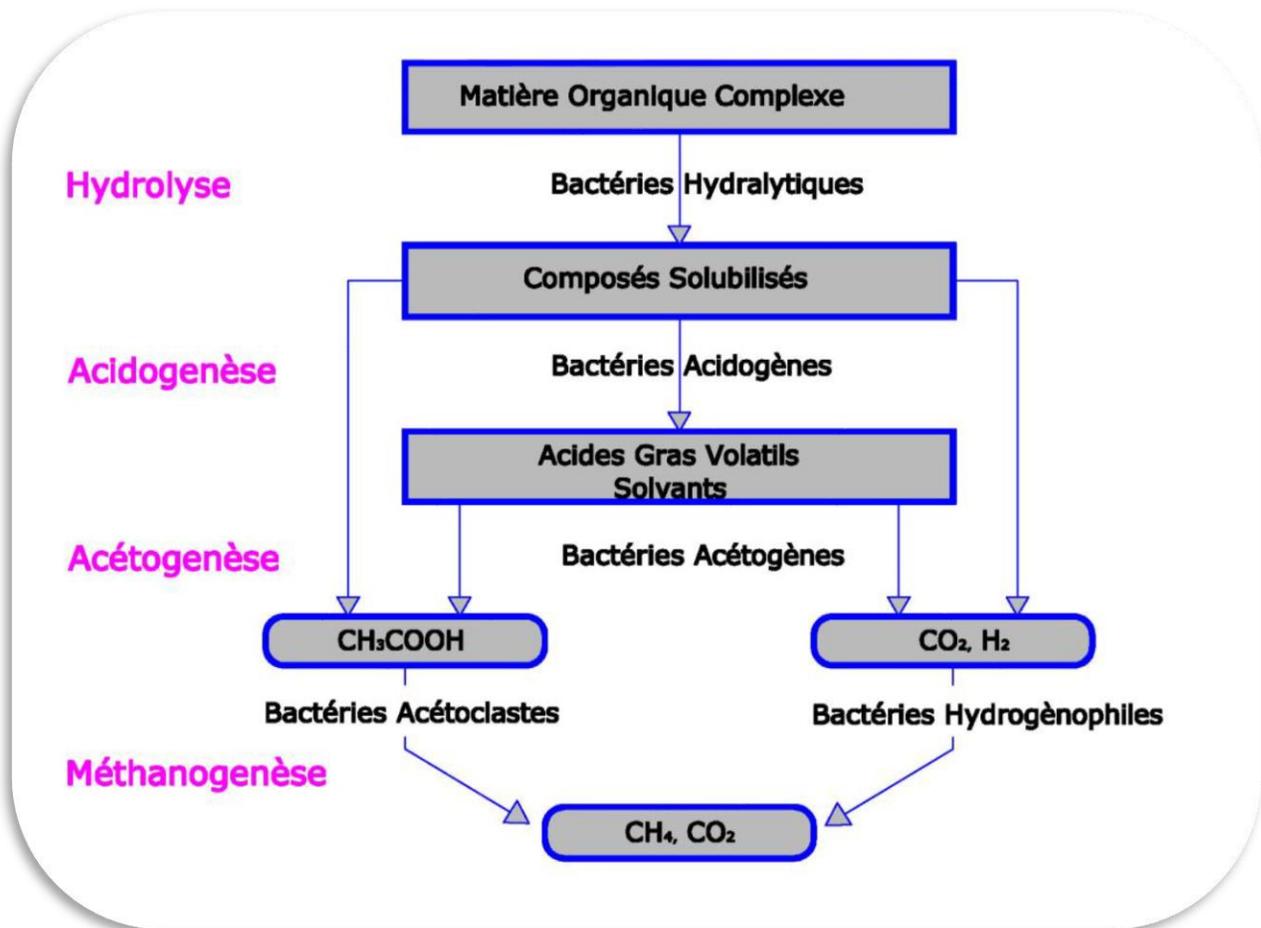


**Christensen et al.(2001)** rajoute une dernière phase dite de "maturation-stabilisation", qui correspond à la fin de la méthanogénèse, où, entre autres, l'oxygène réapparaît dans le milieu.

De la même manière, d'autres auteurs ont découpé l'évolution des décharges en fonction de la production des gaz. Ainsi, quatre phases ont été identifiées (Cabrel, 2002) :

- **Phase I** : Phase aérobie.
- **Phase II** : Phase anaérobie non méthanogène.
- **Phase III** : Phase anaérobie non méthanogène instable
- **Phase IV** : Phase anaérobie méthanogène stable.
- **Phase V** : Phase terminale de maturation.

Et en termes de durée, les Phases IV et V, sont considérées comme étant les plus longues



**Figure 2.6: Mécanismes Biologiques aérobie, anaérobie et physicochimiques Dans un massif de déchets. (Billard, 2001c)**

### 4.3.3. Drainage et collecte des lixiviats

La couche drainante a pour fonction de collecter et d'évacuer les lixiviats jusqu'au drains de façon à limiter la charge hydraulique à 30 cm, mais également de stocker une partie des lixiviats et d'écrêter ainsi le débit de pointe à évacuer par le système (ADEME, 1999), et la couche drainante en fond de casier doit être d'une épaisseur minimale de 50 cm (Annexe circulaire du 4 juillet 2002).

La collecte des lixiviats recueillis par le réseau de drain est assurée soit par un écoulement gravitaire ou dans un ou plusieurs collecteurs, soit par pompage à travers un regard dans une fosse d'accumulation placée au point bas du casier. Des puits en buses béton ou PEHD (polyéthylène haute densité) collecteront le lixiviat et seront stockés dans un bassin.

### 4.3.4. Traitement des lixiviats

Les articles (35 et 37) de AR-FR/97, relatif aux installations nouvelles de stockage des déchets, fixe les conditions de traitement des lixiviats interdits le rejet dans le milieu naturel (**Art.35**), et fixe à l'Annexe II des normes minimales.

Le traitement dans une station d'épuration collective, urbaine ou industrielle ou le raccordement à une telle station, n'est envisageable que dans le cas où celle-ci est apte à traiter les lixiviats dans de bonnes conditions (**Art.37**).

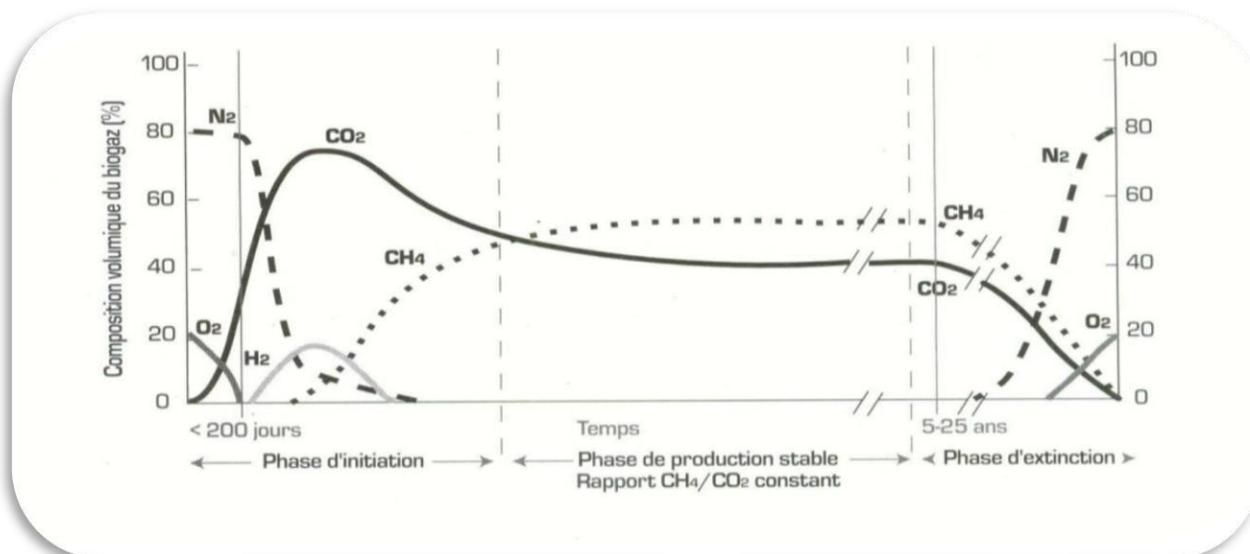
## 4.4. Gestion des émissions gazeuses : le biogaz

La gestion du biogaz des décharges a pour but de maîtriser les impacts sur l'environnement et les risques pour les personnes et les biens (ADEME, 2001).

### 4.4.1. Mécanisme de production du biogaz

La production de biogaz est un phénomène naturel et provient de la fermentation de la matière organique (Chassagnac, 2005) .

Au départ l'oxygène et l'azote ainsi que le gaz carbonique produit par la dégradation de la matière organique sont les composants essentiels. La production de biogaz atteint un maximum puis décroît et dure plusieurs dizaines d'années. Dès que la production de biogaz devient très faible, l'air pénètre à nouveau dans le casier et le reste des matériaux biodégradables, les fermentations produiront du gaz carbonique.



**Figure 2.7: Évolution de la composition gazeuse d'une décharge. (ADEME, 2001).**

Le potentiel calorifique du biogaz de décharge, est estimé à 5,9 KWh/m<sup>3</sup>, soit les deux tiers du gaz naturel, si la concentration volumique de méthane dans l'atmosphère est comprise entre 5,3 et 14 %, il y a risque d'inflammabilité, et il y aura risque d'exploitation dans un volume fermé, dont la limite supérieure d'inflammabilité passe à 15 % (Billard, 2001c).

#### 4.4.2. Traitement du Biogaz

##### a) Combustion

Le traitement du Biogaz par combustion est fait par l'intermédiaire d'une torchère. Deux types de torchère existent actuellement :

- La torchère à combustion externe ou à flamme qui dépasse le fût, et dans laquelle le gaz est incinéré à une température de 800 à 850°C;
- La torche à combustion interne ou à la flamme, se situe dans un fût de 6 à 8 m de haut et dans laquelle le gaz est incinéré à environ 1000°C. Le temps de rétention du gaz est supérieur à 0,3 secondes, ce qui permet une destruction complète des hydrocarbures halogénés.

#### b) Valorisation

Différents types de valorisation sont envisageables :

- La production d'électricité ;
- La production de chaleur ;
- La vente du gaz.

AR-FR/97 impose la collecte et le traitement du biogaz afin de protéger l'environnement par la réduction des nuisances olfactives et émissions de gaz à effet de serre, afin d'assurer la sécurité du site (incendie, asphyxie). De plus pendant l'exploitation, l'analyse du biogaz permet de quantifier l'air extérieur infiltré qui contribue à la dilution du biogaz (TSM, 2000, dans Gachet, 2005).

#### 4.5. Contrôle des nuisances

Plusieurs mesures de contrôle existent pour limiter les inconvénients pour les populations avoisinantes et réduire l'impact sur l'environnement :

- Les articles **20 et 21 de AR-FR/97** exige que le centre de stockage doit être équipé par un grillage en matériaux résistants d'une hauteur minimale de 2 mètres, muni d'un portail fermant à clef interdira l'accès de la décharge en dehors des heures d'ouverture (Art.3 de l'Instruction technique du 11 Mars 1987, relative aux installations classées pour la protection de l'environnement. Mise en décharge contrôlée ou Centre d'Enfouissement Technique de Résidus Urbains);

- L'article **20 AR-FR/97** exige la propreté des voiries ;
- Les articles **30, 31, 32,33 et 34** s'intéressent aux nuisances provoquées par l'exploitation ;
- Les articles **35, 36, 37** s'intéressent au non rejet des lixiviats dans le milieu naturel ; leur dilution et leur épandage sont interdits ;
- L'article **39** oblige la mise en place d'un programme de surveillance des rejets ; l'article **40** impose l'installation autour du site d'un réseau de contrôle de la qualité du ou des aquifères susceptibles d'être pollué par l'installation de stockage ; l'article **41** exige la mise en place d'un plan d'action et de surveillance.

### **5. Post exploitation et fermeture du site**

Dès la fin de comblement d'un casier, une couverture finale est mise en place pour limiter les infiltrations dans les déchets et limiter les infiltrations d'eau vers l'intérieur de l'installation de stockage (Art.47, de l'Arrêté du 09 Septembre 1997). Cette couverture multicouche qui comprend

- Une première couche de remblai de 30 cm, une géomembrane ;
- Une seconde couche de remblai, une couche de terre organique afin de favoriser l'apparition de la végétation disponible sur le site.

Tous les aménagements non nécessaires au maintien de la couverture du site, à son suivi et au maintien en opération des dispositifs de captage et de traitement du biogaz et de lixiviats sont supprimés et la zone de leur implantation est remise en état (Art.48, de AR-FR/97). La clôture du site est maintenue pendant au moins 5 années (Art.48).

Des contrôles de routine sont exigés pour détecter un éventuel dysfonctionnement durant l'activité sur le site (Art.45 et 46, de AR-FR/97).

Après la fermeture du Centre de Stockage de Déchets, un programme de suivi est prévu pour une période d'au moins (30 ans) (Art.51 de AR-FR/97), et cinq ans après le démarrage de ce programme, l'exploitant adresse un mémoire sur l'état du site accompagné d'une synthèse des mesures effectuées depuis la mise en place de la couverture finale.

La directive européenne 99/31 CE, impose la mise en place d'une période de suivi post exploitation aussi longtemps que la décharge est susceptible d'entraîner un danger pour l'environnement.

Le programme de suivi des rejets et des effets sur le milieu récepteur comprend un suivi des lixiviats, du biogaz, des eaux de ruissellements et des eaux souterraines et un suivi de l'air

ambiant (Billard, 2001a). Le même auteur insiste sur l'analyse de l'air ambiant et le contrôle de l'efficacité des systèmes de captage et de confinement ainsi que les paramètres de combustion tels que la température de flamme.

Le suivi du tassement est important du point de vue de la sécurité (stabilité des talus) et d'un point de vue économique (capacité de stockage ultime, optimisation de la durée d'exploitation (Olivier, 2003).

Poste	Opération	Coût (€ HT)	Fréquence
<b>Lixiviats</b>	Collecte et traitement	25 à 35 € par m <sup>3</sup> évacué (traitement à l'extérieur)	
	Entretien bassin	3000 à 5000 € par intervention	Tous les 5 à 15 ans
	Prélèvements et analyses	600 à 800 € par analyse et par point d'analyse	En fonction de l'arrêté préfectoral
<b>Biogaz</b>	Prélèvements et analyses	1 500 à 2 000 € par analyse et par point d'analyse	Au moins 2 fois par an
	Coût torchère	40 000 à 70 000 € par torchère	1 seule fois par torchère
	Maintenance réseau et torchère (hors réparation)	9 000 à 11 000 €	1 fois par an
<b>Eaux pluviales</b>	Démantèlement	30000 €	1 seule fois
	Entretien des fossés	2 à 5 € par mètre linéaire	1 fois par an
	Prélèvement et analyses	500 à 800 € par analyse et par point d'analyse	En fonction de l'arrêté préfectoral
<b>Eaux souterraines</b>	Prélèvements et analyses	600 à 800 € par analyse et par point d'analyse	En fonction de l'arrêté préfectoral
	Entretien des piézomètres (hors réparation)	100 à 600 € par piézomètre)	En fonction du site
<b>Intégration paysagère</b>	Entretien espaces verts	400 à 1000 € par hectare	1 fois par an
	Relevés topographiques	200 à 500 € par hectare	1 fois par an pendant 5 ans puis tous les 2 ans
	Entretien couverture	5 000 à 10 000 €	1 fois par an
<b>Sécurité et accessibilité</b>	Entretien clôture	19 à 24 € par m linéaire	1 ou 2 fois sur 30 ans
	Suppression clôture en fin de vie	9 à 11 € par m linéaire	1 seule fois
	Voirie - portail	5 000 à 8 000 €	1 seule fois
	Démantèlement (infrastructures hors biogaz)	30 000 à 80 000 €	1 seule fois
<b>Suivi administratif</b>	Assurances	3 000 à 12 000 €	1 fois par an
	Garanties financières	0,35 à 0,45 % des garanties financières	1 fois par an
	Consommables	A définir par les sites en extrapolant la consommation actuelle	
	Salaires	2 300 € en référence aux garanties financières	1 fois par an
	Rapports annuels	3 000 à 7 000 €	1 fois par an
	Bilans quinquennaux et décennaux	20 000 à 50 000 € par bilan	

Tableau 2.1 : d'estimation des coûts de post-exploitation (source : ADEME)

# **CHAPITRE III**

## **Centre de Stockage de Déchets Ultime (CSDU)**

## 1. Définition d'un déchet ultime :

Les déchets ultimes sont des déchets, résultant ou non de processus de traitement de déchets, qui ne sont plus susceptibles d'être traités dans les conditions techniques et économiques du moment, notamment par extraction de la part valorisable ou par réduction de leur caractère polluant ou dangereux. (L'arrête du 18 décembre 1992,)

### 1. Cadre réglementaire :( Pierre Melquiot , 2004)

Anciennement dénommés décharges ou CET (Centre d'Enfouissement Technique), il existe trois types de CSDU :

1. CSDU de classe 1 : pour le stockage des déchets dangereux.
2. CSDU de classe 2 : pour le stockage des déchets ménagers et assimilés.
3. CSDU de classe 3 : pour le stockage des déchets dits inertes.

Pour les CSDU de classe 2, c'est l'arrêté ministériel du **9 septembre 1997** qui sert de guide pour l'implantation d'un tel centre.

- La loi du 13 juillet 1992, quant à elle, fixe la suppression au 1er juillet 2002, des décharges brutes (c'est à dire les décharges à ciel ouvert sans géomembrane ni dispositifs de collecte du biogaz et des lixiviats) . A partir de cette même date, seuls les déchets dits "ultimes" devront être mis en décharge, c'est à dire ceux qui ne sont plus valorisables, ni par recyclage, ni par valorisation énergétique.
- Loi du 15 juillet 1975 modifiée par la loi du 13 juillet 1992 : définit la notion de « déchet», donne la charge aux communes d'éliminer leurs déchets, définit les responsabilités en matière de déchets.
- Loi du 19 juillet 1976 modifiée par la loi du 13 juillet 1992 : loi sur les ICPE, contrôle tous les types de traitement de déchets, prévoit que tout centre d'élimination de déchets est soumis au régime des installations classées, prévoit une remise en état du site pour les installations soumises à déclaration et à autorisation.
- Loi du 13 juillet 1992 : prévoit la mise en place de plans départementaux et/ou régionaux d'élimination des déchets ménagers et assimilés, introduit la notion de « déchets ultimes », prévoit la mise aux normes des unités d'incinération, favorise le recyclage, limite le transport des déchets en traitant/éliminant à proximité, énonce la

suppression à compter du 1er juillet 2002 des décharges brutes, institue une taxe de mise en décharge...

- Code de l'Environnement Livre V : Élimination des déchets et récupération des matériaux Articles L 541-1 à L 541-50, Articles R 541-7 à R 541-11 relatifs à la classification des déchets.

## 2. Choix du site

La zone d'exploitation de l'installation doit être distante de plus de 200 mètres de toute zone habitée et de tout local susceptible d'accueillir du public et être conforme au plan d'occupation des sols. Le sous-sol de la zone à exploiter doit présenter des caractéristiques de perméabilité suffisamment faibles pour assurer la prévention de la pollution des sols et des eaux souterraines par le lixiviat [**Arrêté ministériel de 1997 ; TSM, 2000**]. Le site de stockage doit satisfaire à des contraintes supplémentaires telles que l'aptitude du sous-sol à garantir la stabilité mécanique des casiers, la protection des ressources en eau, les besoins des collectivités (proximité des zones de production des déchets, accès au site), la protection du patrimoine, les risques d'inondation, les risques d'avalanche, etc. [**Directive européenne n°99/31/CE**].

## 3. Conception et réalisation

L'exploitation de la décharge est généralement facilitée par la subdivision de la zone d'exploitation en casiers, volumes délimités par une digue périmétrique stable, étanche afin d'assurer l'indépendance hydraulique des casiers, de restreindre les risques de pollution des eaux souterraines et de surface.



**Figure 3.1:** Centre de stockage de déchets ménagers (*source : Véolia*)

#### **4.1.les casiers :**

Les casiers peuvent être eux-mêmes subdivisés en alvéoles [Arrêté ministériel du 9 septembre 1997 ; ADEME, 1999]. Dans la mesure du possible, les déchets bio-évolutifs et les déchets peu évolutifs sont stockés dans des casiers ou alvéoles distinctes [TSM, 2000]. L'étanchéité des alvéoles est garantie par la mise en place d'une structure multicouche constituée d'une barrière de sécurité passive, située sous une barrière de sécurité active [ADEME, 1999 ; TSM, 2000].

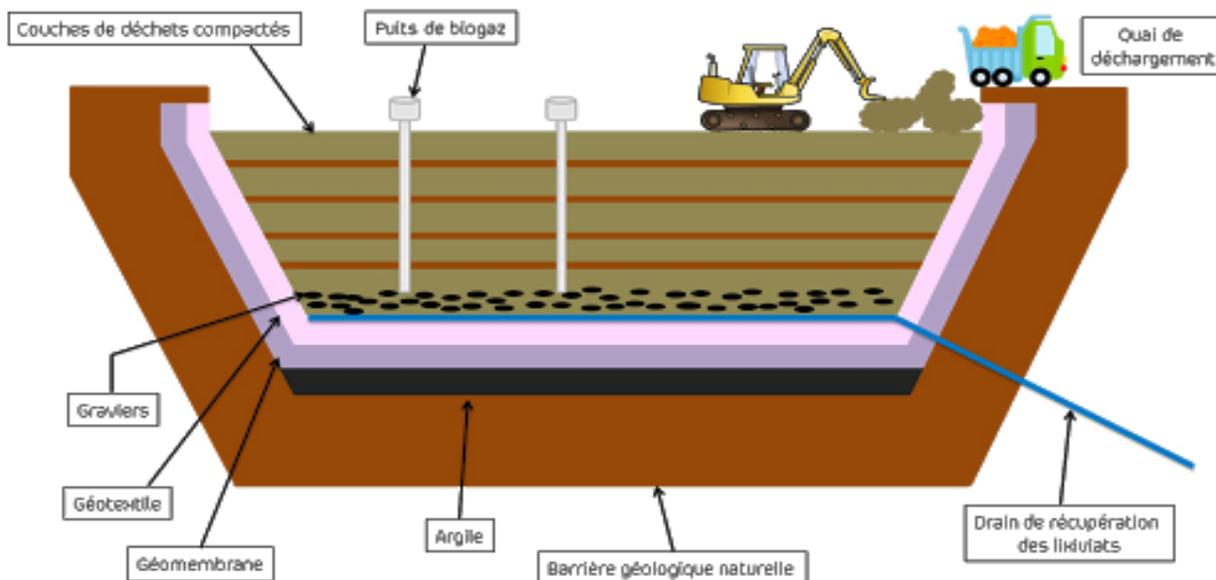
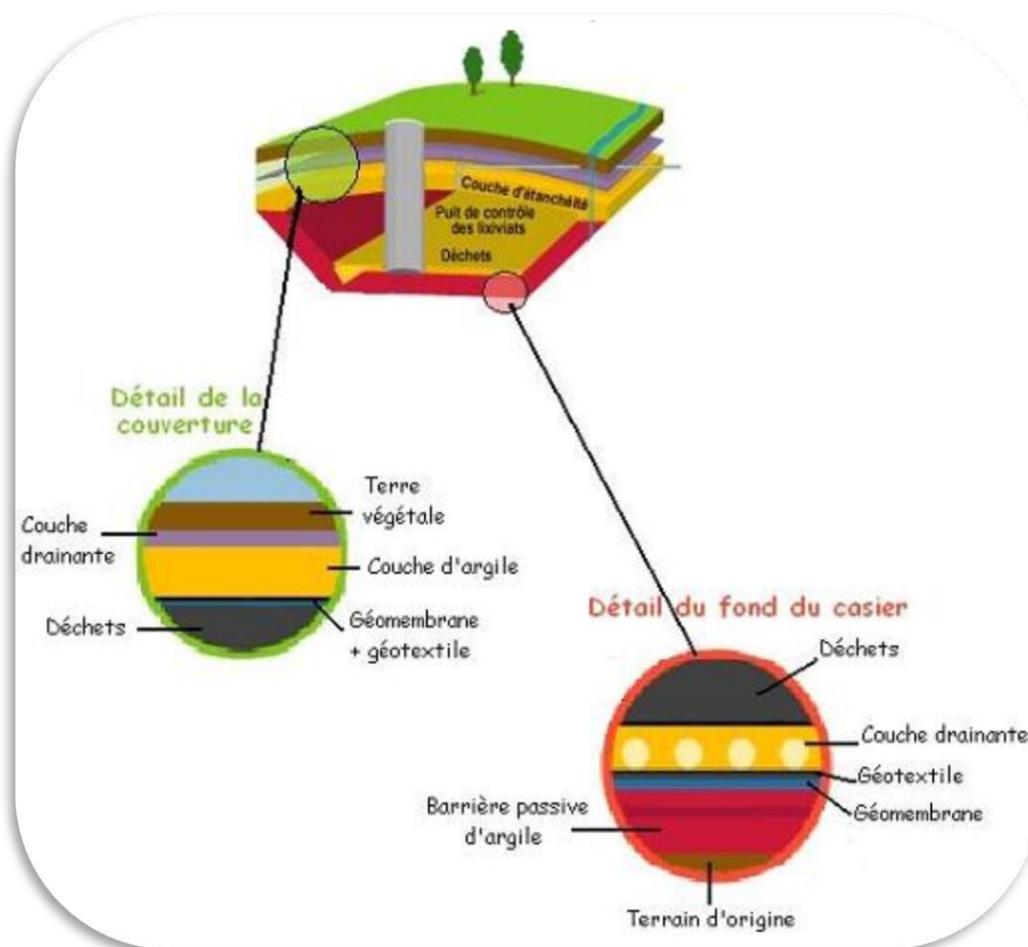


Figure 3.2: schéma d un casier (internet)

#### 4.2. Les barrières :

La barrière de sécurité passive est destinée à assurer au long terme la prévention de la pollution des sols, des eaux souterraines et de surface et à garantir l'étanchéité des casiers en cas de défaillance de la première barrière. Elle est normalement constituée du sous-sol du site. Si le sous-sol ne présente pas le niveau de perméabilité requis, la barrière de sécurité passive doit donc être complétée par des techniques de remaniement des sols avec ou non apport de matériaux possédant les propriétés d'imperméabilité requises [Billard, 2001a].

La barrière de sécurité active a pour fonction d'assurer l'étanchéité des alvéoles, son indépendance hydraulique, le drainage et la collecte des lixiviats et d'éviter la sollicitation de la barrière de sécurité passive [ADEME, 1999]. Elle comprend un fond de forme en pente et au minimum un point bas pour assurer l'écoulement des lixiviats, un dispositif d'étanchéité qui sert à empêcher les infiltrations vers la barrière de sécurité passive et permettre l'écoulement des lixiviats dans une couche drainante. Le dispositif d'étanchéité est réalisé par l'utilisation de matériaux géosynthétiques [Billard, 2001a].



**Figure 3.3: Détail des barrières actives de la couverture et du fond du casier**

La charge organique et la présence de nombreux polluants inorganiques dans les lixiviats impliquent leur collecte et leur traitement avant leur rejet dans le milieu naturel [Directive Européenne 99/31/CE & Arrêté ministériel du 09 septembre 1997]. Dans le massif de déchets, les lixiviats sont collectés par le système d'étanchéité-drainage (barrière de sécurité active) et acheminés vers des bassins de stockage. Le fond de forme des casiers sert de support au système de drainage des lixiviats. La couche drainante intègre des drains collecteurs de lixiviats. Les dispositifs de drainage sont constitués soit par des matériaux géo synthétiques, soit par des matériaux drainant, graviers par exemple, associés à des géo synthétiques [Billard, 2001a].

Afin de réduire l'effet de serre et garantir la sécurité du site, les réglementations européennes et françaises imposent la collecte et le traitement du biogaz [Directive Européenne 99/31/CE &

Arrêté ministériel du 09 septembre 1997]. La réglementation prévoit qu'au plus tard un an après leur remplissage, les casiers soient équipés d'un système de drainage et de collecte du biogaz. Le biogaz produit est extrait par des systèmes de drains horizontaux et/ou de puits verticaux mis en dépression (dégazage actif) par un système d'extraction puis évacué vers des collecteurs jusqu'à un dispositif de destruction ou de valorisation [Reinhart & Townsend, 1998 ; ADEME, 1999 ; TSM, 2000 ; Billard, 2001b]. Le système de drainage doit permettre de collecter le maximum de biogaz produit, de maintenir une qualité constante du biogaz pour assurer une alimentation régulière des dispositifs de traitement et offrir une certaine flexibilité compte-tenu des changements de production de biogaz au cours de la biodégradation [ADEME, 1999].

## **4. Exploitation et suivi du site**

### **5.1. Remplissage des alvéoles et gestion des déchets entrants**

L'arrêté ministériel du 09 septembre 1997 et la Directive Européenne 99/31/CE du 26 avril 1999 définissent la nature des déchets admissibles dans les différentes catégories de CSDU. L'arrêté d'autorisation d'un site précise les déchets qui pourront effectivement être stockés dans l'installation. Les textes réglementaires prévoient également que pour être admis dans une installation de stockage les déchets doivent satisfaire à une procédure d'admission préalable (type, provenance, mode de collecte, etc.) et au contrôle à l'arrivée sur le site.

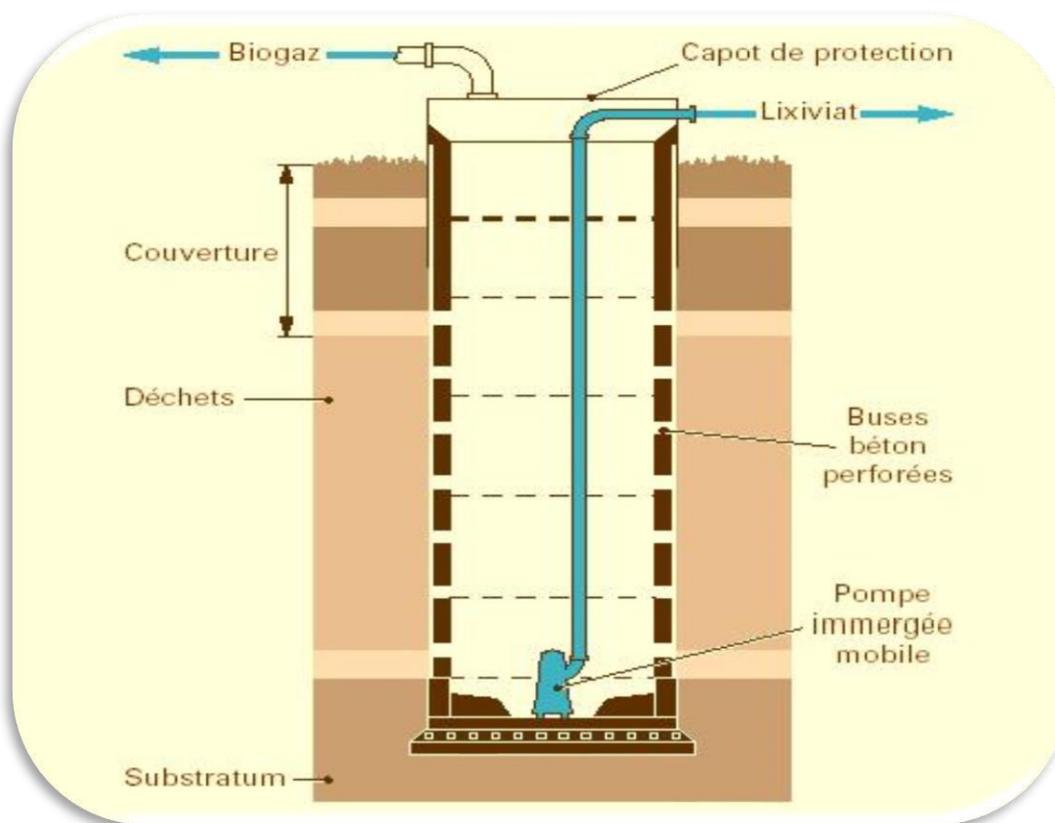
Les règles générales d'exploitation sont les suivantes :

- Il ne peut être exploité qu'un casier ou qu'une alvéole par catégorie de déchets,
- Les déchets sont déposés en couches successives et compactés sur site,
- Les déchets sont recouverts régulièrement de matériaux inertes pour limiter les infiltrations d'eau dans le déchet, et les nuisances dues aux envols de déchets et aux émanations gazeuses.

### **5.2. Gestion des émissions liquides : les lixiviats**

La Directive européenne 99/31/CE du 26 avril 1999 et l'Arrêté ministériel du 09 septembre 1997 définissent le terme lixiviat comme étant « Tout liquide filtrant par percolation des déchets mis en décharge et s'écoulant d'une décharge ou contenu dans celle-ci ». Au cours de son transfert, l'eau

se charge en polluants organiques et minéraux, présents sous formes solubles, particulières ou colloïdales, via des mécanismes de transport des éléments, des mécanismes chimiques et des processus biologiques [Amokrane, 1994]. La fraction organique se caractérise principalement par des molécules de faible poids moléculaire telles que les AGV (facilement biodégradables) et des molécules de poids moléculaire élevé apparentées aux substances fulviques et humiques (très peu biodégradables) [Gourdon, 1987 ; Amokrane, 1994]. La charge minérale des lixiviats provient du lessivage des déchets, mais également de la minéralisation des matières organiques



**Figure 3.4: Puits de collecte mixte (Source : techniques de l'ingénieur)**

Le stockage des lixiviats est en général nécessaire durant la phase d'exploitation pour faire face aux pics pluviométriques. Les bassins de stockage peuvent également servir de bassins de prétraitement des lixiviats (aération, décantation) [ADEME, 1999]. Ces bassins sont dimensionnés sur la base d'un bilan hydrique de la décharge. Les dispositifs de stockage des lixiviats varient d'un site à un autre et sont en général des réservoirs en acier ou en béton, parfois souterrains. Le matériau de construction doit tenir compte de la nature des lixiviats et de ses effets corrosifs [Reinhart & Townsend, 1998].

Débit..... (m <sup>3</sup> /jour)	10	50	100
Biologie + coagulation floculation (euros/m <sup>3</sup> traité)		7 à 9	5 à 9
BRM + coagulation floculation (euros/m <sup>3</sup> traité)		13 à 17	11 à 15
BRM + osmose inverse (euros/m <sup>3</sup> traité)	36 à 53	15 à 31	12 à 28
Biologie + ozone (euros/m <sup>3</sup> traité)	19 à 31	12 à 28	12 à 28
Rejet STEP (transport inclus) (euros/m <sup>3</sup> traité)		4 à 46	
BRM : bioréacteur à membranes ; STEP : station d'épuration			
Les prix rapportés au m <sup>3</sup> de lixiviat traité tiennent compte des coûts fixes (investissement et frais financiers) et des coûts proportionnels (réactifs, électricité, pièces de rechange, main-d'œuvre), ainsi que du traitement des sous-produits (boues et saumures)			

**Tableau 3.1: Coût du traitement des lixiviats en 1998**

Au cours de l'exploitation du site, la fréquence du suivi du volume de lixiviat recueilli est mensuelle et l'analyse de la composition du lixiviat (DCO, métaux, etc.) est trimestrielle. Les analyses pratiquées sur le lixiviat permettent de suivre son évolution et d'autre part de vérifier sa traitabilité [TSM, 2000]. En effet, la composition du lixiviat n'est pas constante au cours du temps, elle évolue en fonction de l'état de dégradation des déchets [Millot, 1986].

Les procédés de traitement appliqués aux lixiviats de décharge sont de types biologiques (lagunage, aération, etc.) et physico-chimiques (coagulation-floculation, oxydation, précipitation, Adsorption et filtration, etc.) [Millot, 1986 ; Amokrane, 1994 ; ADEME, 1999 ]. Les différents traitements sont souvent complémentaires. L'utilisation des traitements physico-chimiques peut intervenir soit pour compléter un traitement biologique, soit pour épurer un lixiviat peu biodégradable [Millot, 1986].

### 5.3. Gestion des émissions gazeuses : le biogaz

Le gaz de « décharge » est défini par la Directive européenne 1999/31/CEE comme étant « tous les gaz produits par les déchets mis en décharge ». En conditions anaérobies, sous l'action de micro-organismes, les substances organiques sont transformées en biogaz constitué principalement de méthane et de dioxyde de carbone. D'autres produits minoritaires sont

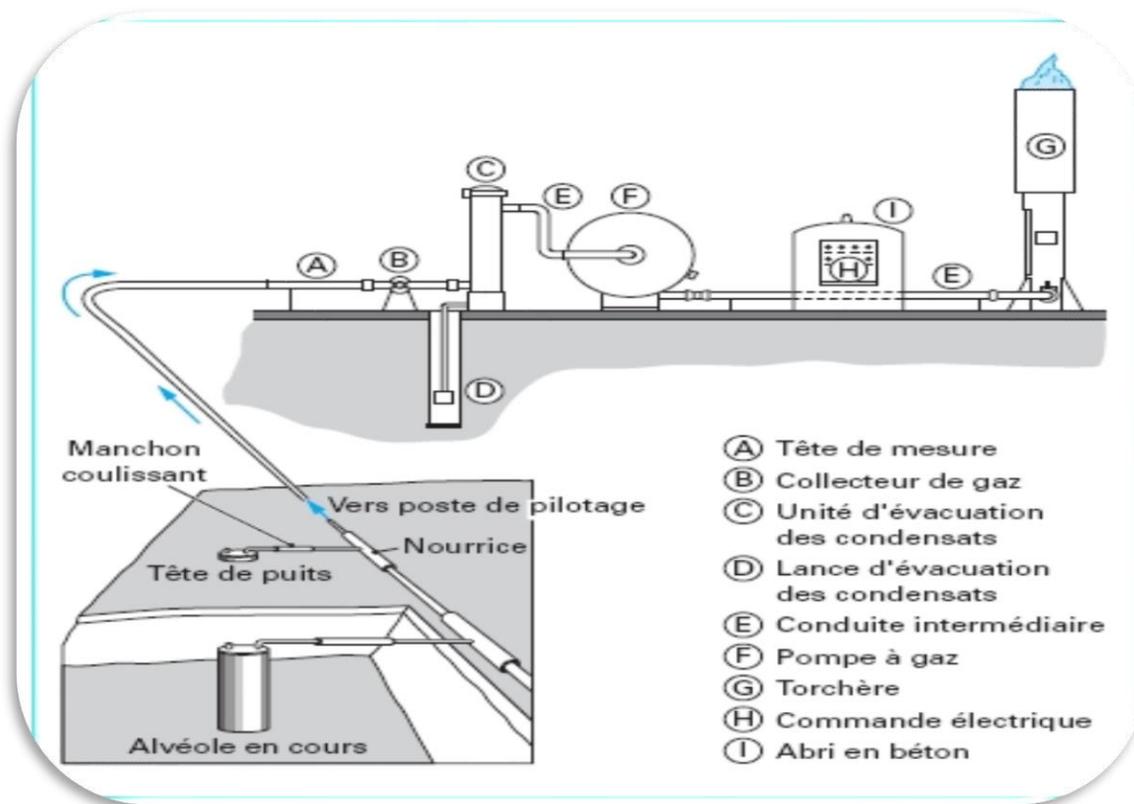
également présents tels que le sulfure d'hydrogène, les mercaptans et des composés organiques volatils, COV [Chiriac, 2004].

<b>Composition du biogaz</b>	<b>Caractéristiques</b>	<b>Teneur</b>
<b>Méthane: CH<sub>4</sub></b>	<b>Inodore et incolore. Principal gaz à effet de serre (GES)</b>	<b>50 à 70%</b>
<b>Dioxyde de carbone: CO<sub>2</sub></b>	<b>Inodore et incolore. Gaz à effet de serre.</b>	<b>30 à 50%</b>
<b>Hydrogène H<sub>2</sub></b>		<b>0 à 5%</b>
<b>Azote N<sub>2</sub></b>		<b>0 à 3%</b>
<b>Oxygène O<sub>2</sub></b>		<b>0 à 3%</b>
<b>Hydrogène sulfureux H<sub>2</sub>S</b>	<b>Hautement toxique, détectable grâce à son odeur caractéristique « d'œuf pourri ». Détectable à l'odorat à partir de 0,7 ppm. Inhibition de l'odorat à partir de 150 ppm. Mort à partir de 712 ppm.</b>	<b>0 à 2%</b>
<b>Mercaptans (thiols R-SH)</b>	<b>Malodorants et souvent toxiques</b>	<b>Traces</b>

**Tableau3.2 : Composition du biogaz**

La réglementation impose la collecte et le traitement du biogaz afin de protéger l'environnement par la réduction des nuisances olfactives et des émissions de gaz à effet de serre, afin d'assurer la sécurité du site (risque d'explosion par accumulation de biogaz d'incendie, d'asphyxie) et éventuellement afin de réduire les coûts d'exploitation du site par valorisation du biogaz produit [Williams, 1998 ; TSM, 2000]. La réglementation impose un suivi mensuel des émissions de gaz, des pressions atmosphériques et de la composition du biogaz (CH<sub>4</sub>, CO<sub>2</sub>, O<sub>2</sub>, N<sub>2</sub>, H<sub>2</sub>S, H<sub>2</sub> et H<sub>2</sub>O) [ADEME, 1999; TSM, 2000]. Le contrôle du biogaz doit être représentatif de chaque

section de la décharge. Afin d'obtenir une combustion optimale, il est nécessaire de mesurer les paramètres physiques du biogaz: température, débit et dépression [ADEME, 1999].



**Figure 3.5: Installation de collecte, transport et élimination du biogaz**  
(source : *Techniques de l'ingénieur*)

La composition du biogaz évolue au cours des différentes phases de biodégradation qui se déroulent dans la décharge [Palmisano & Barlaz, 1996 ; Reinhart & Townsend, 1998 ; Williams, 1998]. De plus, pendant l'exploitation, l'analyse du biogaz permet de quantifier l'air extérieur infiltré qui contribue à la dilution du biogaz [TSM, 2000].

## 5. Fermeture des alvéoles

Afin de réduire les volumes de lixiviats produits, faciliter la gestion post-exploitation et contrôler la migration du biogaz, dès qu'un casier est comblé, une couverture finale est mise en place sur les déchets. Il s'agit d'une barrière de sécurité active dont la principale fonction est d'isoler la masse de déchet de l'environnement extérieur, pour limiter les entrées d'eau dans le déchet [ADEME, 1999]. La structure de surface doit être pérenne car l'évolution de la décharge est

relativement longue. Elle est soumise à de nombreuses contraintes et agressions telles que le ruissellement des eaux pluviales, le tassement des déchets sous-jacent, l'agressivité chimique du biogaz et l'enracinement des végétaux [ADEME, 1999 ; TSM, 2000 ] et doit résister aux phénomènes d'érosion, d'abrasion, interdire les intrusions animales, conserver son intégrité et rétablir l'esthétique du site [ADEME, 1999]. Les couvertures sont composées de plusieurs couches ayant une fonction bien définie (étanchéité, drainage, protection, support de végétation, etc.) [TSM, 2000 ; Billard, 2001a].

La réglementation prévoit la mise en place d'une couverture semi-perméable sur des déchets à caractère évolutif, composée d'une couche drainante dans laquelle se situe le dispositif de captage et de drainage du biogaz, un écran semi-perméable, une couche drainante pour limiter les infiltrations d'eau et une couche de terre végétale pour la réhabilitation du site [TSM, 2000]. La mise en place d'une couverture étanche composée d'un écran imperméable, une couche drainante et une couche de terre végétale, peut être envisagée sur un site contenant des déchets évolutifs. Cependant, elle a pour incidence de rendre quasi nulles les infiltrations d'eau et conduire à un dessèchement des déchets.

## **6. Suivi post-exploitation**

Après fermeture du site, la production de biogaz et de lixiviat se poursuit sur de nombreuses années. Les textes réglementaires imposent la mise en place d'une période de suivi post-exploitation, aussi longtemps que la décharge est susceptible d'entraîner un danger pour l'environnement [Directive européenne 99/31/CE]. L'arrêté ministériel du 09 septembre 1997 demande un programme de suivi post-exploitation d'une période d'au moins 30 ans. Pendant cette période, l'exploitant reste responsable de l'entretien, de la surveillance, du contrôle de la décharge, de l'analyse des gaz, des lixiviats, ainsi que des nappes d'eau souterraines [Directive Européenne 99/31/CE]. L'objectif est de s'assurer de la sécurité et de la pérennité du système.

# **CHAPITRE IV**

## **Le Centre d'Enfouissement Technique CET**

## 1. Définition d'un CET :

Un CET est un lieu de stockage des déchets pour lequel la conception, l'implantation et l'exploitation sont menées de manière à minimiser l'impact environnemental et social de cette infrastructure de service public. (GRELA.R 2008)

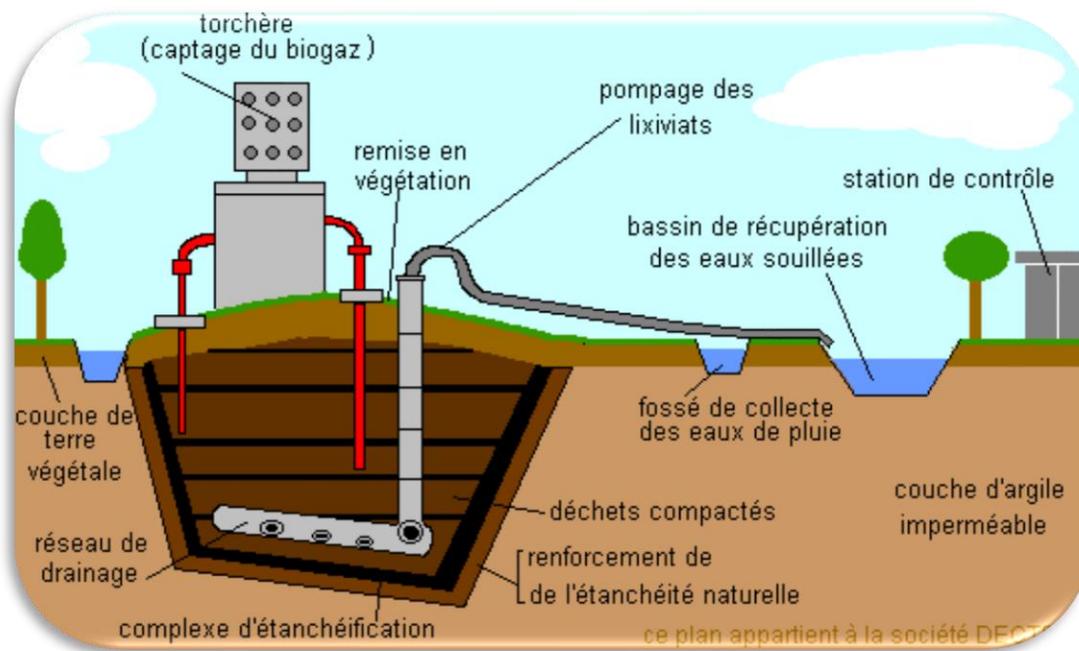


Figure 4.1 : présentation de CET (internet)

Le Centre d'Enfouissement Technique est destiné à recevoir les déchets ultimes. Il s'agit de déchets qui ne peuvent entrer dans une filière de recyclage ou de valorisation.

Il existe actuellement trois types de CET qui réceptionnent trois catégories différentes de déchets :

- 1) **CET de classe 1** : Pour déchets dangereux, toxiques (déchets industriels spéciaux traités et stabilisés, les cendres volantes des usines d'incinération, etc..).
- 2) **CET de classe 2** : Pour déchets ménagers et assimilés (ordures ménagères, encombrants, déchets verts, déchets industriels banals, etc.)

- 3) **CET de classe 3** : Pour les déchets inertes (déchets, déblais, gravats, etc...) issus d'entreprises du bâtiment et des travaux publics et de travaux de bricolage de particuliers. En règle générale, le centre d'enfouissement technique (CET) est réalisé pour une population de 100 000 habitants et plus.

La durée de vie d'un centre d'enfouissement technique est au moins 20 ans. Il est donc impératif de disposer de la surface de terrain nécessaire et de planifier l'exploitation du site sur la durée de vie minimale sus citée.

## 1. Les pièces d'un CET :

### 2.1. Le poste de contrôle

Avant l'admission d'un déchet dans une installation de stockage le producteur de déchets doit procurer le maximum d'information concernant son déchet. De ce fait l'exploitant doit délivrer un certificat d'acceptation des déchets admissibles à l'installation.

Toute livraison de déchets doit être vérifiée et subir un contrôle du chargement pour assurer l'exactitude des informations auparavant fournies.

### 2.2. Pont bascule

Le pont à pesées permet de produire des statistiques fiables de production des déchets. Afin d'utiliser ces statistiques au mieux, il est primordial d'associer les pesées à une origine et à la nature des déchets (ce point est particulièrement important pour l'estimation de la production de biogaz). Chaque camion doit idéalement être accompagné d'un bordereau de transport.

Tout pont à pesée de précision exige une vérification et un calibrage tous les 6 mois, et si possible être de type « hors-sol », posés sur une dalle de béton plane et horizontale.

### 2.3. Le centre de tri

C'est un lieu où s'effectue toutes les opérations de séparation des déchets selon leur nature en vue de leur traitement, valorisation ou l'élimination. Les déchets triés sont en grande majorité les papiers, cartons, plastiques, verres ; acier, aluminium. (JORA, 2001)

## 2.4. Les casiers

Le casier est une entité hydrauliquement indépendante qui peut être subdivisée en alvéoles. (ANONYME4).

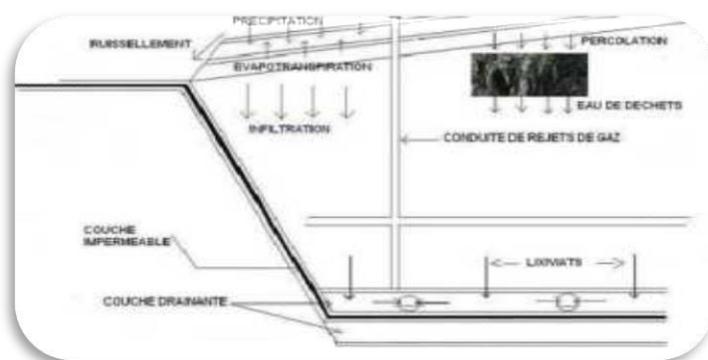


Figure 4.2 : Coupe schématique d'un casier (KHEMISS., 2014)

## 2. Choix de site d'un CET :

Avant la réalisation d'un C.E.T une étude devrait être faite sur la zone de la réalisation au niveau géologique, hydrogéologique, édaphique, climatique et démographique....

L'étude faite par un bureau d'étude de l'environnement :

- Présentation de chacune des communes aux plans géographiques, urbain, démographique, économique, social, culture et administratif
- Estima quantitative et projection sur 25 ans.
- Étude d'impact et Étude de dangers.
- Étude monographique, climatique, géologique....
- Cahier des charges pour la réalisation et l'équipement.

Une étude d'impact sur l'environnement est nécessaire. Elle doit répondre aux dispositions de la loi algérienne et refléter l'incidence prévisible du CET sur l'environnement. Cette étude doit comprendre une description détaillée du projet, une analyse de l'état initial du site et de son environnement naturel, socio-économique et humain une présentation des mesures envisagées pour supprimer, réduire et, si possible, compenser les conséquences du projet sur l'environnement.

### 3. La conception d'un CET :

Un C.E.T des déchets doit répondre aux exigences élémentaires en matière d'hygiène et de protection de l'environnement.

#### 4.1. Le CET est composé de :

- Une zone de service et direction où le contrôle, l'admission et la pesée des déchets se font.

Cette zone abrite également les bureaux, vestiaires et autres locaux.

- La zone d'enfouissement qui comporte les casiers d'enfouissement et la station de traitement des lixiviats (liquides émanant des déchets)
- Un réseau de voiries (bitumé) relie l'ensemble des éléments composant le CET.

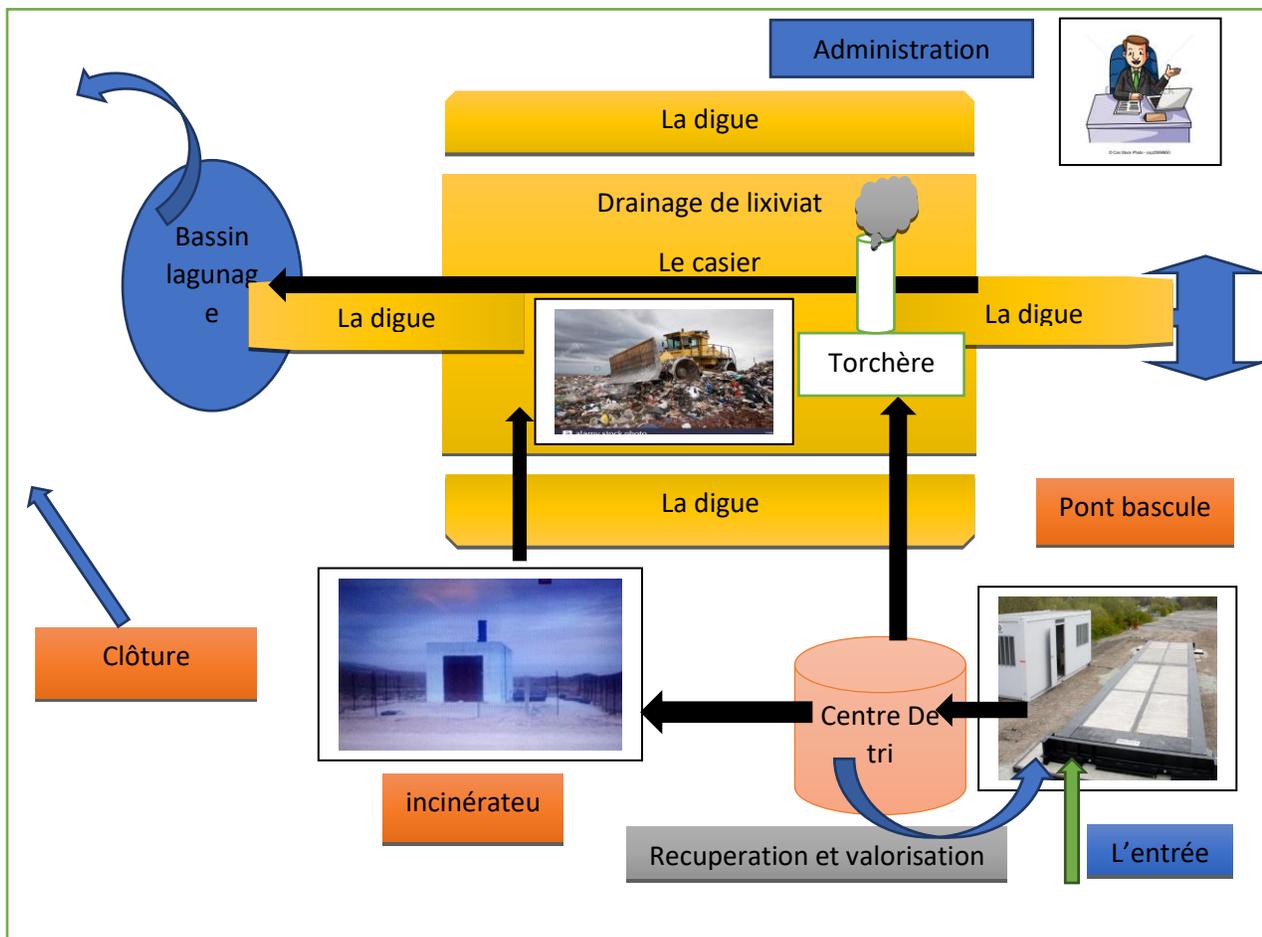


Figure 4.3: schéma présente les différent partie d'un C.E.T

#### 4.2. L'aménagement du casier :

La plus importante partie est le fond du casier qui est constitué de différentes couches qui sont de bas en haut ; pour éviter de polluer le sol et la nappe phréatique, il faudrait veiller à ne retenir pour l'aménagement de nouveaux C.E.T que des sites où la migration des polluants dans le milieu s'effectue lentement. Un tel sous- sol présentant de telles propriétés dans l'emplacement d'un C.E.T est nommée barrière géologique. Au fond du casier on a :

- ✚ Une couche drainante sous-étanchéité constituée de granulat 20-40 mm surmontée d'un géotextile anti contaminant.
- ✚ Une étanchéité minérale d'argile compactée constituée de 4 couches de 25 cm d'épaisseur +/- 5 cm plus 5 mm minimum de bentonite.
- ✚ Une géomembrane de 2 mm d'épaisseur ; ou 700 grammes par mètre carré.
- ✚ Un géotextile anti perforation pour protéger la géomembrane de 1400 gramme par mètre carré.
- ✚ Une couche drainante de 50 cm de granulats de grès parcourus par des collecteurs à lixiviat pour les cellules exploitées ou eaux pluviales pour les cellules non exploitées ;
- ✚ Une couche anti contaminant (géotextile ou géo grille) pour éviter que les déchets ne colmatent la couche drainante.
- ✚ Pierres roulantes d'Oued émoussés 16/32 ou gravies – géo grille-, non calcaire pour protège le PEHD de drainage.
- ✚ PEHD de drainage de 40 cm de diamètre.



**Figure 4.4: La Géomembrane, Le Géotextile et PEHD Du drainage**

### **4.3. Les barrières :**

#### **4.3.1. Barrière de sécurité passive :**

le cas échéant, dans l'objectif de renforcer la perméabilité naturelle propre au contexte géologique du site, l'exploitant met en place un niveau de protection supplémentaire approprié, visant à atteindre, de haut en bas, une perméabilité inférieure à  $1.10^{-9}$  m/s sur au moins 1 mètre et inférieure à  $1.10^{-6}$  m/s sur au moins 5 mètres.

#### **4.3.2. Barrière de sécurité active :**

Sur le fond et les flancs de chaque casier, une barrière de sécurité active assure son indépendance hydraulique, le drainage et la collecte des lixiviats et évite ainsi la sollicitation de la barrière de sécurité passive, qui est constituée par le substratum du site.

La barrière de sécurité active est normalement constituée, du bas vers le haut, par une géomembrane, ou tout dispositif équivalent, surmontée d'une couche de drainage.

La géomembrane ou le dispositif équivalent doit être étanche, compatible avec les déchets stockés et mécaniquement acceptable au regard de la géotechnique du projet. Sa mise en place doit en particulier conduire à limiter autant que possible toute sollicitation mécanique en traction et en compression dans le plan de pose, notamment après stockage des déchets. Elle doit être protégée des contraintes mécaniques liées à l'exploitation du site (poids, poussée, frottements induits par les déchets et les engins etc....).

Pour répondre à l'exigence prioritaire d'un CET qui est de réduire les émissions, on peut introduire aussi le principe de multi barrières :

**4.3.3. Barrière géologique** : pour éviter de souiller le sol et la nappe phréatique, il faudrait veiller à ne retenir pour l'aménagement de nouveaux CET que des sites où la migration des polluants dans le milieu s'effectue lentement. Un tel sous-sol présentant de telles propriétés dans l'emplacement d'un CET.

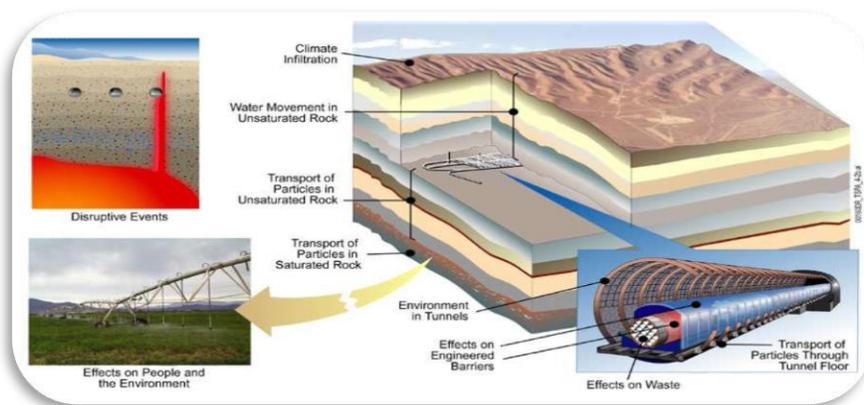


Figure 4.5: barrière géologique (source internet)

**4.3.4. Barrière « revêtement de base étanche »** : les impératives protections des eaux interdisant toute dégradation de la nappe phréatique, il faut faire en sorte qu'aucun polluant ne puisse parvenir dans le sous-sol. Dans le cas d'un CET, ceci peut être obtenu au moyen d'un revêtement de base étanche efficace.

**4.3.5. Barrière déchets** : il est possible d'envisager que seuls des déchets suffisamment débarrassés de polluants selon les méthodes correspondant à l'état de la technique, soient entreposés. Un prétraitement approprié peut aider à réduire les réactions biochimiques à l'intérieur d'un CET.

#### **4.4. Aménagement des accès, voiries :**

L'accès à l'installation de stockage doit être restreint et contrôlé. À cette fin, le stockage est clôturé avec une grille en matériaux résistants d'au moins deux mètres de hauteur, et est enterré dans le sol de 30 cm si nécessaire.

Cette clôture sera également bordée d'une clôture électrique pour empêcher l'entrée dans le jeu si nécessaire. Toutes les sorties ouvertes doivent être surveillées et gardées pendant les heures ouvrables.

Les routes doivent avoir un revêtement durable et s'assurer qu'elles sont propres. L'installation est équipée de moyens adaptés permettant le décapage et le lavage des routes

### **4. L'exploitation**

#### **5.1. Réception des déchets**

Les déchets sont acheminés au C.E.T. par camions. Est pesé à l'entrée du site. Si tout est conforme, les déchets sont ensuite déversés dans la zone adéquate du CET.

Un contrôle visuel est effectué par les opérateurs sur le compacteur lors de chaque déversement.

#### **5.2. Compactage**

Une fois déversés, les déchets sont compactés afin d'éviter des pertes inutiles de volume d'enfouissement.

#### **5.3. Couverture**

En fin de journée, afin de réduire autant que possible les éventuelles nuisances olfactives, les déchets enfouis et compactés sont recouverts par du compost mûré ou des bâches

#### **5.4. Collecte et stockage des lixiviats :**

Des équipements de collecte et de stockage avant traitement des lixiviats sont réalisés pour chaque catégorie de déchets faisant l'objet d'un stockage séparatif sur le site.

L'installation comporte ainsi un ou plusieurs bassins de stockage des lixiviats correctement dimensionnés.

Les lixiviats issus de chaque casier sont évacués gravitairement par le biais de collecteurs vers le bassin de stockage, puis le poste de relevage en amont de la lagune de traitement. Pour diminuer le risque de tassements différentiels (traversée de digue...), une pente minimale

#### 5.4.1. Traitement des lixiviats

Les eaux qui ruissellent au travers des déchets sont récupérées. Ce sont les lixiviats. Ces derniers sont pompés puis traités.

Les lixiviats sont tout d'abord préfiltrés. L'eau préfiltrée est pompée sous pression dans un séparateur à membranes où elle s'écoule à la surface de celles-ci.

Les paramètres à prendre en compte lors de l'analyse des lixiviats sont illustrés dans le tableau suivant :

Paramètre	Valeur
PH	6.5
DCO mg/L	> 10.000
DBO <sub>5</sub> /DCO	> 0,3
Composé organique	80 % AGV
Métaux lourds	< 2.000 mg. L-1

**Tableau4.1** : détermination des caractéristiques des lixiviats (KHEMISSI, 2014)

#### 5.5. La production de biogaz

Un CET présentant une épaisseur de déchets supérieure à 10m et contenant des déchets organiques produit du biogaz. Ce gaz contient du méthane, du dioxyde de carbone, de l'hydrogène sulfuré, des acides gras volatils, de la vapeur d'eau et d'autres gazent très faibles proportions.

La présence de méthane impose une vigilance particulière.

En effet, ce gaz est inflammable et peut être à l'origine d'incendies et d'explosions. Il contribue significativement à l'effet de serre. Une gestion contrôlée du biogaz consiste à empêcher sa

diffusion sur toute la surfaceuse CET, à le pomper puis à l'incinérer avec ou sans valorisation de son contenu énergétique.

La gestion du biogaz devra rester opérationnelle tant que le méthane est produit. Cette production persiste tant que les micro-organismes disposent d'une substrat organique biodégradable. (ADEME, 2012)

## **5.6. Contrôle et surveillance de l'exploitation**

Les valeurs de toutes les mesures et analyses effectuées sur le site sont régulièrement transmises aux autorités compétentes.

### **5.6.1. Accès au site**

Le seul accès au site est la route d'entrée des camions. Toute entrée ou sortie de véhicule est détectée, comptabilisée et enregistrée en permanence par des caméras. D'autre part, toute personne non autorisée à entrer sur le site est tenue de se présenter à l'accueil et de signer le registre des entrées.

### **4.6.2. Contrôle des eaux**

Des analyses régulières sont également effectuées sur les lixiviats.

Le pH, la conductivité et la température des eaux rejetées après traitement sont mesurés en continu.

### **5.6.3 . Contrôle de l'air**

L'analyse de l'air, à mesurer en permanence les teneurs en :

- Méthane (CH<sub>4</sub>),
- Hydrocarbures totaux,
- Dioxydes de soufre (SO<sub>2</sub>),
- Sulfure d'hydrogène (H<sub>2</sub>S).

# **CHAPITRE V**

## **décharge de classe 2**

## 1. Généralité :

Les décharges sont la plus ancienne manière de se débarrasser des déchets, et se placent aujourd'hui en dernière position dans la hiérarchie européenne des modes de traitement des déchets.

C'est seulement depuis la fin des années 1990 que la réglementation est devenue plus contraignante, également appelées "centres de stockage" ou "centre d'enfouissement technique". Cela a conduit à la fermeture de nombreux sites.

### 1. Les déchets admis

Les déchets admis aux décharges de classe 2 sont d'une part, les déchets ménagers et assimilés dont le comportement est forcément évolutif et conduit à la formation de lixiviats et de biogaz par dégradation biologique, et d'autre part, les déchets dont le comportement est peu évolutif avec une capacité de dégradation biologique faible et présentant un caractère polluant modéré. (DJEMACI, 2012).



Figure5. 1 : déchets admis (source internet)

## 2. Les types de décharge :

### 3.1. Décharges sauvages :

La décharge sauvage ou bien la décharge brute réalisé sans aucune précaution, les usagers viennent habituellement déposer leurs déchets à la sauvette.

Elle présente de très graves inconvénients, notamment

- L'étalement de la souillure par l'envol des papiers et des sachets.
- Le dégagement d'odeurs désagréables, et parfois de gaz toxique.
- La pollution éventuelle des eaux de surface et souterraine.
- La présence de déchets alimentaires attire les mouches et les rongeurs ; ces agents de propagation de maladies contagieuses constituent une grave menace pour la santé publique.
- L'incendie qui peut prendre dans la décharge a pour conséquence le dégagement et la propagation des fumées désagréables et très incommodantes pour le voisinage



**Figure5.2 : décharge sauvage (source internet)**

### 3.2. Décharge contrôlée :

Une décharge est contrôlée lorsque toutes les dispositions sont prises pour éviter les nuisances.

Il existe trois types de décharges contrôlées

- Décharge traditionnelle.
- Décharge contrôlée avec compactage des ordures.
- Décharge contrôlée d'ordures ménagères préalablement broyée



**Figure 5.3 : déchets contrôlée (source internet)**

### **3.2.1. Décharge contrôlée de type traditionnel :**

Dans ce type de décharge, la plus anciennement pratiquée, les ordures ménagères sont répandues par couches successives d'épaisseur modérée de 2 mètres environ, toute nouvelle couche est déposée que lorsque la température de la couche précédente résultant de la fermentation s'est abaissée à la température des sols naturels.

Ces couches sont nivelées à l'origine et limitées par des talus afin d'éviter qu'elles soient remises à 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. Ce type d'enfouissement en couches de faible épaisseur favorise la dégradation aérobie des déchets biodégradables.

### **3.2.2. Décharge contrôlée compactée :**

Dans ce type de décharge, les ordures sont répandues en couches minces (30 à 50 cm), puis fortement compactées à l'aide d'un compacteur, épandeur de type "Pied de Mouton", la densité finale peut atteindre 0,8 - 1,0 T/m<sup>3</sup> au fond du trou.

Le degré de compactage des déchets rend la prolifération des mouches et des rongeurs difficile et réduit les risques d'incendie sauf si des poches de biogaz sont emprisonnées suite à la dégradation anaérobie des déchets biodégradables favorisée par ce type d'enfouissement.

### 3.2.3. Décharge contrôlée de déchets broyés :

Cette méthode comporte les étapes suivantes :

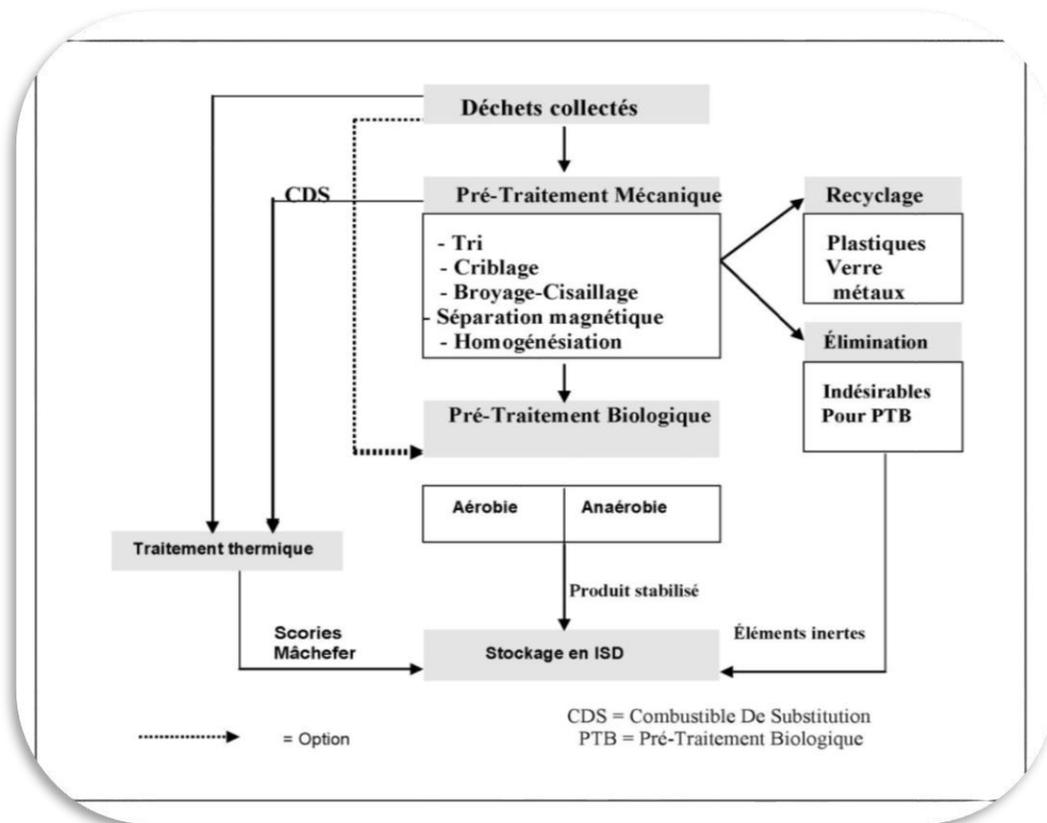
- ✚ Un broyage préalable des déchets
- ✚ L'étalage sur le terrain en couche adjacente d'épaisseur moyenne de 0,5 m
- ✚ La pose d'une couche superficielle inerte imperméable par la fermentation aérobie des ordures, couche protectrice des couches profondes
- ✚ La réduction des risques d'incendie en raison de la compacité de la masse d'ordures
- ✚ La récupération du biogaz due à la meilleure fermentation des déchets (**Gillet, 1985**).

### 3.3. Décharge contrôlée de déchets mis en balles

Les déchets sont compressés, ce qui réduit le volume et élimine l'eau et l'air contenus dans ces déchets. On confectionne ainsi des balles faciles à transporter et à entasser dans les alvéoles.

### 3.4. Décharge de déchets prétraités

Les Prétraitements Mécaniques et Biologiques (PTMB) sont l'association des opérations mécaniques de trie - valorisation, recyclage avec les opérations biologiques visant à réduire la quantité des déchets enfouis et stabiliser la matière organique présente dans la fraction résiduelle fermentescible (**Joacio.,Berthe,2006**). L'objectif principal est de produire un résidu stable destiné au stockage ultime en ISD (**Joacio ,2006**).



**Figure 5. 4 : Conception d'un prétraitement mécanique et biologique dans la gestion intégrée des ordures ménagères. (Ahour, 2008)**

### 3. L'exploitation :

#### 4.1. Modes d'exploitation des décharges contrôlées

Pour la décharge contrôlée traditionnelle ou compactée, cette technique, conçue dans le but de faire disparaître le front de décharge, consiste à découper le site en aires de forme rectangulaire de 3000 m<sup>2</sup>, à plus d'un mètre carré qui constituerai de petites décharges indépendantes appelées "Casiers" ou "Alvéoles" (Gillet, 1985).

Quant à la méthode classique d'avancement, elle consiste à faire avancer le front de la décharge à l'aide d'un engin à lame qui, en avançant, étale les ordures.

Dans le cas des déchets broyés ou les couches sont de faibles épaisseurs on ne peut mettre la couche qu'après 6 mois, temps nécessaire à la fermentation.

Ainsi, c'est suivant la présentation du terrain qu'on choisit l'une ou l'autre des méthodes citées. Pour un terrain plat, il est conseillé d'utiliser la méthode du casier et pour un terrain en cuvette,

les couches seront légèrement inclinées, dans ce cas, il est nécessaire de prévoir un drain pour les eaux de percolation car le bilan hydrique sera excédentaire.

#### 4.2. Bioréacteur

Depuis quelques années un nouveau système de traitement des déchets est apparu surtout dans les pays développés " le Bioréacteur " dont le principe repose sur le confinement et le contrôle des paramètres de fermentation.

Ce concept consiste à accélérer la décomposition et donc la stabilisation de déchets grâce à un apport contrôlé d'humidité au sein d'un massif de déchets. Pour cela, on injecte dans le massif de déchet, le lixiviat collecté en fond de casier. Cette circulation se fait par des puits verticaux ou des drains horizontaux (Grelier, et al., 2003).

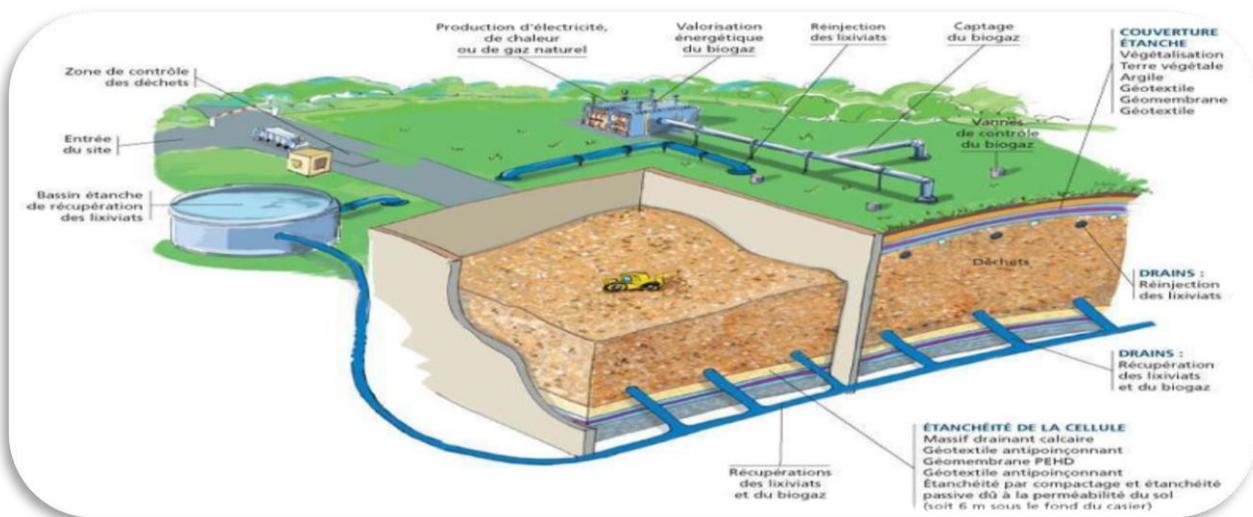


Figure 5.5: Schéma d'un site en gestion bioréacteur (Source : ADEME)

### 4. Les risques sanitaires et environnementaux

#### 5.1. La pollution par les lixiviats

Des fuites de lixiviat chargé de polluants et de matières toxiques peuvent se produire dans l'environnement entourant le site d'enfouissement, mettant en danger les plantes et les animaux qui les ingèrent, et au sommet de la chaîne alimentaire, les humains. Les gens sont directement touchés lorsque la décharge est située près d'un niveau d'eau qui approvisionne les résidents en eau potable

### **5.2. La pollution par les gaz**

La décomposition des biodéchets mis en décharge produit également du biogaz, principalement composé de méthane. La loi oblige les exploitants à mettre en place des systèmes de captation de ce gaz. Cependant, ces systèmes ne sont que partiellement efficaces et une partie des gaz s'échappe dans l'atmosphère.

### **5.3. Des impacts diffus difficilement étudiables**

Les pollutions engendrées par les décharges, et leurs impacts sanitaires et environnementaux sont difficiles à déterminer avec certitude car ils sont diffus dans le temps et dans l'espace. Plusieurs polluants interagissent dans des milieux naturels différents (air, sol, eaux etc.) sur le long terme.

Les liens de causalité entre les pollutions liées aux décharges et des maladies ou des modifications significatives de l'environnement sont donc particulièrement difficiles à établir. La littérature scientifique sur le sujet est ainsi peu nombreuse

## **5. Décharges et changement climatique**

Le tassement des déchets mis en décharge provoque la fermentation des biodéchets dans un milieu sans oxygène, créant ainsi des conditions favorables à l'émission de méthane dans l'atmosphère.

Ce gaz a un pouvoir de réchauffement global 25 fois supérieur à celui du CO<sub>2</sub>. D'après le CITEPA (Centre interprofessionnel technique d'études de la pollution atmosphérique), Or il est aujourd'hui urgent de réduire nos émissions de gaz à effet de serre. Retirer les biodéchets des centres de stockage participera à limiter notre impact sur le changement climatique.

Il existe des systèmes de captage pour récupérer en partie le méthane émis par les décharges et éviter qu'il ne se disperse dans l'atmosphère. Certains en ont même fait un véritable business en "inventant" les bioréacteurs, qui ne sont ni plus ni moins que des décharges dans lesquelles la production de méthane est intensifiée. Si les quantités de méthane capté sont suffisantes, il peut être valorisé en électricité. Cependant, il s'agit d'un moyen curatif qui ne permettra pas de résoudre le problème. Il limite les impacts mais n'agit pas à la source. Il est donc plus durable d'opter pour des moyens préventifs, c'est-à-dire pour des outils permettant de ne plus enfouir de biodéchets.

# **Partie II**

partie pratique (CET de Elkeurt  
Mascara)

### 1. Le Centre D'enfouissement Technique (CET) d'El keurt :

Le centre d'enfouissement technique **El keurt** est réalisé dans le cadre de programme de coopération technique Algéro-Belge se situé de **10 Km** Sud-Ouest chef-lieu de la wilaya de Mascara occupe une superficie de **46 hectare**, c'est un CET de classe 2 qui reçoit des déchets ménagers et assimilés depuis janvier 2016 de 25communes après le transfert de 3 communes le mois d'octobre 2016 vers la décharge contrôlée D'oued Al Abtal.

Le CET **El keurt** est géré par l'établissement public de gestion des centres d'enfouissement technique de la wilaya de Mascara vu l'arrêté N°702 Du **11 Février 2016** par la wilaya de mascara.



Figure 6.1 : Centre d'Enfouissement Technique C.E.T d'El keurt de mascara



figure 6.2 : vue de haut du CET El keurt Mascara. (Google maps)

## 1. Les risques :

Bien que ces centres aient été créés pour protéger l'environnement, il existe plusieurs dangers, notamment la pollution des eaux de surface, des eaux souterraines et de l'air. Il est donc impératif de disposer de géomembrane et de sols argileux à haute imperméabilité, de disposer d'un système de valorisation du biogaz efficace et de bien stocker les déchets finaux incombustibles et non explosifs.

Pour réduire efficacement les risques, il est important d'étudier les risques et les impacts que le CET peut entraîner sur l'environnement et la santé humaine.

## 2. La conception :

3. L'étape des études préliminaires est une étape très importante et sensible. Elle permet de sélectionner des sites après une étude d'impact afin d'étudier les impacts du projet d'implantation TEC sur l'environnement, et de s'assurer que l'impact des décharges est le plus faible possible.

Le CET est choisi en fonction des caractéristiques suivantes :

- Il doit être situé dans un contexte topographique géologique, géotechnique et hydrogéologique approprié, et disposé également de données sur l'urbanisme, les servitudes, les terrains, les routes, les voies ferrées ou les accès fluviaux et les services publics .
- Le site ne doit pas être à moins de **200 mètres** des zones résidentielles , même si des sources d'eaux potables tel que les rivières .
- Il doit être imperméable, d'une épaisseur d'au moins **5 mm** près prise en compte des travaux d'aménagement, et caractérisé par un facteur de perméabilité inférieur à  **$1 \times 10^{-9}$  m** au fond et sur les côtés de l'installation. Déterminer l'emplacement du niveau des eaux souterraines, la profondeur, la perméabilité et l'état réel du sol et des roches, confirmer les conditions appropriées pour le développement des sites et des cellules funéraires, et assurer la faisabilité du projet.

- L'étude géologique et hydrogéologique du site doit prendre en compte l'examen des risques naturels (inondations, affaissements, glissements de terrain...) susceptibles d'affecter le site

(Art 10)

### 3.1 Aménagement du CET :

#### 3.1.1. Cellules d'enfouissement (Casiers et alvéoles)

Les casiers ont fréquemment des surfaces maximales allant de **5000 m<sup>2</sup>** dans le cas d'une petite décharge à **1,5 ha** pour une grande décharge. Des digues étanches entourent les Casiers, et l'ensemble des Casiers est entouré d'une digue périphérique avec des pentes de **2/1** à l'intérieur et de **3/1** à l'extérieur.

L'étanchéification des alvéoles et le contrôle des eaux, sont réalisés à l'aide de plusieurs couches :

- ✓ matériaux drainants **20/40 sur 50 cm**,
- ✓ géomembrane **PEHD de 2 mm**
- ✓ Géotextile de **500 g/m<sup>2</sup>**.

Les déchets sont entreposés dans un lieu confiné, sans échange avec les milieux environnementaux (eaux souterraines, sol et atmosphère) (Figure 6.3).

Entre le stockage et ces différents lieux, des dispositifs de sécurité sont aménagés sous forme de " barrières ", passives et actives.

La sécurité passive est constituée par l'environnement géologique du CET, alors que la sécurité active fait intervenir le déchet, le drainage de lixiviat et la couverture du CET (**ADEME, 1998**)

La barrière active est constituée du bas vers le haut :

D'une géomembrane, ou tout dispositif équivalent, surmontée d'une couche de drainage :

- La géomembrane (PEHD) est le dispositif le plus largement utilisé, d'épaisseur égale à **2mm** ;
- D'un réseau de drains en PEHD de diamètre égale à **30 cm**, perforé permettant l'évacuation des lixiviats vers le collecteur principal ;
- D'une couche drainante et filtrante, d'épaisseur minimale de **50 cm** et d'une perméabilité de **10<sup>-4</sup> m/s** de nature non calcaire, granulaire (sable avec une épaisseur minimale de la

couche de 30 cm, constitué de particules de 9,5 mm de diamètre et de conductivité hydraulique minimale de  $10^{-2}$  ou géotextile (géotextile avec une ouverture de préférence supérieure à 5000 micromètres) qui permettront d'éviter le colmatage (Johanessen,1999) et offrira une protection à la couche étanche et aux diverses conduites.

La barrière passive : le terrain naturel. Elle doit présenter de haut en bas, une perméabilité (K) inférieure à  $10^{-9}$  m/s sur au moins 1 m et inférieure à  $10^{-6}$  m/s sur au moins 5 m.

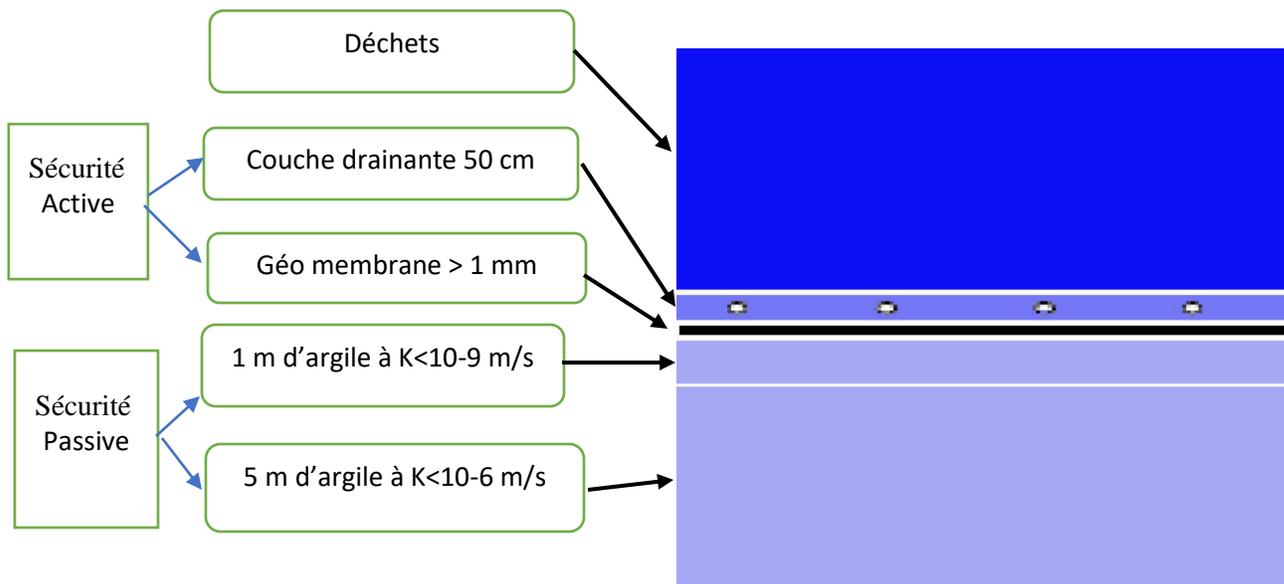


Figure 6.3 : Aménagement d'un fond de décharge de classe 2 (CNIID, 2001)

### 3.1.2. Maîtrise des eaux souterraines

L'imperméable est recommandé par la nature du substratum (argile, schiste), avec une étanchéité dont l'infiltration théorique doit être  $< 50$  mm/an (Johanessen, 1999) et qui empêche l'infiltration des lixiviats.

Trois puits d'observation placés en triangle et couvrant l'ensemble du terrain pour le contrôle des eaux souterraines est recommandé, leur installation doit s'effectuer dans l'unité stratigraphique saturée la plus proche de la surface (Environnement Québec, 2003).

L'expertise des eaux souterraines, en aval d'un CET de classe II, nécessite la connaissance de l'aquifère, de son fonctionnement et un accès facile à des piézomètres ou à des puits, qui permettra l'échantillonnage des eaux (Vilomet,2000).

### 3.1.3. Maîtrise des eaux pluviales

Les réseaux de collecte des effluents doivent être séparés des eaux pluviales (Zahrani,2006). Ils doivent être conçus à l'extérieur de la zone d'exploitation, avec un fossé périphérique au tour des casiers et sur l'ensemble du site du CET (Zahrani,2006).

Cela permettra le suivi et la qualité des eaux souterraines et la vérification de l'absence d'impact sur le milieu.

En effet, l'implantation des forages de contrôle de la qualité des eaux souterraines est préconisée (BRGM, 2003) :

- Pour les sites utilisant une barrière passive naturelle, un forage tous les 100 m le long de la limite aval hydraulique du site.
- Pour les sites utilisant une barrière en géosynthétique, un forage tous les 50 m le long de la limite aval hydraulique du site, et les mesures plus d'une fois par an, et au minimum 4 fois par cycle saisonnier.

Le réseau d'eaux pluviales est constitué de fossé et/ ou de collecteurs reliés à un bassin de contrôle ou directement au point de rejet qui peut être l'exutoire final dans le milieu naturel (ADEME, 2005c).

### 3.1.4. Les équipements nécessaires

Plusieurs équipements sont indispensables dans un CET tel que :

- ✚ Clôture du site ;
- ✚ Poste de contrôle ;
- ✚ Parking ;
- ✚ Routes externes menant au site ;
- ✚ Voirie permettant l'accès à l'intérieur du CET et menant aux casiers d'exploitation ;

- + Bâtiment administratif pour les employés Sanitaires (toilettes, douches) ;
- + Pont bascule pour la pesée des déchets entrants ;
- + Station de carburant pour les engins de l'exploitation
- + Garage d'entretien et lavage des engins de l'exploitation ; Matériel d'exploitation ; (chargeur et compacteur) ;
- + Éclairage, moyen de télécommunication.

### 3.1.5. Durée de vie

La durée de vie du CET est de **20 ans**, à cet effet le site peut être agrandi à fur et à mesure de l'exploitation.

### 3.1.6. Accès au CET

Le contrôle du trafic et du public est préconisé seuls les employés et les éboueurs chargés du transport des déchets sont autorisés.

## Pour CET d'El keurt on a :

- Surface du projet **46ha**.
  - Le siège : OUELAD BENDAHA el KEURT mascara.
  - Population concernées : **450000 habitants**.
  - Nombres de communes desservies : **25 communes**.
  - Maître de L'ouvrage : Monsieur le Wali de la Wilaya de Mascara représenté par la direction de l'environnement.
  - Financement du projet : coopération technique **ALGERO-BELGE**.
  - Maître de l'œuvre : bureau d'étude math.
- LOT N°01 : Casier Voiries –Eclairage Publique –Réseaux.**
- Entreprises de réalisation : **AMENHYD-ALGERIE**.

- Capacité du : casier N°1 : **450 000 m<sup>3</sup> (Réaliser /exploité)**

Casier N°02 : **1250 000 m<sup>3</sup> (réalisé)**

Casier N°03 : **764 000 m<sup>3</sup>**

Casier N°03 : **1670 000 m<sup>3</sup>**

Délai de réalisation : **huit mois (08)**

AVENANT : trois **mois et demi (03.5)**

ODS DES TRAVAUX : **09 /12/2012** Réception Le : **09/06/2014**

- TAUX D'AVANCEMENT : **100%**
- GESTION ET EXPLOITATION : EPIC CET DE MASCARA
- EQUIPEMENTS : **(02) BULL-DOZER**  
**(01) UNE PELLE CHARGEURE**  
**(01) UN RETROCHARGEURE**  
**(02) CAMIONS 15/17 T**  
**(01) UN COMPACTEURE**

- **IMPACT DU PROJET :**
  - \* Eradication des décharges sauvages.
  - \* Protection de l'environnement.
  - \* Gestion rationnel des déchets.
  - \* Impact socio-économique positif.

**LOT N° 02 :** Les bâtiments annexes du CET D'el Keurt.

Entreprise de réalisation : AEEC/HABACHE groupement.

- ODS : **21/01/2015**
- DELAI : **Six mois (06)**

- **MONTANT : 86.962.100 DA HT**
- **BET : MATH**

**Les moyens humains :** 03 chefs de groupe.

: 13 Agents de sécurité.

**3 - La structure de sécurité :** (surveillance et intervention) fonctionne en système de rotation, et composée de trois équipes de 03 agents dont un chef de groupe qui travaille en nuit et de 03 agents qui travaillent en jours.

- **Accès :** l'entrée de CET est interdite à toute personne non autorisée.
- **Bâtiment :** un bâtiment administratif avec sanitaire et des douches.
- Hangar pour le véhicule de services

#### **4. Exploitation**

La connaissance de la nature, de l'importance de l'origine et de la variabilité des flux de déchets entrants et leur tonnage sur le site d'enfouissement ainsi que de leur mode de collecte est fondamentale pour concevoir et planifier le mode de gestion, la capacité et la durée de vie d'un centre d'enfouissement technique.

Il ne peut-être exploité qu'un casier ou une alvéole lorsque le casier est subdivisé en alvéoles, et l'exploitation du deuxième casier n'aura lieu que lorsque le premier est réaménagé ou atteint un stade avancé d'exploitation (**Art 27 de l'Arrêté du 09 septembre 1997** de la réglementation française).

Le contrôle des camions transportant les déchets à l'entrée du CET est obligatoire. Seuls les déchets solides urbains sont acceptés conformément au cahier des charges.

Le passage des camions sur le pont bascule permettra d'enregistrer l'origine et la qualité de déchets entrants, la vérification visuelle du changement et une prise périodique d'échantonnage.

Le tri des déchets doit se faire en amont, avec aménagement d'une plateforme de tri au niveau du CET, cela permettra d'organiser et de réglementer la récupération informelle qui se fait à l'intérieur du CET à côté des casiers d'enfouissement des déchets.

La reconnaissance des acteurs de la filière informelle de récupération et de recyclage (récupérateurs ambulants et intermédiaires) par amélioration de leur condition de travail par les équipements (vestimentaires, outillage), et suivi sanitaire par les services de la commune.

Une autre plate forme de compostage est préconisée, qui ne concerne que la fraction organique permettant la valorisation des déchets d'origine diverses (papier, carton et déchets verts).

Après la caractérisation physique des déchets, il est nécessaire de réaliser une analyse chimique pour compléter les informations sur la nature des déchets et comprendre l'état de sa dégradation. on recherchera la partie de la matière organique et la partie de la matière minérale, et on vérifiera les rapports carbone, azote, phosphore, potassium, chlore et soufre, ces ana analyses font dans un laboratoire spéciale .

#### **4.1. Compactage de dechets :**

Les déchets une fois triés sont déversés au niveau du casier. Ils sont étalés en fines couches, compactés à l'aide d'engins à pieds de moutons (pour densifier le déchet et augmenter la capacité de stockage du site).

**L'ADEME (2005c)**, préconise le compacteur à pied de mouton de 20 à 80 tonnes dans le cas des déchets ménagers, et spécifie que le compactage inclut un certain nombre de règles d'homogénéisation qui se résument en un mélange d'éléments grossiers avec des éléments fins, secs avec humides et des déchets durs avec constituants mous pour éviter le foisonnement des constituants fibreux qui rendent l'exploitation difficile.

#### **4. 2. Couverture des déchets**

##### **4. 2.1. Couverture journalière (périodique)**

Après compactage des déchets dans le casier, ces derniers sont recouverts périodiquement d'une couche de terre de 10 à 30 cm d'épaisseur pour limiter les nuisances. La quantité minimale de matériaux de recouvrement doit être toujours disponible, doit être au moins égale à celle utilisée pour quinze jours d'exploitation (**Art 28 de l'Arrêté du 09 sept 1997 de la réglementation Française**).

##### **4. 2.2. Couverture finale**

La couverture finale du site est l'élément principal pour minimiser l'accès aux déchets, réduire l'infiltration des eaux de surface, et diminuer la vitesse d'écoulement et donc minimiser la qualité

de lixiviat à traiter (**Pouget, 2004**). L'objectif réglementaire est d'atteindre un état de site compatible avec l'usage prévu (**ADEME, 2005c**).

Cette couverture permettra le développement de la végétation choisie adaptée aux conditions du milieu pour améliorer son insertion dans le paysage, la lutte contre l'érosion et l'augmentation de l'évaporation. Les espèces végétales plantées seront choisies en fonction des caractérisations du sol et du climat local.

**L'ADEME (2005)**, préconise dans le cas des couvertures multicouches (semi perméables et perméables), les espèces à racines superficielles ou traçantes car les espèces à racines pivotantes peuvent endommager les géo membranes.

Plusieurs auteurs se sont intéressés à la nature de la couverture finale dans les casiers d'enfouissement, nous citerons ADEME et BRGM en Mars 2005 dans le guide "pour le dimensionnement et la mise en oeuvre des couvertures des sites de stockage de déchets ménagers et assimilés" et LIRIGM en Mars 2005 lors d'un workshop internationale dont le thème est "Hydro-physicomechanics of landfills", tous s'adressent en priorité aux exploitations des CET(s) et apportent des éléments d'orientation pour le suivi des CET(s).

Ils préconisent dans le cas des sites de déchets ménagers présentant un environnement peu vulnérable, une couverture multicouche semi perméable, dont la perméabilité est en générale comprise entre  $10^{-6}$  et  $10^{-9}$  m/s, et dans le cas des sites de déchets à fort potentiel polluant, une couverture multicouche imperméable dont les performances en termes de perméabilité sont en générale inférieures ou égales à  $10^{-9}$ m/s.

Cintec environnement (2006), préconise comme couche de couverture finale, un toit multicouche constitué d'une première couche de remblai de 30 cm, une géomembrane, une seconde couche de remblai et une couche de terre organique pour favoriser l'apparition de la végétation. Et l'ADEME ( 2005c) propose une structure type d'une couverture (**Figure, 6.4**).

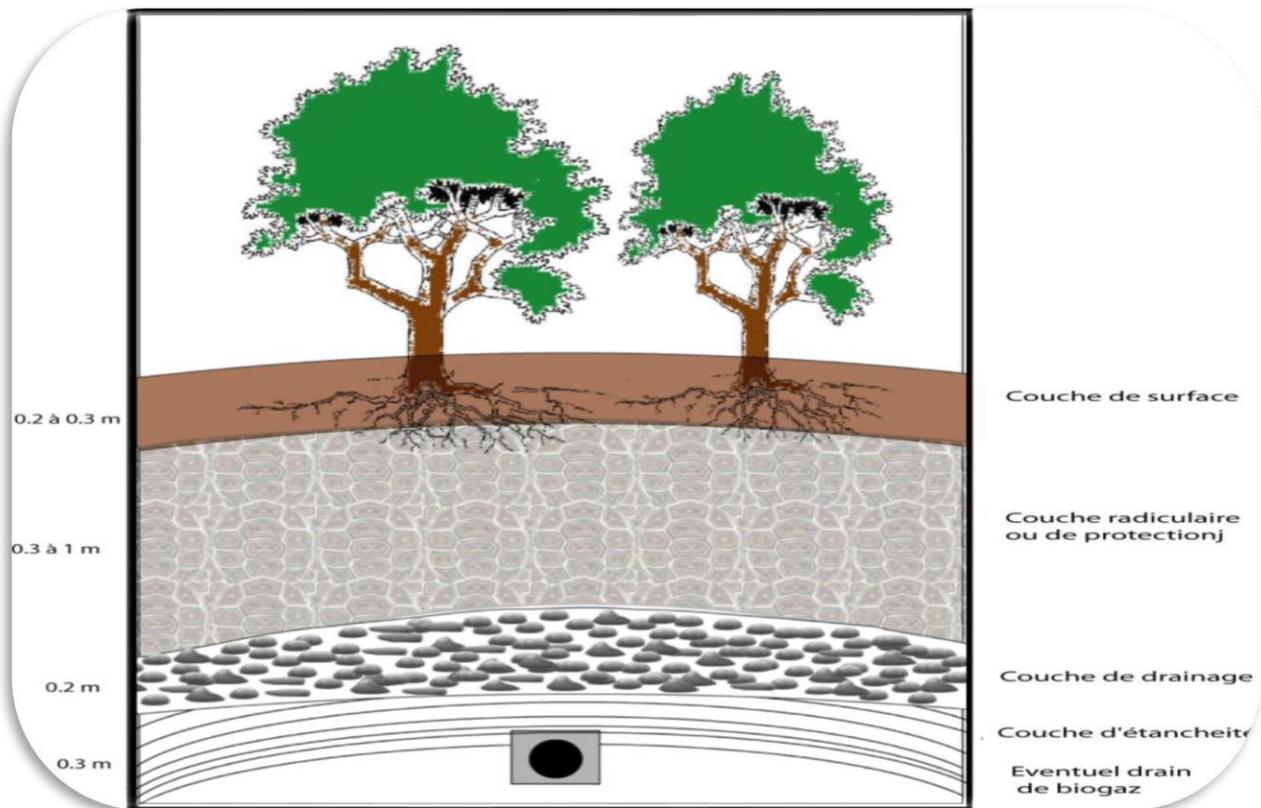


Figure 6.4: Structure d'une couche type (ADEME, 2005c).

### Pour l'exploitation au niveau du CET d'El keurt :

Le CET d'El keurt de Mascara (lieu de stage) comprend plusieurs activités qui s'enchainent, les principales activités sont :

- **Activités N°1 :** chaque jour, le centre accueille des dizaines (10) de camions qui transportent des déchets et des ordures de tous genres qui sont collectés de différents sites proches du centre. Les camions portant les déchets se dirigent vers les fosses afin qu'ils y déchargent leurs déchets.

**Mesures de sécurités proposées :** un homme fanion pour orienter et organiser l'opération de décharger.

- **Activités N°2 :** une fois les camions finissant l'opération déchargement, une opération de tri sélectif sera lancée qui a pour objet la récupération des matières récupérables telles que

plastiques, carton, verre, ect..... elle se fait manuellement par les ouvriers, les matières récupérées sont transportées vers un atelier pour y être stocker. Un contrôle médical est réalisé périodique sur le personnel.

- **Activités N°3 :** dans les fosses ils ne restent que les déchets et les ordures non récupérables qui font objet d'un enfouissement. A cet effet les engins de type chargeurs, compacteurs commençant alternativement a compacté les déchets. Les vérifications des engins.
- **Activités N°4 :** en finissent le compactage des déchets, une couche végétale sera implantée au-dessus des déchets bien compressés, sur cette couche on cultive des plantes en particulier le caroubier.
- **Activités N°5 :** à l'intérieur de chaque fosse existe deux raisons de drainage, le premier permet au gaz CH<sub>4</sub> (méthane) de s'infiltrer alors que le second relié aux autres bassins, il pompe et conduit le lixiviat (le jus de déchets) pour qu'il s'écoule dans ces bassins dans lesquels on stock lixiviat (jus de déchets).

Le CET reçoit les déchets de 25 communes avoisinantes avec 250 tonnes/jour :

L'année	Nbrs des communes	Qté annuelle	Moyen tonne/jour	Qté des déchets récupérés
2017	24	92607.50 Tonnes	254	272.58 Tonnes
2018	24	81207.37 Tonnes	223	249.66 Tonnes
2019	25	166669.7 Tonnes	456	277,784 Tonnes

	jan	Fev	mar	Avr	Mai	Jui	juil	Aout	sept	oct	Nov	dec	Total
2016	1976	7145,47	7646,42	8859,88	10624,28	8662,62	10727,7	9739,85	9333,86	7156,26	4762,91	5416,44	92051,69
2017	6445,24	6836,93	7289,05	7578,46	7513,21	9751,1	10563,5	9062,36	7875,38	6918,46	6721,41	6052,4	92607,5
2018	5318,8	5592,07	5466,04	6701,24	6945,94	6773,91	7875,94	9796,67	7253,63	6874,02	5949,18	6657,93	81205,37
1019	4749,07	4497,73	6093,12	6758,45	7257,14	8314,3	6387,33	5737,12	6347,27	6712,29	6841,61	8027,47	77722,9
2020	7970,81	7807,76	9038,92	9645,78	9649,1	9350,24	10504,78	8714,25	7969,94	8038,67	/	/	/

Tableau 6.1 : Les quantités des déchets réceptionnés(T) au CET d'El Keurt du 2016 au 2020

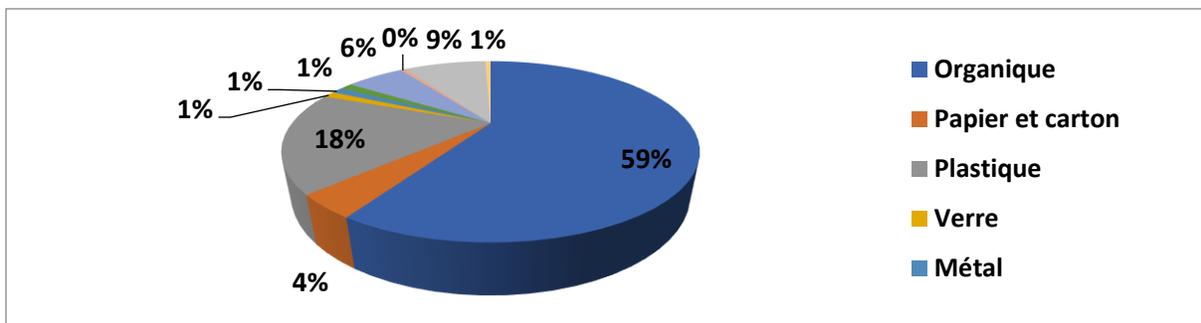


Figure 6.5 : Taux de discrimination des déchets en 2018

Paramètres	Résultats	Valeurs limites	Normes internationales et méthodes
<b>Azote global</b>	<b>248,88 mg/l</b>	150 mg/l	NF EN 25663
<b>Aluminium</b>	2,48 mg/l	5 mg/l	S.A. A
<b>Argent</b>	0,0694 mg/l	0,1 mg/l	S.A. A
<b>Arsenic</b>	0,0189 mg/l	0,1 mg/l	S.A. A
<b>Béryllium</b>	0,036 mg/l	0,05 mg/l	S.A. A
<b>Cadmium</b>	0,0174 mg/l	0,1 mg/l	S.A. A
<b>Chlore</b>	<b>7,2 mg/l</b>	3 mg/l	Titrimétrie
<b>Chrome trivalent</b>	1,072 mg/l	2 mg/l	S.A.A
<b>Chrome hexa valent</b>	0,068 mg/l	0,1mg/l	Colorimétrie à la Diphényle carbazide
<b>Chromates</b>	1,145 mg/l	2 mg/l	Colorimétrie
<b>Cuivre</b>	0,119 mg/l	1 mg/l	S.A. A
<b>Cobalt</b>	0 ,296 mg/l	2 mg/l	S.A. A
<b>Cyanures</b>	0 ,0489 mg/l	0 ,1 mg/l	S.A. A
<b>Demande biochimique en oxygène 5</b>	<b>658 mg d'oxygène /l</b>	500 mg d'oxygène /l	ISO 5815

<b>Demende chimique en oxygène</b>	<b>1220</b> mg d'oxygène/l	1000 mg/l	NFT 90-101
<b>Etain</b>	<b>0,744</b> mg/l	0,1 mg/l	S.A. A
<b>Fer</b>	<b>1,4</b> mg/l	1 mg/l	Colorimétrie
<b>Fluourures</b>	1,29 mg/l	10 mg/l	Colorimétrie
<b>Matière en suspension à 105°</b>	312,4 mg/l	600 mg/l	NA 6345
<b>Magnésium</b>	26,73 mg/l	300 mg/l	Titrimétrie
<b>Mercure</b>	0,0058 mg/l	0,01 mg/l	S.A. A
<b>Nickel</b>	0,169 mg/l	2 mg/l	S.A. A
<b>Phosphore total</b>	18,56 mg/l	50 mg/l	Colorimétrie
<b>Phénols</b>	0,256 mg/l	1 mg/l	T90-109
<b>Plomb</b>	0,121 mg/l	0,5 mg/l	S.A. A
<b>Sulfures</b>	1,87 mg/l	1 mg/l	Gravimétrie
<b>Sulfates</b>	30 mg/l	400 mg/l	Gravimétrie- Complexométrie
<b>Hydrocarbures totaux</b>	<b>15,8</b> mg/l	10 mg/l	Extraction liquide-liquide
<b>Nitrites</b>	<b>5,730</b> mg/l	0,1 mg/l	Spectro photométrique
<b>PH</b>	8	5,5-8,5	Ph mètre

**Tableau 6.2 : les analyses physiques-chimiques du lixiviat 2019 (laboratoire EL-FETH villa N°03-33.20 Aout 1955 Canastel. Willaya : Oran)**

Objectif de ce travail est de proposer une méthodologie pour la conception et l'exploitation des centres de déchets par obtention des données techniques optionnelles permettant d'aborder les problèmes d'exploitation et l'aboutissement à l'amélioration de la compréhension des mécanismes particuliers qui régissent le comportement des déchets.

Cette étude est basée sur :

- Une étude bibliographique pour faire une analyse de la situation actuelle de la gestion des déchets, de leurs traitements en Algérie
- Des Proposition pour bien d'améliorer l'exploitation et la conception.

Le rôle du ISDND à travers ses composantes techniques est de réduire la pollution qui affecte les sols et l'eau (par les fuites, le ruissellement, l'air avec le biogaz et les poussières résultant de la volatilité des déchets.

Pour illustrer l'impact des déchets sur les paysages, nous avons pris l'exemple du CET de la Wilaya de MASCARA. Son histoire n'est pas récente, mais depuis sa création de nombreux changements modernes ont eu lieu dans cette ville comme l'urbanisation rapide résultant de l'augmentation rapide de la population. Ce dernier phénomène, auquel est liée l'augmentation des déchets solides, n'est malheureusement pas sans conséquences pour le paysage.

Un seul regret s'est que nous avons eu beaucoup de difficultés a décroché un stage au niveau du CET de la Wilaya de Mascara beaucoup d'entreprises refusent d'accueillir des stagiaires parce qu'elles ont des protocoles sanitaires covid-19 stricts

- **ADEME 1999)** : les installation de stockage de déchets des ordures ménagers :technique et recommandation ,ADEME edition,paris,1999.**106p**
- **(AND, 2007)** : Revue de Presse N° 6, Octobre 2007
- **ANONYME 1996(a)**: D.G.E.E (Délégué Général d'Entreprise pour l'Environnement
- **ANONYME1996 (b)**: Déchets proscrits. Edit. Economie. P 111.
- **(ANONYME 2013)** : « Communication sur l'état des lieux et plan d'action ». Direction de l'environnement de wilaya de Tizi-Ouzou. P5
- **Article 1 de la loi du 15 juillet 1975, modifiée par la loi n°92-646 du 13 juillet 1992).**
- **BEN AMMAR S. (2006)**. Les enjeux de la caractérisation de déchets ménagers pour le choix de traitements adoptés dans les PED : Résultats de la caractérisation dans le grand Tunis. Mise au point d'une méthode adoptée. Thèse de doctorat. Institut Polytechnique de Lorraine
- **CHENANE, 2008)** : « Analyse des coûts de la gestion des déchets ménagers en Algérie à travers la problématique des décharges publiques : Cas des communes de la wilaya de Tizi-Ouzou » UMMTO. Revue du campus n°10
- **DAHMANE, 2012)** : Evaluation de la gestion des déchets ménagers et assimilés de la ville d'Oran ». Mémoire de Magister. P15
- **DJEMACI, 2011)** : « La gestion intégrée des déchets solides en Algérie. Contraintes et limites de sa mise en oeuvre ». CIRIEC N° 2011/04. P 28
- **DJEMACI, 2012)** : « La gestion des déchets municipaux en Algérie : Analyse prospective et éléments d'efficacité ». Archives ouvertes. P5,6, 42,64.
- **EBOT MANGAA** : Waste management in Cameroon : A new policy perspective, Resources, Conservation and Recycling, n° 52, 592-600
- **Faouzia ACHOUR, thèse 2008)** : Caractérisation de la matière organique dans les ordures ménagères. Recherche d'indicateurs de stabilité. Thèse sci.: Ecole Doctorale de Chimie de Lyon, 2008, 173 p.
- **LABADI, 2010)** : « Contribution à l'étude de la décharge de Boukhalfa ». Mémoire de fin d'étude. UMMTO.
- **Paracelse, 2010)** : « Les déchets et la santé ; Observations inattendues et capricieuses de la santé ». P 3

- **TOLBA, 2013) :** « Gestion Intégrée des Déchets Ménagers et Assimilés : Etat des lieux et perspectives ». P 4.
  
- ✚ **ADEME et AMF., 1998)** Démarche qualité pour la mise en oeuvre des géosynthétiques : application aux centres de stockages de déchets. Angers. ADEME éditions, 72 pages
- ✚ **ADEME, 1999** Les installations de stockage des déchets ménagères et assimilés : Techniques et Recommandations. ADEME éditions, Paris, 106 pages et annexes
- ✚ **ADEME, 2001.** Guide pour le dimensionnement et la mise en oeuvre des couvertures de sites de stockage de déchets ménagers et assimilés.
- ✚ **Amokrane, 1994.** Epuration des lixiviats des décharges, prétraitement par coagulation, floculation, traitement par osmose inverse, post-traitement par incinération. Thèse doctorat, spécialité Gestion et Traitement des déchets, INSA de Lyon
- ✚ **Annexe circulaire du 4 juillet 2002.**
- ✚ **Arrêté du 9 septembre 1997** relatif aux installations de stockage des déchets ménagères et assimilés (JO du 2 octobre 1997), modifié par l'arrêté du 31 décembre 2001 (JO du 2 mars 2002), modifié par l'arrêté du 3 avril 2002 (JO du 19 avril 2002), 27 pages.
- ✚ **Art 7 :** Une ou plusieurs voies de circulation intérieures seront aménagées à partir de l'entrée jusqu'au poste de contrôle et en direction des zones d'exploitation. Ces voies seront dimensionnées et constituées en tenant compte du nombre, du gabarit et du tonnage des véhicules appelés à y circuler. Une aire d'attente sera aménagée dans le cas où le nombre de véhicules arrivant serait important. Les voies d'accès extérieures et intérieures doivent être suffisamment éclairées.
- ✚ **Art.10 :** Outre les ordures ménagères, les résidus suivants pourront être sur la décharge :
  - Cendres et mâchefers refroidis ;
  - Déchets industriels et commerciaux solides à condition qu'ils ne soient ni toxiques, ni explosifs, ni susceptibles de s'enflammer spontanément ;
  - Boues séchées, non toxiques, en provenance de stations d'épuration. L'exploitant de la décharge devra toujours être en mesure de justifier l'origine, la nature et les quantités des déchets mis en décharge
- ✚ **art 11** Déchets admis en décharge par catégorie (**Catégorie D et Catégorie E**) voir these **Fadila mezouari 2011**

## LES REFERENCES

- ✚ **Art.12**, Les résidus seront mis en décharge par couches successives d'épaisseur moyenne de 1 m. Les résidus ne seront pas déversés d'une grande hauteur de plus de 10 mètres. Les couches seront nivelées et limitées par des talus peu inclinés. Le dépôt sera suffisamment compact pour ne pas comporter de vides importants ou nombreux pouvant former "cheminées" favorisant ainsi les foyers d'incendies
- ✚ **Art.37**. Les déchets non admis à la décharge **voir these Fadila Mezouari 2011 p 260**
- ✚ **Billard (2001a)**. Centres de stockage des déchets : Impacts et prospective, Technique de l'ingénieur, Traité environnement, G2, 11 pages
- ✚ **Billard(2001b)** Centre de stockage des déchets : Exploitation, Technique de l'ingénieur, Traité environnement, G2 102. 22pages
- ✚ **Billard (2001C)**. Centre de stockage des déchets : Conception, Technique de l'ingénieur, Traité environnement, G2 101. 16 pages.
- ✚ **Cabrel,( 2002)**, Géotechnique environnementale chapitre 5 : Production de lixiviat. P. 1-7.
- ✚ **Chassagnac, 2005** Réhabilitation des décharges, Mécanismes de dégradation et impacts, technique de l'Ingénieur, G 2680, 13 pages.
- ✚ **Cintec Environnement Inc., 2004**. Site d'enfouissement Technique : Traitement / valorisation des déchets et résidus.
- ✚ **CNIID, 2001**. Les décharges d'ordures ménagères un danger potentiel près de chez nous. Dossier de synthèse
- ✚ **EPA, 1993** : Criteria of Solid waste disposal facilities : A guide for owners / operators, 18 pages.
- ✚ **Gachet, 2005** : Evolution bio physico-chimique de déchets enfouis au centre de stockage de déchets Ultimes du Sydom du Jura, sous l'effet de la recirculation de lixiviat
- ✚ **Johanessen, 1999** : Guidance Note on Recuperation of Landfill Gas from Municipal Solid Waste Landfills Urban Development Division, Urban Waste Management thematic group World Bank, 29 pages.
- ✚ **Lagier, 2000** : Etude des macromolécules de lixiviats caractérisation et comportement vis-a- vis des métaux. Thèse de doctorat. Université de limoges.

- ✚ **Lanini 1998** : Analyse et modélisation des transferts de masse et de chaleur au sein des déchets- d'ordures ménagères. Thèse de doctorat. Institut National Polytechnique de Toulouse.
- ✚ **Matejka, 1995** : Gestion maîtrisée des déchets solides Urbains et de l'assainissement dans les pays en voie de développement : Les besoins en études scientifiques, et en outils méthodologiques adaptés
- ✚ **Moreau et Gosset., 2000** : Méthode de caractérisation des déchets ménagers : Analyse sur produit sec. Déchets Sciences et Techniques, 20, 9 :11.
- ✚ **Olivier, 2003** : Tassement des déchets au CSD de classe 2 du site ou modèle : Thèse de doctorat. Université Joseph Fourier. Grenoble
- ✚ **TSM, 2000** : dossier, le décharge a un avenir ;le centre de stockage, technique \_sciences\_methodes,2000 ;n 1
  
- **ADEME, 1999]**. Les installations de stockage de déchets ménagers et assim recommandations, Agence de l'Environnement et de la Maîtrise de l'Energie, Paris : ADEME Editions, 1999, 106 pages
- **Amokrane, 1994]**. Epuration des lixiviats des décharges, prétraitement par coagulation, floculation, traitement par osmose inverse, post-traitement par incinération. Thèse doctorat, spécialité Gestion et Traitement des déchets, INSA de Lyon
  
- **Arrête du 18 décembre 1992,**) relatif au stockage de certains déchets industriels spéciaux ultimes et stabilisés pour les installations existantes
- **Arrête ministériel du 9 septembre 1997**
  
- **[Billard, 2001a]** : Centres de stockage des déchets – Conception, Techniques de l'Ingénieur, Traité Environnement, 2001a, G2-101, 16 p.
  
- **Chiriac, 2004]** : caractirisation des émissions de composes organiques volatils issus des centres de stockage des dechets ménagères et assimilés et de leur disposition dans

- l'environnement these de doctorat science et technologie du dechets, Lyon :2004 p 273
- **Directive européenne n°99/31/CE].**
  - **Gourdon, 1987** : traitement d'un lixiviat en filtre bacterien etude cinetique de lepuration de la fraction organique facilement biodegradable (acides gras volatils) - analyse de la fration organique non biodegradable. These du doctorat sciences et techniques du dechets, Lyon : INSA de Lyon 1987 p 208
  - **[Millot, 1986]** : Les lixiviats de décharges contrôlées. Caractérisation analytique et étude des filières de traitement. Thèse de doctorat, Lyon : INSA de Lyon, 1986, 180p
  - **[Palmisano & Barlaz, 1996]** : Introduction to solid waste décomposition. In : Palmisano A.C. and Barlaz M.A. (Eds.), Microbiology of Solid Waste, Boca Raton : CRC Press, Inc, 1996, P224
  - **Pierre Melquiot, 2004** : Pierre Melquiot, "Mémento de la réglementation environnementale française et européenne", 2004
  - **[Reinhart & Townsend, 1998: landifill** beaureoctor and operation. Lews publishers, Boca, Raton, NY, by CRC Press LLC,1998.189p
  - **TSM, 2000** : dossier, le décharge a un avenir ; le centre de stockage, tequnique \_sciences\_methodes,2000 ; n 1 ;54p
  - **ADEME, 2012** : « Le savoir-faire français dans le domaine de la gestion des Déchets ». P24
  - **ANONYME4** : « mode de collecte pour la collecte sélective ». Plan départemental d'élimination des déchets. Fichier PDF. P 5
  - **Association Intercommunale de Traitement des Déchets Liégeois. INTRADEL**
  - **BOUARFA Said.** Chercheur permanant. 2018 **Le centre d'enfouissement technique Réalisation et fonctionnement**
  - **GRELA R, 2008** : « Guide pour la gestion des CET en Algérie ». Guide d'exploitation des CET – version provisoire. P14, 16, 67.
  - **JORA, 2001** : journal officiel algérien n°77 : la loi n° 01-19 de 12/12/2001 sur la gestion, le contrôle et l'élimination des déchets solides

## LES REFERENCES

- **KHEMISS., 2014** : « Caractérisation et choix d'une filière de traitement des déchets ménagers et assimilés de la ville d'Oran (Région Ouest) ». Mémoire de Master. P14,37.
- **Achour, 2008** : Caractérisation de la matière organique dans les ordures ménagères. Recherche d'indicateurs de stabilité. Thèse de doctorat. ISAL, INSE de Lyon
- **CNIID** : Le centre national d'information sur les déchets voilà le site : <https://www.cniid.org/+Decharges,7-+>
- **DJEMACI, 2012**. La gestion des déchets municipaux en Algérie: Analyse prospective et éléments d'efficacité.
- **Gillet ,1985** : Traité de gestion des déchets solides. 1er volume. Programme minimum de gestion des ordures ménagères et des déchets assimilés OMS / PNND – Copenhague, 397 pages.
- **Grelier, et al., 2003** : Etude de la recirculation de lixiviats dans une décharge par la méthode de panneaux électrique. Colloque Géo France, Paris, Université Pierre et marie Curie. Pages 8 - 11.
- **Joacio ,2006** : Influence de pretreatments mécaniques et biologique des ordures ménagères résiduelles (OMR) sur le comportement bio-physico-chimique en installation des stockages des déchets.
  
- **ADEME, 1998**: Démarche qualité pour la mise en oeuvre des géosynthétiques: application aux centres de stockages de déchets. Angers. ADEME éditions, 72 pages
- **Article 10 de l'Annexe à la Circulaire n° 000870 du 04 Juillet 2002 de la réglementation française): voir these Fadila Mezouari 2011 P 253**
- **Environnement Québec, 2003**). Guide relative à la construction sur un lieu d'alimentation, 70 pages.
- **Pouget, 2004** : Le Traitement des déchets par stockage : La construction et la gestion d'un Centre d'Enfouissement Technique, 62 pages
- **Vilomet,2000**: Traçage des pollutions lixiviats de CET sur les eaux souterraines. Université d'Aix Marseille3.

- **Zahrani,2006:** Contribution à l'élaboration et validation d'un protocole d'audit destiné à comprendre le dysfonctionnement des centres de stockage de déchets (CSD) dans les pays en développement. Application à deux (CSD). NKOL FOULOU (Cameroun) et Essaouira (Maroc). Thèse de doctorat. Institut INSA Lyon

### ❖ Les thèses :

- ❖ **Anaïs Lacassin** . Analyse de l'évolution des modes d'exploitation des ISDND en lien avec le développement des prétraitements organiques : exemples des sites de Castries (34), de Penol (38) et de Saint-Christophe-du-Ligneron (85)
- ❖ **CELIN GACHET**, Evolution bio-physico-chimique des déchets enfouis au Centre de Stockage de Déchets Ultimes du SYDOM du Jura sous l'effet de la recirculation des lixiviats ; these de doctorat .2005
- ❖ **Dossier de demande d'autorisation d'exploiter une extension** Extension de l'Installation de Stockage de Déchets Non Dangereux du Poyet à Ambert (Puyde Dôme)  
Pièce I : Résumé non-technique Mai 2015
- ❖ **Elise Grisey**. Impact de l'évolution des déchets d'une installation destockage de déchets non dangereux sur l'environnement- Site d'étude : l'ISDND d'Etueffont (Territoire de Belfort - France)
- ❖ **Mme. Fadila MEZOUARI. SANDJAKDINE**. 2011 conception et l'exploitation des centres de stochage des dechets en algerie et elimination des impacts environnementaux.

▪