

# Chapitre 02

## Cours 4

### Mise en décharge des déchets ménagers et assimilés

#### 1. Introduction

La pollution de l'environnement par les déchets ménagers est un problème préoccupant qui est devenu un sujet d'actualité. Cette situation trouve ses racines dans les menaces visibles sur la santé de la population et le cadre de vie, ainsi que dans les risques imminents sur les ressources naturelles de l'environnement en générale.

En effet, le dépôt incontrôlé des ordures ménagères provoquent des émissions entraînant une détérioration de l'air, du sol et des eaux. Cette dégradation à ensuite des effets nuisibles sur la faune et la flore ainsi que sur la santé de l'homme.

#### 2. Flux polluants générés par les Centres de Stockage des Déchets

##### a) Le biogaz

Le biogaz est une source d'énergie qui provient de la dégradation de la matière organique en l'absence d'oxygène.

Ce phénomène naturel peut être observé dans les marais ou les décharges d'ordures ménagères. On peut le provoquer et l'intensifier en faisant la méthanisation en digesteurs (sorte de gros silos) où cette dégradation est contrôlée .

Le biogaz est un mélange composé essentiellement de méthane et de dioxyde de carbone (le rapport  $\text{CH}_4/\text{CO}_2$  est d'environ 60/40 en phase de méthanogénèse) .

D'autres produits minoritaires sont également présents tels que le sulfure d'hydrogène, les mercaptans et des composés organiques volatils. La production de biogaz liée à la phase de stabilisation des déchets, en système anaérobie, dépend de plusieurs paramètres dont la nature du déchet, la teneur en humidité, la température, le pH, la disponibilité des nutriments et la présence d'inhibiteurs .

Le biogaz représente une source d'énergie et de chaleur mais il a cependant un impact non négligeable sur l'environnement. En effet, le méthane participe activement à l'effet de serre et l'émission issue des décharges d'ordures ménagères est l'une des sources anthropogéniques les plus importantes.

##### b) Le lixiviat

Il résulte de la solubilisation de composés lors de la percolation non uniforme et intermittente de l'eau à travers la masse de déchets. La genèse du lixiviat est donc la conséquence de l'infiltration dans la masse de déchets d'eaux de pluie, d'eaux de ruissellement et d'eaux souterraines (dans le cas où les déchets sont enfouis sous la nappe phréatique), mais elle est aussi due, en plus faible partie, à la présence d'humidité dans les déchets au moment de leur enfouissement.

### 3. Définition des lixiviats de décharges

Les lixiviats sont des effluents toxiques issus des centres de stockage des déchets. Ils sont composés de multiples éléments organiques et minéraux.

Le lixiviat est défini comme étant l'eau qui percole à travers les déchets en se chargeant bactériologiquement et chimiquement de substances minérales et organiques c'est « le jus des poubelles ». La composition des déchets enfouis, leur degré de décomposition, leur taux d'humidité et l'âge de la décharge sont les principaux paramètres influençant la composition du lixiviat. La production massive de celui-ci engendre des risques de pollution des sols, des rivières et des nappes phréatiques, Il est donc nécessaire de le collecter et de le traiter avant son rejet dans le milieu naturel .

### 4. Genèse des lixiviats

Ces eaux favorisent la biodégradation des matières organiques fermentescibles et produisent alors des lixiviats qui se chargent de substances organiques et/ou minérales provenant des déchets ou des sous-produits de dégradation des déchets (fig.1.III.1).

La compréhension de la genèse des lixiviats implique non seulement la connaissance de la nature des déchets enfouis et le mode d'exploitation du CET (hauteur des déchets, surface exploitée, compactage...), mais aussi l'étude des interactions entre l'eau et les déchets. Les mécanismes de la genèse des lixiviats sont très complexes : ils sont de natures biologique et physico-chimique .

Les processus biologiques aérobie et anaérobie jouent un rôle prépondérant dans la genèse des lixiviats. En effet, les déchets enfouis servent de substrat aux micro-organismes hétérotrophes (bactéries, levures, champignons) responsables de la dégradation de la fraction organique fermentescible. Les effets de cette activité microbologique peuvent être multiples, directs ou indirects et déclencher des phénomènes physico-chimiques secondaires (tableau 1.III.1) .

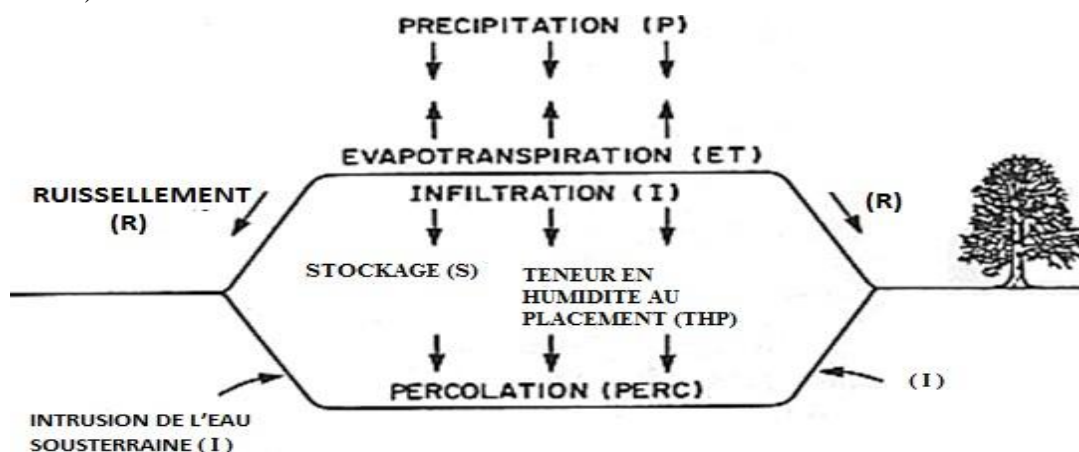


Figure 1.III.1:Schéma présentant les mécanismes de la genèse des lixiviats [17].

**Tableau 1.III.1** : Effets des mécanismes biologiques sur les conditions du milieu .

| Types d'effets   | Nature des effets   |
|------------------|---|
| Effets directs   | -Génération de métabolites solubles minéraux et organiques<br>-Génération de métabolites gazeux<br>-Réduction de la biomasse en excès   |
| Effets indirects | -Effets sur les conditions du milieu: pH, oxydo-réduction, Température Influe dans ces conditions sur la solubilisation des matières solides et la précipitation d'espèces dissoutes.<br>-Réactions chimiques et physico-chimiques des métabolites avec le déchet ou ses produits de lixiviation. |

Il en résulte alors une modification des conditions du milieu (pH, température, potentiel d'oxydo-réduction). Ces mécanismes biologiques sont eux-mêmes influencés par les conditions physico-chimiques du milieu qu'ils tendent à modifier. La dégradation anaérobie de la matière organique est le mécanisme prédominant dans les CET de classe II.

## 5. Processus de formation des lixiviats

Les eaux météoriques s'écoulent à travers la masse des déchets, avec une vitesse et un débit qui dépendent de la porosité, de la perméabilité et de l'épaisseur du milieu. Elles favorisent la biodégradation des matières organiques fermentescibles et produisent des lixiviats en se chargeant de substances organiques ou minérales provenant des déchets ou des produits de la dégradation des déchets. La formation des lixiviats met en jeu une grande diversité de phénomènes qui joueront plus ou moins en fonction de la nature des déchets, du mode d'exploitation du centre de stockage (hauteur des déchets, surface exploitée, compactage) et de l'infiltration des eaux. Ces phénomènes peuvent être répartis en deux catégories :

**a.** les mécanismes physico-chimiques : évolution du pH, du pouvoir tampon, de la salinité et du potentiel d'oxydo-réduction des solutions percolant à travers les déchets, ces solutions mettent en œuvre des mécanismes chimiques de solubilisation, complexation, oxydo-réduction, adsorption, neutralisation et transfert de matière .

**b.** les processus biologiques aérobies et anaérobies qui vont dégrader la fraction organique fermentescible des déchets. Il est admis que le phénomène de biodégradation est à l'origine d'une complexification des réactions qui rend difficile la généralisation de l'ensemble des phénomènes réels .

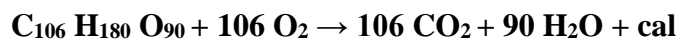
Tous ces processus sont gouvernés par la présence d'eau au sein du système. D'après Lefebvre (1998), l'humidité des déchets a plusieurs rôles, elle :

- permet l'hydrolyse de la matière lignocellulosique, principal constituant des déchets organiques, impliquant une consommation de 0,1 g d'eau par gramme de cellulose,
- est un vecteur de colonisation bactérienne de la surface externe et de la macroporosité des particules solides, et un vecteur de diffusion des enzymes hydrolytiques, des nutriments, des métabolites extracellulaires, de l'oxygène,
- constitue 80 % du matériel massique d'un micro-organisme.

## 6. Production d'eau par les processus de dégradation

La décomposition biologique de la matière organique des déchets va se réaliser au départ en aérobie, puis ensuite en anaérobie, lorsque le tas de déchets aura plusieurs mètres de hauteur .

La décomposition en aérobie est de la forme :



La réaction produira de l'eau et du CO<sub>2</sub>.

Si la réaction est complète, pour une tonne de déchets organiques, nous obtiendrons 0,560 m<sup>3</sup> d'eau.

Ainsi, la quantité d'eau produite sera ramenée à 0,25 m<sup>3</sup> par m<sup>3</sup> de déchets organiques en supposant que le déchet soit exposé à l'air au moins 10 jours .

## 7. Type de lixiviats des décharges et leurs compositions (tableau 1.III.2)

### a) Lixiviat Jeune

Il est caractérisé par un pH acide de l'ordre de 6. Le rapport DBO<sub>5</sub>/DCO est important, du fait de la présence des microorganismes. La DCO dépasse souvent les 20 000 mg/L et peut même atteindre des valeurs extravagantes (jusqu'à 80 000 mg/L), les acides carboxyliques représentent environ 80% de la charge organique. Ainsi, un traitement biologique est fortement recommandé pour ce genre d'effluent .

### b) Lixiviat Intermédiaire

C'est une phase de transition entre le lixiviat jeune et le lixiviat stabilisé. Le pH s'approche généralement de la neutralité et la charge organique est nettement plus faible que celle du jeune (entre 3 000 et 15 000 mg/L). Le rapport DBO<sub>5</sub>/DCO avoisine les 0,2. Le pourcentage en acides carboxyliques est faible (20 à 30%). Ce genre de lixiviat est faiblement biodégradable et c'est plutôt les procédés physico-chimiques qui sont préconisés pour son traitement .

### c) Lixiviat Stabilisé

Appelé aussi le lixiviat vieux. La DCO ne dépasse pas les 2 000 mg/L et le pH est légèrement basique (7,5 à 8,5), les acides carboxyliques et les métaux n'existent presque pas dans ces eaux, mais la teneur des composés à haut poids moléculaire est importante .

**Tableau 1.III.2 : Classement des lixiviats selon l'âge de la décharge.**

|   | Lixiviats jeunes                                   | Lixiviats Intermédiaires   | Lixiviats stabilisés                                 |
|---|--|--|--|
| Age de la Décharge                              | < 5 ans  | 5 à 10 ans   | > à 10 ans   |
| pH  | < 7  | = 7  | > 7  |
| DCO (g O <sub>2</sub> .L <sup>-1</sup> )        | > 20   | 3 à 15   | < 2  |
| Biodégradabilité (DBO <sub>5</sub> /DCO)        | Moyenne > 0,3                                      | Assez faible 0,1 à 0,3   | Très faible < 0,1                                    |
| Concentrations en acides organiques             | Forte > 80% du COD                                 | Moyenne 20 à 30% du COD  | Nulle  |
| Charge organique                                | Prédominance des acides gras volatils (AGV) 80%    | Réduction des acides gras volatils( 5 à 30 %) + acides humiques et fulviques | Prédominance des Macromolécules                      |
| Profil en GLC (chromatographie liquide sur gel) | Rareté des composés de haut poids moléculaire (PM) | Mélange de composés organiques de PM > 500Da et de faible PM                 | Prédominance comp. organiques de PM élevés (>5000Da) |
| Métaux lourds                                   | < 2.000 mg.L <sup>-1</sup>                         | -  | < 50 mg.L <sup>-1</sup>                              |

On constate que la pollution organique des lixiviats est présente pendant les dix premières années. Ainsi, la période de 30 ans prescrite par la réglementation permet d'assurer largement la collecte et le traitement des lixiviats les plus chargés.

Hormis, l'évolution dans le temps, la composition des lixiviats dépend évidemment de la nature des déchets enfouis, la présence ou l'absence de matière organique fermentescible étant prépondérante. Enfin, les conditions climatiques conjuguées au mode d'exploitation du site jouent sur les quantités de lixiviat produites et donc à fortiori sur leur qualité .

## 8. Caractérisation de lixiviats

De nombreux facteurs influent sur la quantité et la qualité des lixiviats :

- des conditions environnementales : les paramètres climatiques (précipitations, évapotranspiration...). Seules, la géologie, l'hydrogéologie et la topographie du site étant maîtrisé puisque le site est choisi selon ces critères,
- la nature du déchet,
- des conditions d'exploitation : le mode d'enfouissement, la phase d'avancement du site, le matériau de la couverture finale, la couverture végétale,
- des phénomènes de réactions physiques, chimiques et biologiques, qui s'opèrent dans la masse des déchets et génèrent les lixiviats en fonction de l'âge des déchets .

## 9. Composition du lixiviat

Les principaux paramètres influençant la composition du lixiviat sont la composition des déchets enfouis, leur degré de décomposition, leur taux d'humidité, leur température, le taux d'infiltration de l'eau dans les déchets, les conditions climatiques et l'âge de la décharge. Malgré sa complexité, quatre groupes de polluants caractérisent le lixiviat :

- la matière organique dissoute,
- les composés organiques anthropiques (hydrocarbures aromatiques, phénols, composés aliphatiques chlorés...) – concentration inférieure à 1 mg/L,
- les composés minéraux majeurs :  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{K}^+$ ,  $\text{Na}^+$ ,  $\text{NH}_4^+$ ,  $\text{Fe}^{2+}$ ,  $\text{Mn}^{2+}$  ...,
- les métaux lourds (Zn, Cd, Cr, Cu, Ni, Pb...) à l'état de traces.

Les principales mesures caractérisant un lixiviat sont la Demande Chimique en Oxygène (DCO), la Demande Biologique en Oxygène (DBO), le Carbone Organique Dissous (COD), l'azote (NTK), le pH, la conductivité, les métaux, etc....

Le Tableau 1.III.3 donne les valeurs extrêmes qui peuvent être retrouvées dans un lixiviat.

Tableau 1.III.3 : Caractéristiques des lixiviats d'ordures ménagères .

|                                   | Paramètres   | Valeurs limites                      |
|-----------------------------------|--------------|--------------------------------------|
| <b>Paramètres globaux</b>         | pH           | 4,5 – 9                              |
|                                   | Conductivité | 2500 - 25000 $\mu\text{S}/\text{cm}$ |
|                                   | COD          | 30 - 27700 mg C/L                    |
|                                   | DBO5         | 20 - 57000 mg O <sub>2</sub> /L      |
|                                   | DCO          | 140 - 90000 mg O <sub>2</sub> /L     |
|                                   | NTK          | 14 - 2500 mg N/L                     |
| <b>Principaux ions<br/>(mg/L)</b> | Ammonium     | 50 – 1800                            |
|                                   | Calcium      | 10 - 7200                            |
|                                   | Fer          | 1 - 5                                |
|                                   | Manganèse    | 0,03 - 1400                          |
|                                   | Potassium    | 50 - 3700                            |
|                                   | Sodium       | 70 - 7700                            |
|                                   | Carbonate    | 610 - 7320                           |
|                                   | Chlorure     | 150 - 4500                           |
| Sulfate                           | 8 – 7750     |                                      |

Le lixiviat est produit tout au long de la dégradation des déchets. D'après Wagner & Vasel (1998), la composition du lixiviat est une photographie de l'état de l'évolution des déchets. Bon nombre d'auteurs ont étudié la composition d'un lixiviat en phases d'acidogénèse et de méthanogénèse sur des déchets enfouis en CSD classiques et n'ayant subi aucun prétraitement. Les gammes de valeurs correspondantes sont données dans le Tableau 1.III.4 :

**Tableau 1.III.4:** Composition moyenne d'un lixiviat en phase acidogène et méthanogène  
(Unités en mg/L sauf pour le pH) .

| Paramètres                    | Acidogénèse<br>(Ehrig, 1989<br>Robinson &<br>Gronow, 1993) | Méthanogénèse<br>(Ehrig, 1989<br>Robinson &<br>Gronow, 1993) | Acidogénèse<br>(Kjeldsenet <i>al.</i> ,<br>2002) | Méthanogénèse<br>(Kjeldsenet <i>al.</i> ,<br>2002) |
|-------------------------------|--|--|--|--|
| pH                            | 4,5-7,8  | 6,8-9  | 4,5-7,8  | 6,4-9  |
| DBO <sub>5</sub>              | 4000-68000   | 20-1770  | 500-68000  | 0,5-1770   |
| DCO                           | 6000-152000  | 500-8000   | 400-152000                                       | 1-8000   |
| COT                           | 1010-29000   | 184-2270   | 350-29000  | 14-2270  |
| AGV                           | 963-22414  | 5-146  | /  | /  |
| SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> | 5-1750   | 5-420  | 4-2800   | 1-1190   |
| Ca <sup>2+</sup>              | 10-6240  | 20-600   | /  | /  |
| Mg <sup>2+</sup>              | 25-1150  | 40-478   | /  | /  |
| Fe                            | 20-2300  | 1,6-280  | 0,1-2300   | 0,2-330  |
| Mn <sup>2+</sup>              | 0,3-164  | 0,3-45   | /  | /  |
| Zn                            | 0,1-140  | 0,03-6,7   | 0,02-200   | 0,005-9  |
| Cu                            | 0,13   | 0,13   | 0,003-1,1  | 0,007-0,6  |
| Cd                            | 0,02   | 0,015  | 0,002-0,10                                       | 0,0001-0,9   |
| Cr                            | 0,13   | 0,090  | 0,01-1,5   | 0,000-0,7  |
| Ni                            | 0,4  | 0,17   | /  | 0,036-0,6  |
| Pb                            | 0,28   | 0,2  | /  | 0,0001-1,9   |

La composition des lixiviats de décharge est très aléatoire est variée en fonction de la nature des déchets, l'âge de la décharge, la technique d'exploitation et les conditions climatiques. Christensen *et al.* (2001), en étudiant plusieurs sites ont défini les fourchettes de fluctuations de la composition physico-chimique des lixiviats d'ordures ménagères.

La fraction minérale des lixiviats de décharge est constituée essentiellement de chlorures, sulfates, bicarbonates, potassium, sodium et ammonium, alors que la partie organique est très liée à l'âge des déchets. Si les jeunes décharges sont caractérisées par la dominance des acides gras volatiles (AGV) (surtout les acides acétiques, propioniques et butyriques), ce sont des substances assimilées aux composés fulviques et humiques qui sont prépondérantes dans les lixiviats âgés .

## 10. Toxicité

Les lixiviats issus des déchets d'une décharge active ou fermée peuvent être une source principale de contamination de l'eau souterraine et superficielle.

Son impact sur la microflore et la microfaune est très important et il est gouverné par plusieurs facteurs comme, la charge élevée de matière organique, les métaux lourds, la teneur élevée d'azote, et le flux massif des contaminants transportés.

L'évaluation de l'impact potentiel de composants des lixiviats exige l'identification des différents constituants responsables de la toxicité observée .

## 11. Cas particulier des microorganismes

Un centre de stockage de déchets ménagers et assimilés est un milieu riche en microorganismes, tant en nombre qu'en espèces, mais seule une faible part d'entre eux peut s'avérer pathogène pour l'homme. Les changes souillés de matières fécales par exemple des déchets ménagers qui peuvent contenir des microorganismes pathogènes. Des auteurs qui ont estimé que les déchets étaient constitués de 1% de changes jetables souillés. Ils ont également évalué la contribution des déchets vis-à-vis de la présence des coliformes totaux et fécaux [10]. Au regard du tableau suivant, on peut noter qu'une quantité non négligeable de microorganismes sont transportés par les déchets (tableau 1.III.5) .

**Tableau 1.III.5** : Contribution relative de chaque type de déchets à la quantité de coliformes totaux et de coliformes fécaux (%).

| Déchets              | Contribution au nombre de coliformes totaux | Contribution au nombre de coliformes fécaux |
|----------------------|---|---|
| Papiers              | 33.2 à 66.4 %                               | 13.5 à 29.5 %                               |
| Déchets verts        | 18.3 à 18.8 %                               | 6 %   |
| Couches              | 0.06 à 4.5 %                                | 0.6 à 35.9 %                                |
| Textiles             | 6 %   | -   |
| Fines (<2.54 cm)     | 1 à 8.2 %                                   | 42.6 %                                      |
| Déchets alimentaires | 2.1 à 19.6 %                                | 2.9 à 8.4 %                                 |
| Métaux               | Néant                                       | 10.5 %                                      |
| Verres               | Néant                                       | 4.3 %                                       |
| Caoutchouc et cuir   | Néant                                       | 10.6 %                                      |

Il faut toutefois savoir que les lixiviats contiennent quant à eux des microorganismes en très faibles quantités et leur décroissance y est rapide. Les lixiviats sont des milieux peu favorables aux germes.

Les quantités suivantes dans la composition des lixiviats ont été observées :

- Streptocoques fécaux : 0.1 à 3 million CFU ml<sup>-1</sup>
- Coliformes fécaux : 0.1 à 100 000 CFU ml<sup>-1</sup>
- Coliformes totaux : 0.1 à 100 000 CFU ml<sup>-1</sup>

## 12. Risques sanitaires et environnementaux de la pollution générée par les lixiviats

Dans les décharges d'ordures ménagères, c'est la décomposition des biodéchets qui génère, au contact des autres déchets, les principales pollutions.

Les biodéchets stockés dans les casiers de la décharge libèrent plus ou moins rapidement l'eau qu'ils contiennent. Ces jus, auxquels se mêlent les eaux de pluie qui percolent depuis la surface des casiers sont appelés lixiviats. Ils concentrent les polluants et substances toxiques



contenus dans les déchets mélangés, notamment les métaux lourds. Les lixiviats sont une menace pour les sols et la ressource en eau :

- Certains centres de stockage ne sont pas équipés de membranes de protection au fond des casiers, les lixiviats pénètrent donc directement dans le sol et peuvent rejoindre une nappe phréatique, polluant ainsi la ressource en eau.

- Pour les décharges qui possèdent une membrane de protection disposée dans le fond des casiers, elle peut limiter la pollution des sols par les lixiviats au début de la vie de la décharge mais pas sur le long terme. Il n'existe pas de matériau synthétique à durée de vie infinie. Aussi, même si une membrane est installée, la pollution est simplement déplacée dans le temps.

Des fuites de lixiviats chargés en polluants et substances toxiques peuvent donc se produire dans l'environnement autour du site de la décharge, mettant en danger les végétaux, les animaux qui les ingèrent et, au sommet de la chaîne alimentaire, l'homme. L'homme est plus directement touché lorsque la décharge se situe à proximité d'une nappe phréatique alimentant la population en eau potable .

#### ❖ **Risques associés au lixiviat**

Les premiers cas célèbres, Love Canal, Woburn et une dizaine d'autres cas semblables aux USA, ont fait réaliser les risques que pouvait courir une population exposée à une eau contaminée par l'enfouissement incontrôlée de déchets dangereux. En réponse à cette préoccupation, l'U.S. Department of Health and Human Service (U.S.DHHS), créait en 1980 l'Agency for Toxic Substance and Disease Registry (ATSDR), une organisation en charge d'évaluer les impacts de santé des quelques 1158 dépotoirs de déchets dangereux américains prioritaires parmi les 11000 sites abandonnés avant 1980.

Ainsi, la presque totalité de la littérature en matière d'effets sur la santé des lixiviats de l'enfouissement proviennent d'études réalisées sur des populations vivant à proximité de ces pires sites d'enfouissement de déchets dangereux. Les travaux de cet organisme ont mis en évidence que la contamination d'eaux souterraines ou de surface par les lixiviats constituaient les risques les plus significatifs.

L'exposition humaine aux lixiviats survient essentiellement par voie orale, lors de la consommation d'une eau souterraine ou de surface contaminée. L'exposition peut également être respiratoire, par l'évaporation des contaminants volatils de l'eau contaminée, lors du bain ou surtout de la douche.

Même si la nature des contaminants des panaches de contamination de l'enfouissement des déchets de type industriel (déchet dangereux), agricole, domestique ou mixte est souvent similaire, la concentration des produits dangereux sera habituellement moins importante dans le cas des déchets domestiques. C'est à la lumière de cette importante nuance que nous abordons les risques à la santé du lixiviat .

## ❖ Les lixiviats et le cancer

Johnson (1993) cite quelques études convaincantes sur la plausibilité d'un lien entre une exposition à des lixiviats issus de sites de déchets dangereux et le cancer dans un texte faisant un bilan des interventions de l'ATSDR : une méta-analyse (étude statistique du regroupement de l'ensemble des données des études) de l'ATSDR sur les sites de déchets dangereux semble démontrer que la proximité d'un tel site serait associée à un excès de risque léger à modéré de certains cancers dans la population.

Le même auteur mentionne une étude écologique portant sur la période de 1950 à 1973 pour les cas de cancer chez des personnes ayant résidé autour de 593 sites de déchets dangereux, où la seule eau de consommation disponible était de l'eau souterraine prouvée contaminée. On y a démontré des associations significatives d'excès de mortalité par cancer du poumon, de la vessie, de l'œsophage, de l'estomac, de l'intestin et du rectum, et cela pour les deux sexes.

Il rapporte aussi que les 10 contaminants les plus fréquents en terme de risque à la santé dans l'ensemble des études de l'ATSDR étaient le plomb, le trichloréthylène, le benzène, l'arsenic, le chrome, le cadmium, le tétrachloroéthylène, le toluène, le di-ethylhexyl phtalate et le chlorure de vinyle. La majorité de ces substances ont un potentiel cancérigène soit prouvé soit suspecté chez l'homme ou l'animal.

Une fois les substances problématiques et leur potentiel cancérigène connu, il devient plus facile d'effectuer des analyses de risques toxicologiques que des études épidémiologiques, techniques maintenant courantes pour les évaluations de risques de l'ATSDR et les études d'impacts.

Johnson (1993), rapporte que dans l'ensemble des études de l'ATSDR, on a constaté une exposition humaine à des émissions dans 40 % des cas et que dans un autre 40 % il y avait une exposition potentielle.

Ainsi le risque cancérigène relié à l'exposition aux lixiviats de l'enfouissement est réel au moins dans les pires cas d'enfouissement de déchets dangereux. Même si la situation pour les déchets domestiques, moins bien connue mais certainement moins grave, il y a lieu de se méfier de son potentiel d'impact cancérigène.

## ❖ Pollution par les microorganismes

L'effectif bactérien dans le lixiviat brut oscille entre  $0,04 \cdot 10^6$  et  $0,34 \cdot 10^6$  bactéries /mL et la biomasse bactérienne varie entre 8,78 et 77,51  $\mu\text{g C/L}$ .

Plusieurs maladies hydriques sont causées par la consommation des eaux contaminées par les lixiviats qui contiennent des microorganismes pathogènes. La pleine image des maladies associées à l'eau est complexe pour un grand nombre de raisons. Durant la dernière décennie, les problèmes relatifs à l'eau sont devenus de plus en plus vastes, avec l'émergence de nouvelles maladies d'infection relatives à l'eau et la réémergence d'autres déjà connues, (Salmonelle, Choléra, Shigellose).

## ❖ Pollution par les métaux lourds

Dans la quasi-totalité des PED, aucune précaution n'est prise et les populations sont exposées au risque de contaminations massives. La contamination des sols par les métaux lourds, constitue un enjeu fondamental d'abord, parce qu'elle affecte notre environnement proche, chargé en symboles (la terre nourricière), mais surtout parce que l'enjeu de la pollution des sols est lié directement à l'alimentation en eau potable .

La migration des métaux lourds dans les sols et l'infiltration vers les eaux, met en jeu un grand nombre de phénomènes: solubilisation à pH acide, complexation par la matière organique de type humique, précipitation à pH basique, rétention des MES sur des particules des sols, adsorption des ions ou des molécules à la surface des grains de matrice poreuse, phénomène d'échange d'ions etc. Par conséquent, le mouvement de ces métaux est essentiellement en relation avec les différents compartiments minéral, organique et biologique des milieux récepteurs .

En outre, ces fractions métalliques ont vis-à-vis de certains ligands minéraux et organiques présents dans l'eau interstitielle des potentiels de remobilisation différents, ce qui peut expliquer les différents comportements de migration des métaux au sein du massif de déchets et dans les sols des .

### 13. Gestion des lixiviats

La gestion des lixiviats consiste à drainer les lixiviats se trouvant en fond de casier et les évacuer dans un bassin de traitement.

Une partie de lixiviats produits au niveau de la décharge sera engagée lors du procédé de la digestion anaérobie (méthanisation) de la fraction organique des déchets qui se transformera en biogaz ( $\text{CH}_4$  et  $\text{CO}_2$ ). Cependant, la partie restante des lixiviats migrera vers le fond des casiers et sera drainée et acheminée vers deux bassins de stockage désignés à ces fins.

Un drain périphérique en PEHD sera installé au pied de la digue à l'intérieur du casier. Les surfaces alimentant le drain auront une pente de 2.5 % afin de faciliter l'écoulement gravitaire des lixiviats vers la conduite principale. Le système de collecte de lixiviats sera équipé d'un réseau de tuyaux perforés, raccordés entre eux par soudure ou par manchons. Les drains perforés seront raccordés à une station de pompage placée à l'extérieur du casier. A partir de cette station, une pompe prendra en charge le refoulement des lixiviats vers les bassins de traitement. Cette pompe sera submersible et assurera un débit de 2 L/s .

Les collecteurs et équipements du système de collecte des lixiviats devront être étanches, stables et résistants à la rupture. Des drains en PEHD DN 250 fixés entre eux sont prévus. La classe de résistance mécanique minimale est PN16 [.

Les collecteurs des lixiviats seront posés sur un lit de sable préparé en conséquence dans un creux de la couche d'étanchéité. L'angle d'appui sera de 120 degrés. Ils seront recouverts

par du gravier filtrant 25/40 (teneur en carbonate de calcium < 30 % du poids) jusqu'à 40 cm au-dessus de leur génératrice supérieure

#### a) Variantes de gestion des lixiviats

- **Variante L1** : Cette étape consiste simplement en un prétraitement et une recirculation des effluents dans les cellules. Le prétraitement consiste en un déshuilage puis recirculation des effluents dans les cellules d'enfouissement. Ainsi, en période de bilan hydrique négatif, profiter de l'évapotranspiration pour éliminer l'effluent naturellement (évapotranspiration) .

- **Variante L2** : Il s'agit d'un procédé biologique par lagunage pour l'élimination de la pollution biologique (matières organiques putrescibles), suivi d'un plateau absorbant planté de roseaux hydrophiles permettant d'éliminer par absorption, à travers les racines des macrophytes plantés, la pollution minérale (azote, phosphore) et les métaux lourds. Le dispositif d'épuration in situ suivant peut être adopté :

- 2 bassins en série permettant un temps de séjour minimal de 3 jours chacun ( $3 \times 70 = 210 \text{ m}^3$ ). Ces bassins doivent avoir des dimensions telles que les courts-circuits hydrauliques seront limités (longueur = 3 fois largeur). Les bassins auront donc les dimensions suivantes : 3 m de largeur, 9 m de longueur et 1,5 m de profondeur

- Le plateau absorbant peut avoir les mêmes dimensions que les bassins en amont .

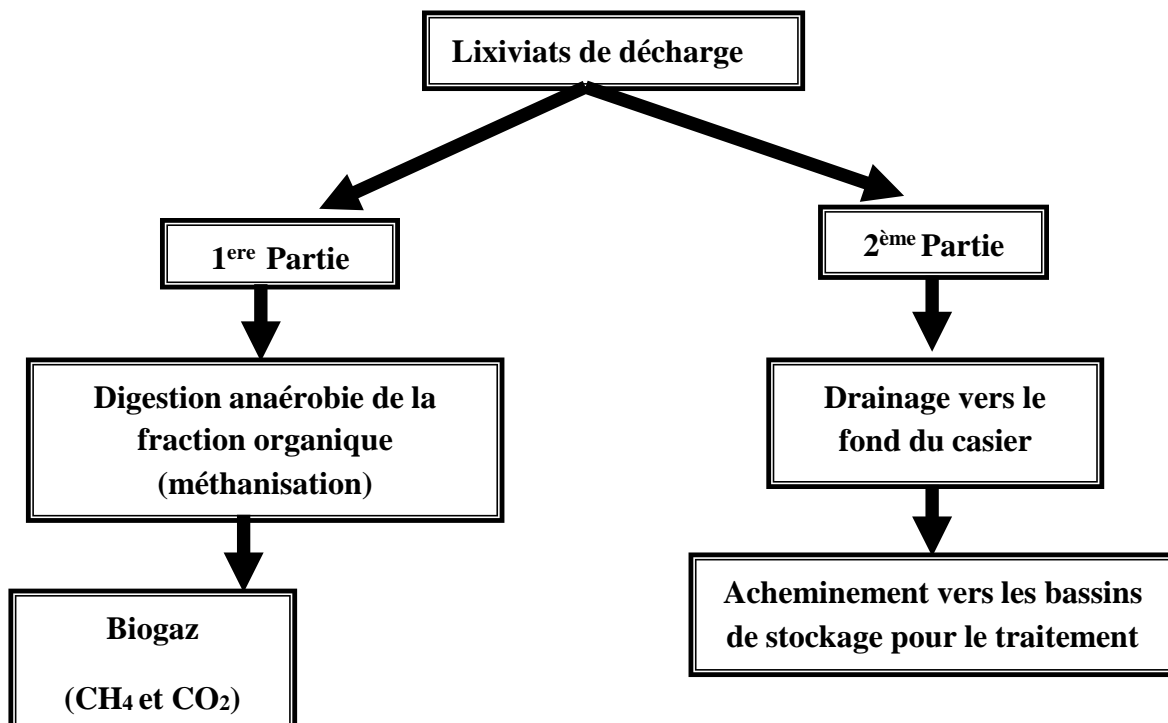


Figure 1.III.2 : Gestion du lixiviat

## **14. Procédés de traitement du lixiviat**

La nécessité de traiter ce dernier est impérative avant le rejet dans le milieu naturel. Tous les procédés physico-chimiques ou biologiques utilisés en épuration des effluents urbains et industriels peuvent à priori convenir. Trois stratégies semblent actuellement possibles:

- ✓ Le recyclage du lixiviat,
- ✓ Le stockage et le transport des effluents vers une station d'épuration d'eau usée,
- ✓ Les traitements physico-chimiques.

### **❖ Système de lagunage**

- Sur le site deux lagunes récoltent les lixiviats à traiter.
- Dans les deux grandes cuves (lagunes), une unité de traitement de type réacteur biologique constituant la phase biologique qui permet de dégrader les pollutions organiques et azotées et de piéger certains éléments minéraux (les substances métalliques en particulier) par nitrification via les bactéries aérobies puis dénitrification via les bactéries dénitrifiantes .
- Ensuite, Les deux autre petites cuves traitent la pollution carbonée par un filtrage mécanique via du charbon actif et des filtres en céramique : c'est l'unité d'ultrafiltration en sortie de biologie qui permet de séparer l'eau traitée et les boues, et le traitement de finition par absorption sur charbon actif qui permet de piéger la pollution résiduelle .

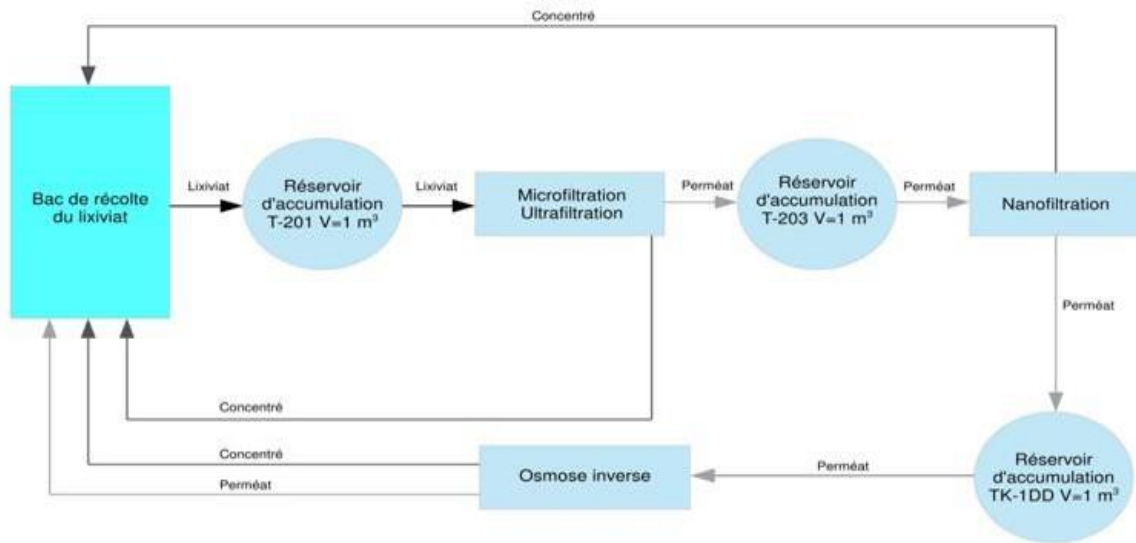
### **❖ Système Osmose inverse**

C'est une installation adoptée pour le traitement de lixiviat des décharges pour les DSU (Déchets Solides Urbains) caractérisé par des concentrations élevées de COD, solides en suspension et ammoniacale.

Le schéma de traitement prévoit les sections suivantes:

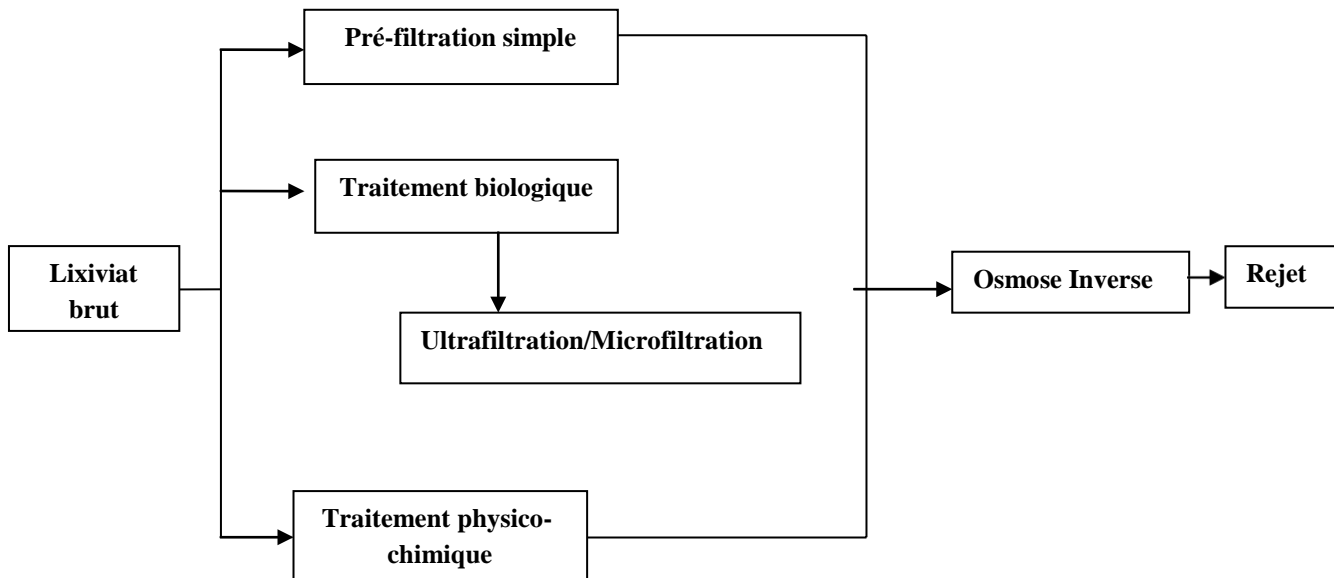
- Microfiltration (MF)
- Ultrafiltration (UF)
- Nanofiltration (NF)
- Osmose inverse (RO)

Le système conventionnel à Osmose inverse permet une récupération d'eau épurée équivalant à au moins 70% de la portée en entrée et se prête bien dans les cas où le recyclage du concentré dans le corps de la décharge est autorisé .



**Figure 1.III.3 :** Principe d’Osmose Inverse .

Le nombre d’unités RO est fonction des limites imposées à la décharge et de la destination du résidu concentré. Le traitement peut être finalisé pour garantir l’obtention des limites imposées de rejet dans les eaux superficielles .  
 Le procédé d’osmose inverse s’impose aujourd’hui comme le procédé finale indispensable au traitement des lixiviats, dans l’objectif de satisfaire aux normes de rejet .



**Figure 1.III.4 :** Chaines de traitement les plus utilisées industriellement pour l’épuration des lixiviats .

---

Pour limiter le risque de la pollution engendrée par le lixiviat dans les CET, on doit suivre ces instructions [16] :

- Réduction des eaux d'infiltration,
- Approvisionnement de terre de recouvrement,
- Délimitation des zones d'exploitation (zones d'entreposage).
- Ces zones d'exploitation ne doivent pas avoir une trop grande surface.
- A la fin de l'exploitation de l'alvéole, le recouvrement doit être approprié –couche d'argile, couche végétale et déviation des eaux de pluie.
- Le lixiviat est fortement pollué, donc précaution particulière entre autre :
  - Conception initiale adéquate du système d'étanchéisation de la base.
  - Contrôle régulier et rigoureux du système de collecte des lixiviats.
  - Système de collecte des lixiviats, évacuation et traitement doivent faire partie du concept de gestion des lixiviats.

## **15. Conclusion**

La composition des lixiviats des centres de stockage de déchets ménagers dépend de l'âge de la décharge, de la nature et de la composition des déchets et de la gestion du site. En conséquence, présenter une composition type de lixiviat de décharge de déchets ménagers semble illusoire. Du fait de la biodégradation des matières organiques fermentescibles, il est possible de déterminer des tendances lourdes, caractéristiques des sous-produits de dégradation . Contrairement au biogaz, les lixiviats sont des effluents aqueux canalisés qui ne posent pas les mêmes problèmes de prélèvement et d'analyse, ces opérations sont désormais bien établies et font l'objet de nombreuses normes .