

1. Introduction

"Décharge", "décharge contrôlée", "centre d'enfouissement technique" (CET), "centre de stockage de déchets" sont autant de termes qui désignent cette activité. L'évolution des dénominations traduit celle des techniques d'aménagement et d'exploitation imposée par la réglementation. Aussi, en trois décennies, est-on passé du simple dépôt des ordures dans les décharges à un dispositif de traitement complexe avec des dispositions techniques concernant le choix des sites de confinement, la sélection des déchets admis, l'étanchéité des casiers de stockage, la récupération des effluents gazeux et aqueux aux fins de traitement avant rejet, la surveillance des sites pendant et après l'exploitation .

Cette évolution de la réglementation résulte de l'exigence de qualité de vie de moins en moins compatible avec les nuisances engendrées par certaines installations, mais aussi de l'expérience acquise, notamment lors des accidents et incidents survenus sur ces sites [08].

2. Dépotoirs et décharges sauvages

a) Décharge sauvage

La décharge sauvage ou bien la décharge brute est réalisée 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 toxiques,
- ✓ 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 inconfortables pour le voisinage [04].

b) Décharge contrôlée

Une décharge est contrôlée lorsque toutes les dispositions sont prises pour éviter les nuisances dont tous les déchets entrants et sortants sont contrôlés (fig.1.II.1).

Il existe trois types de décharges contrôlées :

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

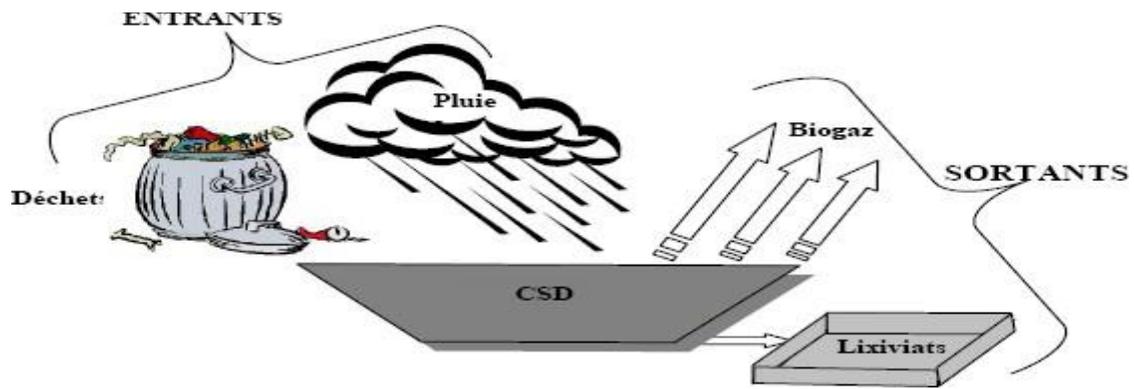


Figure 1.II.1 : Entrants et sortants dans un CET [10].

3. Classification des centres d'enfouissement

Selon le type de déchets admis il existe trois classes de CET :

a) CET de classe I

Réservé aux déchets dits industriels, spéciaux ou toxiques, conformément aux prescriptions réglementations, ces déchets qualifiés de dangereux sont solidifiés avant d'être stockés dans des alvéoles étanches. Les CET de classe I, assurent un confinement des déchets par une barrière géologique d'au moins 5m dont le coefficient de perméabilité est inférieur à $10^{-9}m/s$ et d'une géomembrane sur le fond et les flancs de l'installation, les percolats sont drainés .

Un écran imperméable (géomembrane et barrière géologique) recouvre le site à la fin de l'exploitation.

b) CET de classe II

Destiné à recevoir les déchets ménagers et assimilés, l'exploitation concerne notamment le captage du biogaz, le drainage des eaux d'infiltration, la récupération et le traitement des lixiviats. Une triple barrière d'étanchéité assure également la protection du sous sol. Les CET de classe II (fig.1.II.2), sont subdivisés en casiers (volumes délimités), la perméabilité du sol doit être inférieure à $10^{-9}m/s$ sur au moins 3 mètres d'épaisseur .

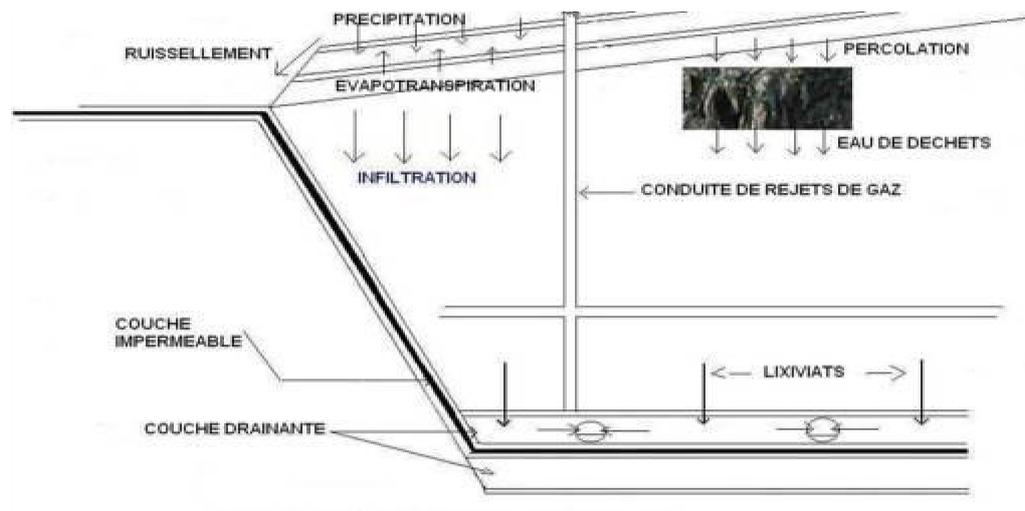


Figure 1.II.2: Coupe d'un CET de classe II [12].

c) CET de classe III

Réservé aux déchets inertes, peuvent être implantés sur des sites perméables.

Tableau 1.II.1 : Grands types de sites de décharges (ANRED, 1986).

Catégorie du site	K (m.s ⁻¹)	Caractéristiques du site	Déchets industriels Admissibles
Classe 1 (site imperméable)	$K \leq 10^9$	1. Fond imperméable, 2. Aptitude à un façonnage garantissant, les écoulements vers un point bas, 3. Aptitude à l'implantation d'un ouvrage, de contournement évitant l'entrée des eaux superficielles, 4. Aptitude à une couverture en pente, favorisant le ruissellement.	Certains déchets spéciaux
Classe 2 (site semi-perméable)	$10^{-6} \leq K \leq 10^9$	1. Capacité du site à assurer une épuration des lixiviats, 2. Infiltrations modérées du bilan hydrique, les écoulements vers un point bas, 3. Intérêt à garantir les eaux souterraines contre les risques de pollution.	Déchets assimilables aux ordures ménagères
Classe 3 (site perméable)	$K \geq 10^{-6}$	Migration trop rapide des lixiviats constituant un risque élevé de pollution des nappes.	Déchets inertes

4. Principe général du Fonctionnement d'une ISD

Le fonctionnement d'une ISD (installation de stockage des déchets) peut s'apparenter à un réacteur bio-physico-chimique donnant lieu à des réactions et à des évolutions complexes qui aboutissent à la transformation chimique, physique et biologique des déchets. Du fait des conditions géologiques et hydrologiques du site, de la nature des déchets stockés et du mode de gestion de l'exploitation, chaque centre de stockage est un cas unique, il n'est donc pas envisageable de déterminer avec précision un mode d'évolution qui serait applicable à tous les centres [02].

Cependant, certains phénomènes sont communs à la majorité des sites et peuvent être quantifiés, permettant ainsi de caractériser l'évolution générale d'une installation de stockage, en particulier en ce qui concerne les aspects biologiques, physico-chimiques, hydrauliques, et géotechniques :

- les matières biodégradables mises en décharge font l'objet d'une évolution biologique sous l'action des bactéries aérobies puis des bactéries anaérobies,
- en l'absence de dispositions particulières, l'eau qui s'écoule à travers la masse des déchets produit des lixiviats en se chargeant de substances chimiques et/ou biologiques,
- des réactions chimiques ou physiques conduisent à la destruction partielle de la matière et à la solubilisation de certaines molécules ou à leur transformation en gaz,
- les déchets stockés, et souvent les sols qui les entourent, sont constitués de matériaux hétérogènes sur le plan de leur qualité physique. Les casiers et les alvéoles subissent des tassements qui modifient leurs caractéristiques mécaniques et géotechniques [02].

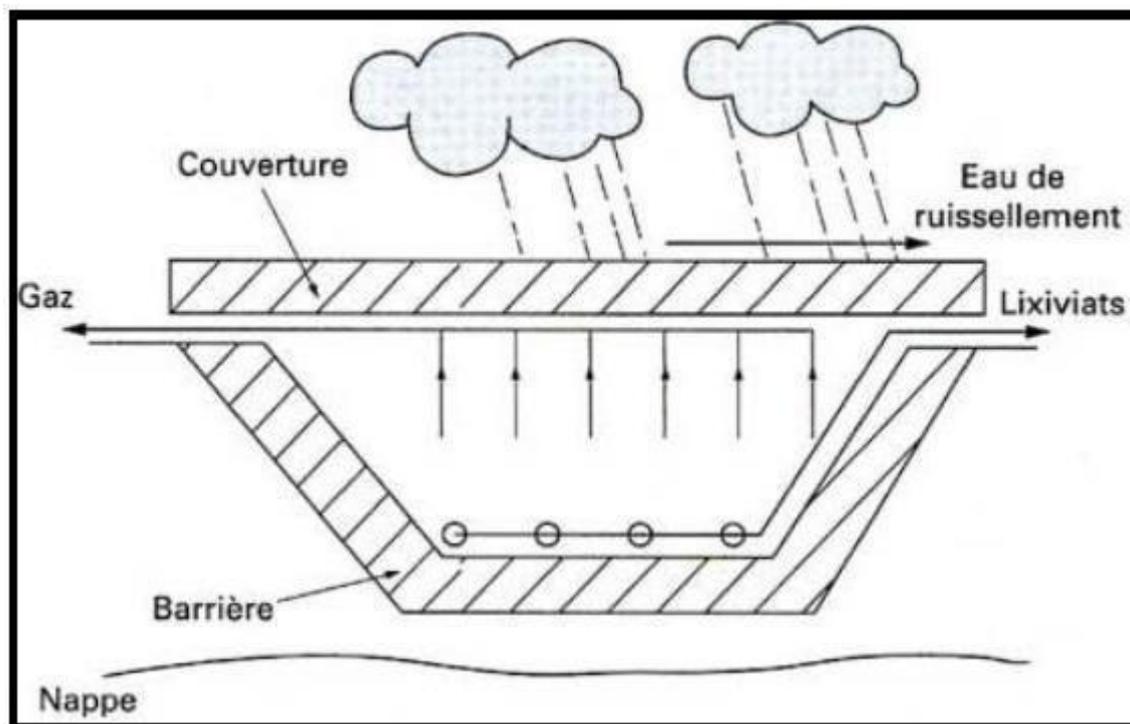


Figure 1.II.3: Disposition générale d'une décharge [02].

5. Evolution des déchets dans une décharge d'ordures ménagères

Une fois déposés dans la décharge, les déchets subissent une dégradation aérobie favorisée par l'oxygène en place. Durant cette phase aérobie, ce sont les micro-organismes hydrolytiques qui assurent la dégradation de la matière organique solide présente dans les déchets par l'action d'enzymes spécifiques (protéolytiques, cellulolytiques, lipoprotéiques). Il résulte de ces dégradations une transformation des grosses molécules organiques insolubles en molécules plus petites qui pourront ultérieurement servir de substrats pour d'autres microorganismes .

Ce métabolisme aérobie peut continuer jusqu'à une minéralisation complète des substrats biodégradables et conduit à des métabolites finaux (CO_2 , H_2O , CO_3^{2-} , HCO_3^- , NO_3^- , PO_4^{3-} et SO_4^{2-}). Après c'est la dégradation anaérobie qui prend le relais produisant ainsi du CO_2 et CH_4 . Enfin, Chian (1985) et Pohland (1985) ont défini 5 phases de digestion anaérobie des déchets .

a) Phase de latence

Durant laquelle on assiste à un remplissage initial, augmentation de l'humidité et un début de tassement des alvéoles .

b) Phase de transition

Cette phase est caractérisée par la première production des lixiviats et un début de la dominance de la phase anaérobie qui se manifeste par une substitution de l'oxygène par les nitrates ou les sulfates comme accepteur final d'électrons. De plus, durant cette étape, on assiste à une hydrolyse bactérienne aérobie ou anaérobie des complexes organiques aboutissant à la formation de sucres simples, d'acides gras et d'acides aminés. Notons enfin les premières formations des AGV (acides gras volatils) .

c) Phase acidogène

C'est la phase des AGV qui peuvent constituer jusqu'à 95 % du carbone organique total (COT). Ceci est dû au développement d'une autre flore bactérienne capable de transformer les produits issus de l'hydrolyse en acide acétique, en acétates (avec formation d' H_2 et CO_2), en alcool ou en AGV. L'ensemble de ces composés conduit à la production de lixiviats acides .

d) Phase de fermentation méthanique

Au cours de cette étape, les AGV, l'acide acétique et le méthanol formés dans la phase acidogène sont métabolisés. Les résidus de cette métabolisation sont des gaz: CH_4 (45 à 60 %), CO_2 (35 à 50 %) et de grosses molécules stabilisées (acides humiques). Cette étape est favorisée par des bactéries strictement anaérobies. De plus, lors de cette étape, on enregistre souvent une élévation du pH donnant des valeurs proches de la neutralité. Enfin la portion organique des lixiviats diminue et il s'y adjoint un phénomène de complexation et de précipitation des métaux.

e) Phase de maturation finale

Cette phase est caractérisée par une diminution des teneurs en nutriments et une diminution de biogaz .

6. L'enfouissement

A ce jour, la mise en décharge est encore la principale voie d'élimination des déchets. Le terme « décharge » a longtemps désigné les anciens centres d'enfouissement non contrôlés du fait de l'absence d'infrastructures garantissant la maîtrise des émissions polluantes liquides (lixiviats) et gazeuses (biogaz) et de l'absence d'un contrôle rigoureux de la nature des déchets enfouis. L'évolution de la réglementation ainsi que les progrès techniques en terme de gestion et de traitement des déchets ont cependant permis d'améliorer la sécurité des installations de stockage en terme d'impacts environnementaux .

Les Centres de Stockages des Déchets ont progressivement remplacés les décharges contrôlées de DMA ou les Centres d'Enfouissement Techniques (CET). Ces CSD sont dits classe II ou centres de stockage pour déchets non dangereux, et sont habilités à recevoir des déchets ménagers et assimilés. Les conditions d'implantation, d'aménagement, d'exploitation et de surveillance sont imposées en raison des nombreux risques pouvant être causés sur la santé et l'environnement.

Les CSD sont ainsi de véritables sites confinés grâce à la mise en place de barrières de sécurité assurant l'étanchéité des alvéoles, limitant les entrées d'eau et minimisant les émissions de biogaz et de lixiviats .

7. Configuration d'un site de stockage de déchets ménagers et assimilés

Sur les sites de stockage actuels, la zone à exploiter est divisée en casiers, eux même le plus souvent subdivisés en alvéoles. La réalisation de ces casiers permet de restreindre les risques de nuisances, de pollution des eaux souterraines et superficielles à des entités spatiales réduites. Chaque casier est une entité hydrauliquement indépendante (fig.1.II.4).

La sécurité active (la géomembrane) prévient et évite les risques de pollution et la sécurité passive (le sol) minimise les effets d'une pollution en cas de défaillance de la première. Le rôle de cette géomembrane est d'assurer une indépendance hydraulique, le drainage et la collecte des lixiviats et d'éviter la sollicitation de la barrière passive. Pour cela, elle est surmontée d'une couche de drainage. L'ensemble de l'installation de drainage et de collecte des lixiviats doit être conçu pour limiter la charge hydraulique à 30 cm en fond de site

..

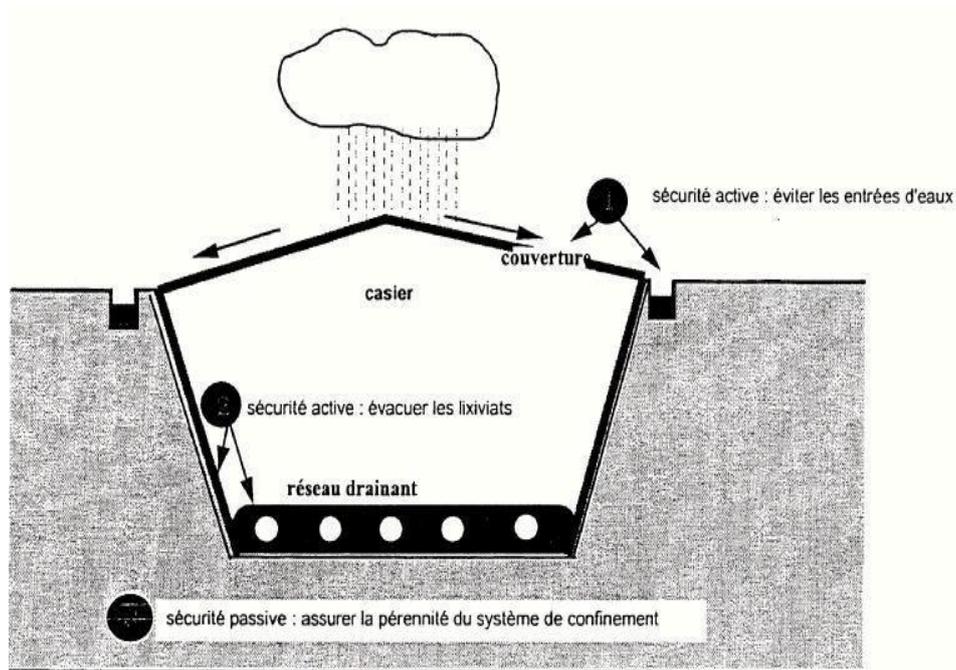


Figure 1.II.4 : Principe du confinement d'un casier [14].

a) Les matériaux d'étanchéité

Les matériaux d'étanchéité sont de deux types : les géomembranes et les argiles, qui constituent ensemble les étanchéités composites.

• Les géomembranes

Elles sont manufacturées avec une épaisseur minimale de 1 mm et conditionnées en rouleaux de largeur supérieure à 1,5 m. Ces rouleaux doivent être soudés ou collés entre eux pour assurer la continuité de l'étanchéité. Les géomembranes peuvent être bitumineuses ou de synthèse.

- **Les géomembranes bitumineuses** sont élaborées par l'imprégnation d'un géotextile, produit textile synthétique sous forme de nappe perméable, par du bitume oxydé ou polymère.
- **Les géomembranes de synthèse** sont élaborées à partir de résines (30 à 98%), d'adjuvants tels que les anti ultra-violets (UV) ou anti-oxydants et parfois d'un autre polymère. Le noir de carbone est un des anti-UV utilisés, c'est lui qui confère leur couleur noire à certaines géomembranes .

• L'étanchéité passive constituée d'argiles

Les argiles sont situées à l'aval hydraulique direct de la géomembrane. Dans l'hypothèse d'une fuite, ce matériau sera sollicité. Elles constituent la barrière de sécurité passive, qui doit être constituée d'une couche de perméabilité à 1.10^{-9} m/s sur une épaisseur minimale de 1m, reposant sur une couche de perméabilité à 1.10^{-6} m/s sur au moins cinq mètres.

Si le contexte géologique du site ne répond pas à ces prescriptions, des mesures compensatoires doivent être prises .

Afin de garantir un transfert minimum vers le milieu environnant, l'argile est compactée lors de sa mise en place. Les minéraux argileux présentent un pouvoir d'arrêt important par rapport à de nombreux polluants compte tenu de leur structure cristalline. La rétention peut se faire par échange ou par adsorption. La rétention d'un polluant est fonction de sa nature, de sa charge et du type d'argile. Dans le cas des molécules, la symétrie de celle-ci sera favorable à leur adsorption. Pour les molécules organiques, l'adsorption la moins bonne concerne les molécules comportant moins de 4 atomes de carbone. Les complexes non polaires seront peu arrêtés. Les cations se fixent sur les particules d'argile chargées négativement. Les anions non retenus par l'argile migreront plus facilement vers la nappe .

L'argile joue également un rôle de catalyseur pour certaines réactions d'hydrolyse.

(Exemple : catalyse de l'hydrolyse du parathion par la kaolinite.) Elle a un pouvoir épurateur .

8. Conclusion

L'enfouissement technique reste un mode important d'élimination des déchets. Un centre d'enfouissement technique doit permettre non seulement une gestion efficace des déchets mais aussi le traitement après drainage et récupération des deux effluents que sont les biogaz et les lixiviats .

Les eaux météoriques, en percolant à travers les déchets, s'enrichissent en divers polluants avant de devenir des eaux usées appelées lixiviats ou jus de décharge. La qualité physico- chimique de ces effluents est non seulement très diverse mais aussi variable dans le temps (pour un même site) et dans l'espace (d'un site à un autre) .