

# Déchets du centre d'enfouissement technique de Sfax (Tunisie) : nature, composition et traitement

Yosr Smaoui<sup>1,\*</sup>, Jalel Bouzid<sup>1</sup>

(1) Université de Sfax, Ecole nationale d'ingénieurs de Sfax, Laboratoire génie de l'environnement et écotecnologie, LR15CBS01, 3038, Sfax, Tunisie

\* Auteur correspondant : [smaoui\\_yosr@yahoo.fr](mailto:smaoui_yosr@yahoo.fr)

## RÉSUMÉ

La mise en décharge est le mode de gestion adoptée en Tunisie pour assurer une gestion des déchets solides. Le centre d'enfouissement technique (CET) de la région de Sfax constitue l'un des principaux centres qui ont été mis en place en Tunisie depuis 2009. L'objectif de ce travail est d'identifier les principales catégories et caractéristiques des déchets ménagers enfouis dans le CET de Sfax, ainsi que les propriétés physico-chimiques et microbiologiques des lixiviats générés. Dans ce travail, les procédés de traitement appliqués aux lixiviats du CET de Sfax ont également été présentés et évalués. Les résultats de la caractérisation des déchets montrent la prédominance de la fraction fermentescible potentiellement biodégradable (69%). La répartition granulométrique des déchets montre une prépondérance de la fraction moyenne dont la granulométrie est comprise entre 20 et 100 mm. La caractérisation des lixiviats générés montre la présence d'une forte charge organique difficilement biodégradable, une forte teneur en azote ammoniacal et en composés récalcitrants tels que les phénols. On note également la présence de quelques micropolluants minéraux et de certains germes pathogènes. Le caractère toxique des lixiviats a été démontré à travers les tests de microtoxicité et de phytotoxicité. Les fluctuations de débit et de charge sont responsables des perturbations observées dans le fonctionnement de la station.

**MOTS-CLÉS :** déchets ménagers et assimilés, lixiviats, composition, toxicité, traitement

## ABSTRACT

Landfilling is the strategy adopted in Tunisia to ensure sustainable solid waste management. The Sfax controlled landfill is one of the technical landfills that have been set up. This study presents the main categories and characteristics of household waste buried in the Sfax controlled landfill, as well as the physic-chemical and micro-biological properties of the generated leachates. The leachates treatment processes applied at the station level are presented and their performance is discussed. The results of the waste characterization show the dominance of the potentially biodegradable fermentable fraction (69%). The distribution by particle size of the waste shows a dominance of the average fraction whose particle size is between 20 and 100mm. The characterization of leachates generated shows the presence of a high organic load that is difficult to biodegrade, a high content of ammoniacal nitrogen and recalcitrant compounds such as phenols. We also note the presence of some micro-pollutants minerals and certain pathogens. The toxic nature of leachates has been demonstrated by microtoxicity and phytotoxicity tests. The monitoring of the operation of the leachates treatment plant shows a significant variability of the quantities treated, which explains the filling of the storage ponds.

**KEYWORDS:** municipal solid waste, landfill leachate, composition, toxicity, treatment

# Déchets du centre d'enfouissement technique de Sfax (Tunisie) : nature, composition et traitement

Yosr Smaoui, Jalel Bouzid

## Introduction

La surconsommation mondiale, surtout dans les pays développés a engendré une production très importante de la masse des déchets. Les problèmes de pollution qu'ils engendrent constituent un enjeu environnemental majeur.

Au cours de la dernière décennie, la Tunisie a fourni d'importants efforts pour assurer une gestion durable de ses déchets solides. Pour ce faire, différents centres d'enfouissement techniques (CET) ont été mis en place dans différents chefs lieux de gouvernorats de la Tunisie (Chantou, 2012). Toutefois, des problèmes techniques liés à l'exploitation de ces décharges ainsi que des problèmes liés au coût du fonctionnement de ces décharges contrôlées sont aujourd'hui posés.

Dans ces centres, l'eau favorise la transformation bio-physico-chimique des déchets et le fonctionnement d'une décharge peut alors être assimilé à un réacteur complexe à multi-compartiments (biologique, minéral, organique de synthèse) qui sont en permanence en contact les uns avec les autres et qui réagissent de façon interactive simultanément ou non (Berthe., 2006).

L'ensemble de ces phénomènes conduit à la génération de métabolites gazeux, le biogaz et à l'entraînement par l'eau de molécules très diverses qui donnent lieu à des lixiviats, tous deux vecteurs essentiels de la charge polluante. Ils sont à l'origine des principaux impacts environnementaux et sanitaires des décharges.

Cette étude a été consacrée à la présentation du centre d'enfouissement technique de Sfax. Les caractéristiques du site, la nature et la composition des déchets ont été effectués. La caractérisation des lixiviats générés, le processus appliqué pour leur traitement et les problèmes rencontrés sont également étudiés.

## I. Matériel et méthodes

### I.1 Les déchets ménagers : collection et préparation des échantillons

Un échantillon représentatif de 2 tonnes de déchets ménagers a été collecté du centre d'enfouissement technique de Sfax

selon la procédure française standard MODECOM (ADEME, 1993). L'échantillon a été immédiatement trié manuellement pour déterminer les différentes catégories.

La campagne de caractérisation a été menée pendant les mois de février et mars de l'année 2018. Les masses de déchets ont été prélevées directement dès leur réception au niveau du CET. Elles proviennent de quatre centres de transfert les plus importants de la région de Sfax. Après déversement des déchets issus de chaque centre, un quartage a été effectué. Il a permis de prélever 10 échantillons de 50 kg chacun. L'ensemble des déchets prélevés a été regroupé en un seul lot de 2 tonnes.

### I.2 Les lixiviats

#### I.2.1 Caractérisation physico-chimique

La demande chimique en oxygène a été déterminée selon la méthode de Knechtel (1978), la demande biologique en oxygène (DBO<sub>5</sub>) est mesurée en suivant la méthode respirométrique (Oxitop WTW). La mesure du pH, turbidité, matière sèche, matière en suspension, azote total et ammoniacal ont été déterminés selon la norme NF XPT.

#### I.2.2 Caractérisation microbiologique

Les bactéries mésophiles aérobies totales sont dénombrées sur le milieu PCA (plate count agar) qui sert à compter la FAMT après ensemencement du milieu de culture en surface et incubation à 30°C pendant 24 h.

#### I.2.3 Etude de la toxicité

Le principe du test de micro-toxicité consiste en la mesure du taux d'inhibition de la bioluminescence de la souche *Vibrio fischeri* DSM 2167. Un équipement LUMISTox (GmbH, Düsseldorf, Allemagne), répondant à la norme ISO/DIS 11348-2 (1998), a été retenu pour cette mesure. La toxicité de l'échantillon est exprimée comme le pourcentage de l'inhibition de la bioluminescence (% IB) par rapport à un témoin (eau distillée).

La phytotoxicité des lixiviats est évaluée, à travers la mesure de l'indice de germination (IG) des graines de *Lycopersicon*

*esculentum* (tomates). La phytotoxicité est déterminée conformément à la méthode de Zucconi *et al.*, (1981), basée sur la détermination des indices de germination des graines (IG).

### 1.2.4 Analyse par GCMS

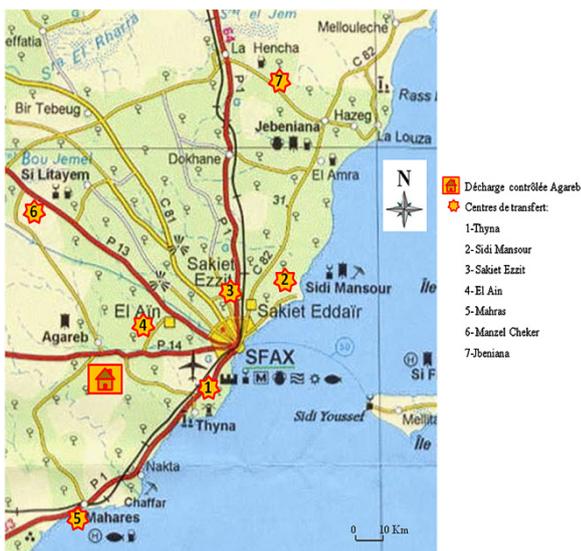
La séparation de la fraction organique des lixiviats du CET de Sfax a été réalisée par des extractions liquide-liquide successives en utilisant 50 mL de dichlorométhane suivi d'un séchage avec le  $\text{Na}_2\text{SO}_4$  anhydre et une concentration au rotavap à 40° C (Ramírez-Sosa *et al.*, 2013).

## 2. Résultats et discussion

### 2.1 Les déchets

#### 2.1.1 Caractéristiques du site

Le système d'élimination des déchets ménagers et assimilés de Sfax comprend une infrastructure constituée par un centre d'enfouissement technique (CET) à Agureb et 7 centres de transfert installés à Jbenyena, Menzel Cheker, Sakiet Ezzit, El Ayn, Sidi Mansour, Mahrés et Thyna (figure 1). Le CET de Sfax qui est entré en exploitation en 2008 a remplacé la décharge sauvage de Thyna qui a fortement contribué à la pollution de la nappe phréatique et des eaux de surface par le mélange des lixiviats de la décharge et ceux des dépôts de phosphogypse.



**Figure 1. Localisation du CET et des CT de la région de Sfax**

Le CET de Sfax reçoit des déchets ménagers et assimilés, des déchets non dangereux et des déchets inertes qui vont être stockés à part et utilisés par la suite dans la couverture des déchets.

Le site d'une superficie de 35 ha est constitué de :

- un bâtiment administratif, une zone de contrôles et un pont bascule ;
- une aire de stockage des déchets : elle est composée d'un casier de 52 100 m<sup>2</sup> divisé en 5 alvéoles. L'étanchéité de base est composée d'une couche de tuf de 25 cm d'épaisseur, d'une couche de support en béton bitumineux BB 0/16 d'épaisseur 6 cm et d'une couche d'étanchéité en béton bitumineux BB 0/11 d'épaisseur 7 cm ;
- un bassin de stockage des lixiviats ;
- une station de traitement des lixiviats.

#### 2.1.2 Localisation géographique

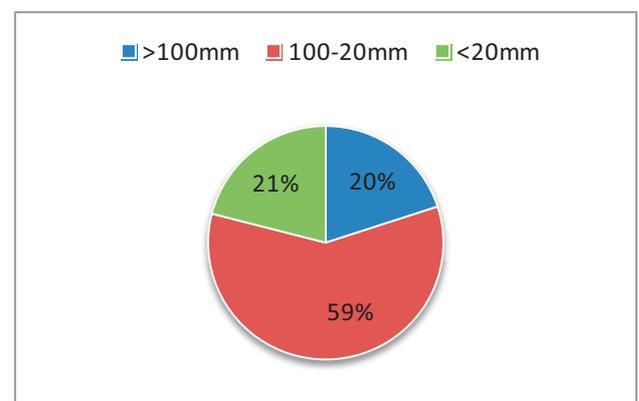
Le CET d'El Gonna (Sfax) se situe à environ 20 km de la ville de Sfax et à 3 km de la ville d'Agareb. Il est situé sur les hauteurs de Hamadet El Haouch, à la naissance de l'oued Souagui El Ain située à 4 km du centre d'Agureb, Il est accessible à partir de la route GPI4 par une voie d'accès revêtue en bicouche sur une distance d'environ 3 km (ANGed, 2008) (figure 1).

#### 2.1.3 Quantité de déchets reçus

La quantité totale de déchets enfouis dans le CET de Sfax (Tunisie) depuis l'entrée en production (avril 2008) jusqu'au mois décembre 2018 est de 1 309 755 tonnes avec une moyenne journalière de 420 tonnes (tableau 1).

#### 2.1.4 Répartition des déchets par classes granulométriques

La répartition par granulométrie des déchets du CET de Sfax (figure 2) montre une prédominance de la fraction moyenne dont la granulométrie est comprise entre 20 et 100 mm.



**Figure 2. Répartition par granulométrie des déchets ménagers du CET de Sfax**

**Tableau 1. Masses annuelles de déchets enfouis dans le CET de Sfax depuis sa mise en service et moyennes journalières hors périodes d'arrêt**

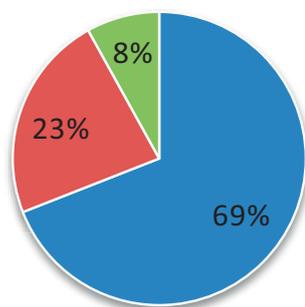
Année	Bilan annuel en tonnes	Moyennes journalières en tonnes par jour ouvré
2009	142 884	391
2010	153 667	421
2011	68 944	450
2013	123 039	343
2014	141 180	392
2015	169 874	471
2016	115 762	321
2017	180 508	494
2018	213 897	586

### 2.1.5 Composition des déchets en fonction de leur pouvoir valorisable

La figure 3 illustre la répartition par grandes catégories de déchets du CET de Sfax. Cette répartition met en évidence une dominance de la fraction fermentescible (69 %) potentiellement biodégradable composée de putrescibles, de papiers, de cartons et de fines (< 20 mm) ainsi qu'une faible part des recyclables (8-10 %). Le reste des déchets arrivant à là au centre est non valorisable. Ces résultats sont comparables à ceux observés dans d'autres villes tunisiennes comme Djerba, Kairouan et Médenine où le pourcentage des fermentescibles varie entre 65 et 70 % et le pourcentage des recyclables varie entre 7,3 et 10,3.

Cela nous permet de dire que Sfax est une image de ce qui est observé au niveau national.

■ Fermentescibles ■ Autres ■ Recyclables



**Figure 3. Composition des déchets ménagers du CET de Sfax en fonction de leur pouvoir potentiel valorisable**

### 2.1.6 Composition moyenne des déchets ménagers du CET de Sfax

Selon la Norme AFNOR XP X 30-408, les catégories de déchets triés sont au nombre de 13 : les déchets putrescibles, les papiers, les cartons, les complexes (tétra pack), les textiles, les textiles sanitaires, les plastiques, les combustibles non classés (CNC), les verres, les métaux, les incombustibles non classés (INC), les déchets ménagers spéciaux et les éléments fins (moins que 20 mm) (AFNOR, 2007). La répartition des déchets ménagers du CET de Sfax par catégories est illustrée par la figure 4. On note une forte proportion des putrescibles (53 %) suivi par les plastiques qui présentent 12 % des déchets.

## 2.2 Les lixiviats

### 2.2.1 Caractérisation physico-chimique des lixiviats

La quantité de lixiviats produite par le CET a été prélevée à partir d'un bassin de stockage des lixiviats jeunes de la décharge. Les résultats de la caractérisation physico-chimique de ces lixiviats sont représentés dans le tableau 2. L'effluent prélevé est un mélange liquide brunâtre qui présente une forte charge organique ( $40 \pm 6 \text{ gO}_2/\text{l}$  de DCO) faiblement biodégradable ( $\text{DBO}_5 / \text{DCO} \approx 0,28$ ). La couleur brunâtre de cet effluent est due à la présence de substances humiques en forte concentration (Zayen *et al.*, 2016). D'autre part, ces lixiviats sont caractérisés par un pH alcalin, une conductivité électrique élevée liée à la présence des ions inorganiques tels que les sulfates et les chlorures et par la présence d'une importante charge particulaire ( $\text{MES} = 0,98 \pm 0,24 \text{ g/l}$ ). L'alcalinité élevé du milieu favorise la solubilité des chlorures qui engendre par la suite l'élévation de la CE des lixiviats (Öncü *et al.*, 2012). En outre, cet effluent présente une forte charge en azote ammoniacal qui a atteint 2,8 g/l. Différentes études ont montré que la quasi-totalité de l'azote présent dans les lixiviats est sous forme ammoniacale (Martinen *et al.*, 2002). Différentes études ont montré l'effet toxique de l'azote ammoniacal vis-à-vis des microorganismes à cause de

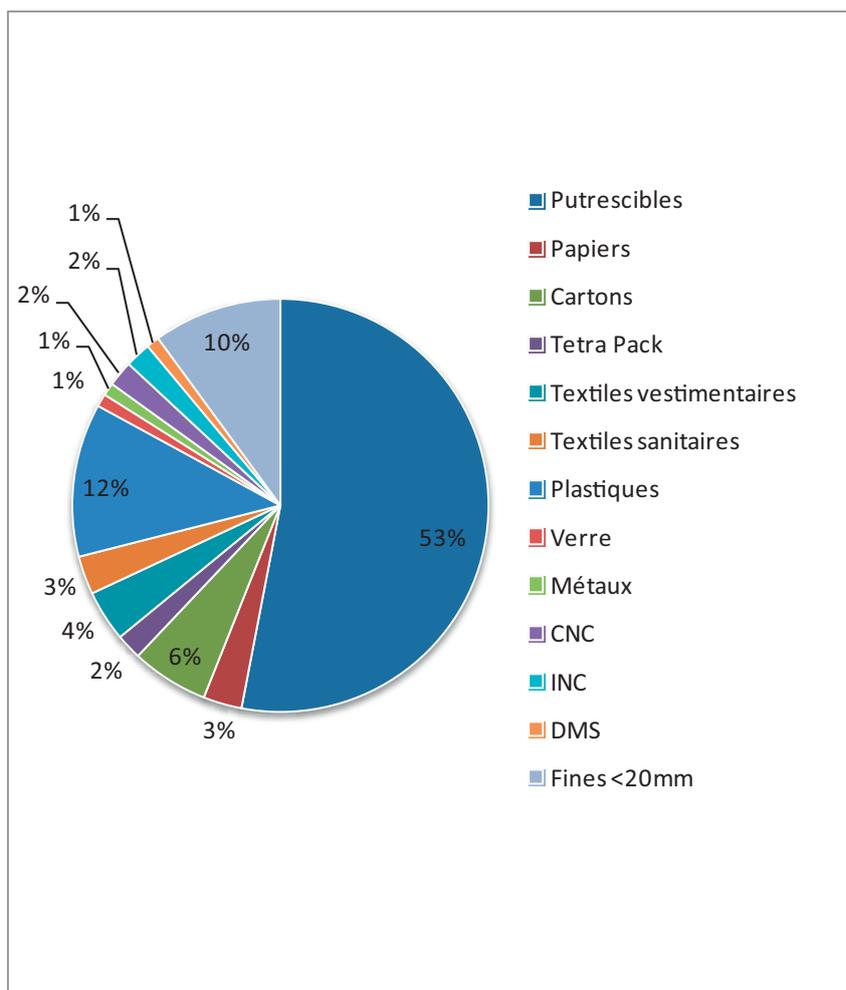


Figure 4. Composition moyenne des déchets ménagers du CET de Sfax

Tableau 2. Caractérisation physico-chimique des lixiviats bruts du CET de Sfax

Paramètres	Valeurs moyennes	Normes de rejet (NT 106.02)	
<b>pH</b>	8,17±0,22	6,5-8,5	
<b>CE (ms/cm)</b>	35±4,5	-	
<b>MES (g/L)</b>	0,98±0,24	0,03	
<b>MS (g/L)</b>	43,19±15,69	-	
<b>DCO (g/L)</b>	40±6	0,09	
<b>DBO<sub>5</sub> (gO<sub>2</sub>/L)</b>	10,9±1,42	-	
<b>DBO<sub>5</sub>/DCO</b>	0,28±0,03	-	
<b>NTK (g/L)</b>	2,83±0,48	0,001	
<b>NH<sub>4</sub> (g/L)</b>	2,54±0,5	0,018	
<b>P (mg/L)</b>	1,3±0,42	0,05	
<b>Phénols totaux (g/L)</b>	1,55±0,5	2,10 <sup>-6</sup>	
<b>AGV (g/L)</b>	10,14±4	-	
<b>IB (%)</b>	99,89	-	
<b>IG (%)</b>	0	-	
<b>Eléments majeurs</b>	<b>Ca<sup>2+</sup> (mg/l)</b>	36±18	500
	<b>Mg<sup>2+</sup> (mg/l)</b>	49±20	200
	<b>Na<sup>+</sup> (mg/l)</b>	1350±200	300
	<b>K<sup>+</sup> (mg/l)</b>	1100±300	50

Note : CE : conductivité électrique ; MES : matière en suspension ; MS : matière sèche ; DCO : demande chimique en oxygène ; DBO<sub>5</sub> : demande biologique en oxygène ; NTK : azote kjeldahl ; AGV : acide gras volatiles ; IB : inhibition de la bioluminescence de la souche ; IG : indice de germination

son effet inhibiteur lors du traitement biologique (Abbasi *et al.* 2012). Par ailleurs, ces lixiviats sont chargés en composés récalcitrants tels que les phénols. Les composés phénoliques qui peuvent être présents dans les lixiviats incluent le phénol, le chlorophénol, le crésol, le bisphénol et le méthyl phenyl (Ellouze *et al.*, 2008). La concentration en acides gras volatiles (AGV) des lixiviats est très importante (7 g/l), avec la prédominance d'acide acétique (0,254 M) et d'acide propionique (0,136 M). Cette concentration représente une grande partie du pourcentage du COT.

Certains micropolluants minéraux sont présents dans les lixiviats jeunes (essentiellement du fer et du chrome) avec des concentrations qui dépassent les normes de rejets dans le milieu récepteur (tableau 3). La présence de ces micropolluants dans les lixiviats est due essentiellement à leur présence dans les déchets solides, et qui sont véhiculés ensuite avec les eaux de précipitations pour former les lixiviats. Différentes études réalisées sur la caractérisation des lixiviats en vue de leur traitement, ont confirmé la présence de certains micropolluants minéraux (Foo *et al.*, 2013).

**Tableau 3. Composition des lixiviats bruts du CET de Sfax en micropolluants minéraux**

Paramètres	Effluent (mg/l)	Norme de rejet DPH* NT 106.02
<b>Pb (mg/l)</b>	< 0,005 – 0,009	0,1
<b>Cd (mg/l)</b>	< 0,005 – 0,002	0,005
<b>Zn (mg/l)</b>	0,32 – 2	5
<b>Fe (mg/l)</b>	2 – 10	1
<b>Cu (mg/l)</b>	0,063 – 0,2	0,5
<b>Cr (mg/l)</b>	0,38 – 1	0,5
<b>Ni (mg/l)</b>	0,05 – 0,24	0,2
<b>Hg (mg/l)</b>	0	0,001

### 2.2.2 Caractérisation microbiologique

La caractérisation microbiologique des lixiviats (tableau 4) a permis de déceler la présence d'une flore mésophile aérobie totale avec une concentration de  $2.10^5$  UFC/ml, ainsi que la présence de levures et de moisissures avec une concentration voisine de  $8.10^3$  UFC/ml. Cependant, nous avons noté une absence totale de coliformes fécaux et de salmonelles. Des études réalisées sur la caractérisation microbiologique des lixiviats ont montré la présence éventuelle de certains microorganismes pathogènes (Sillet *et al.*, 2001). Cette faible composition en nombre de germes peut s'expliquer entre autres par le caractère alcalin des lixiviats défavorable pour le développement des bactéries.

**Tableau 4. Caractérisation microbiologique des lixiviats bruts du CET de Sfax**

Microorganismes	Lixiviats
<b>Flore mésophile aérobie total (UFC/ml)</b>	$(2 \pm 0,5) 10^5$
<b>Levures et moisissures (UFC/ml)</b>	$(8 \pm 0,3) 10^3$
<b>CT</b>	ND
<b>CF</b>	ND
<b>Sa (NPP/l)</b>	ND

ND : non détecté ; WCT : coliformes totaux ; CF : coliformes fécaux ; Sa : salmonelles

### 2.2.3 Toxicité des lixiviats

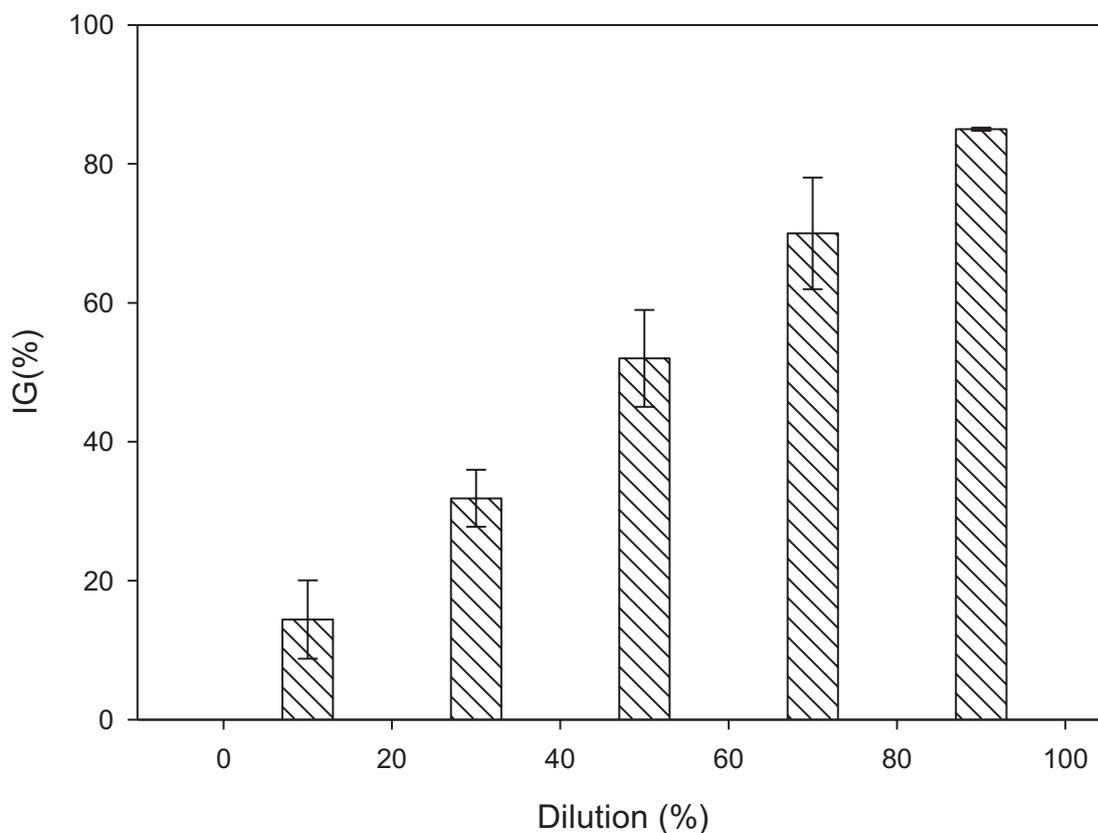
Parallèlement à la caractérisation physico-chimique et microbiologique, une étude d'identification du degré toxique de ces lixiviats a été réalisée à travers des tests de toxicité sur des microorganismes et sur des plantes.

#### Microtoxicité des lixiviats

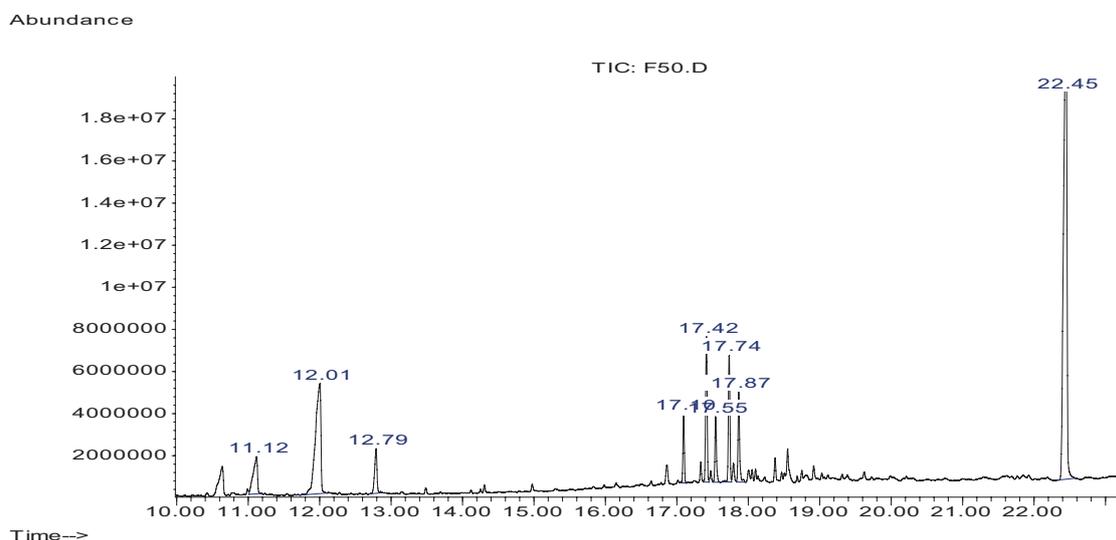
Le test de microtoxicité a été réalisé à l'aide de la souche *V.fischeri*. Le principe du test consiste à la mesure du taux d'inhibition de la bioluminescence (% IB) de la bactérie luminescente utilisée qui est connue par sa grande sensibilité aux agents toxiques. Une forte inhibition de la bioluminescence ( $\approx 100\%$ ) a montré l'importance de la toxicité des lixiviats bruts non dilués. Ce résultat a aussi été constaté par Ellouze *et al.*, (2009) qui ont montré la persistance de l'effet toxique des lixiviats même après sept facteurs de dilutions (IB % > 60 %). D'autres études (Marttinen *et al.*, 2002 ; Silva *et al.*, 2004) ont également rapporté la forte toxicité des lixiviats sur *V.fischeri*. Ceci peut être expliqué en partie par la présence de composés toxiques (cations, produits chimiques basiques, matières en suspension et composés apolaires.)

#### Phytotoxicité des lixiviats

La toxicité des lixiviats a également été évaluée par l'utilisation des plantes. Il s'agit d'évaluer les risques d'inhibition de la germination des semences mises en contact avec différentes concentrations du produit testé. Cet essai présente l'avantage d'être simple et fournit des données qui peuvent améliorer les connaissances sur la sensibilité des graines à travers l'indice de germination mesuré. De même, nous avons pu constater que la germination des graines est totalement inhibée (IG (%) = 0), lorsque les lixiviats appliqués sont à l'état brut ou dilué jusqu'à 10 fois. Toutefois et à partir d'une dilution 50 fois, on commence à identifier une germination des graines de l'ordre de 60 %. Zucconi *et al.*, (1981), ont montré que les effluents testés sont phytotoxiques si l'indice de germination est inférieur à 50 %. Dans ce cas, il convient de noter que les lixiviats étudiés ne perdent leur caractère toxique qu'au-delà d'une dilution 50 fois (figure 5).



**Figure 5. Mesure de la phytotoxicité des lixiviats du CET de Sfax**



**Figure 6. Chromatogrammes de l'identification par GC-MS de la fraction organique extractible au dichlorométhane des lixiviats du CET de Sfax**

#### 2.2.4 Identification de la matière organique présente dans les lixiviats : analyse par GCMS

L'analyse du spectre enregistré (figure 6) montre que les lixiviats du CET de Sfax sont caractérisés par la dominance de composés phénoliques, de phtalates et d'acides gras.

Certains des composés identifiés sont toxiques aussi bien pour les êtres humains, que pour les organismes aquatiques, en raison de leur effet cancérigène et oestrogénique (Kalmykova *et al.*, 2013). Parmi les produits détectés, on peut citer :

## Les acides gras

Les acides gras sont d'importants constituants du monde animal et végétal. Ils se répartissent en grandes familles selon le nombre de double liaisons éthyléniques qu'ils possèdent : les acides gras saturés (aucune double liaison) ramifiés ou non, mono insaturés (une seule double liaison) et polyinsaturés (au moins deux doubles liaisons).

L'acide propanoïque, l'acide butanoïque, l'acide méthylbutyrique, l'acide benzène-acétique et l'acide benzènedicarboxylique ont été identifiés dans les lixiviats étudiés.

## Les phtalates

Les phtalates sont généralement utilisées dans la fabrication du polychlorure de vinyle souple, mais peuvent aussi être utilisés dans les revêtements de sols, la fabrication de matériels médicaux, les emballages alimentaires, les matériaux de construction. Bien que les phtalates ne soient pas toxiques, ils peuvent provoquer à long terme des problèmes de santé chez les mammifères et les organismes aquatiques. Certains peuvent engendrer des modifications dans la mobilité et la biodiversité de certaines substances toxiques comme les biphényles, les polychlorés et les ions métalliques. Les phtalates identifiés dans les échantillons des lixiviats du CET de Sfax correspondent aux phtalates de butyle, aux phtalates de butyle d'octyle, aux phtalates de dibutyle, aux phtalates de butyle et de décyle et à l'acide phtalique.

## Les phénols

Les phénols sont principalement utilisés en tant qu'intermédiaires dans l'industrie des matières plastiques. Ils sont utilisés dans la fabrication de plastifiants, de dissolvants,

d'isolants et des produits cosmétiques. Différentes études ont montré la présence de ces contaminants à différentes concentrations dans les lixiviats de décharges en Tunisie (Ellouze *et al.*, 2009 ; Zayen *et al.*, 2016).

Les principaux composés identifiés dans les lixiviats du CET de Sfax sont présentés dans le tableau 5.

A la lumière des résultats obtenus, on peut conclure que les substances toxiques présentes dans les lixiviats ont un effet nocif aussi bien sur les microorganismes que sur les plantes.

L'importance de la charge toxique des lixiviats du CET de Sfax impose donc leur traitement avant leur rejet dans le milieu récepteur.

Compte tenu de l'importance de la microtoxicité des lixiviats, leur traitement biologique s'avère difficile à réaliser; d'où la nécessité de procéder à des traitements physico-chimiques préalables ou autres capables de réduire la toxicité de ses lixiviats et d'assurer ainsi le bon fonctionnement de la biomasse épuratrice.

## 2.2.5 Traitement des lixiviats

### Station de traitement des lixiviats

Les lixiviats générés par le CET seront stockés dans une fosse pour subir un tamisage avant d'être acheminés vers l'unité du traitement physico-chimique. La coagulation-floculation est le premier traitement réalisé. Il s'effectue dans un flocculateur par ajout d'un coagulant : le chlorure ferrique ( $\text{FeCl}_3$ ) qui permet de séparer les répulsions inter-colloïdes. La floculation s'effectue par l'ajout d'un polymère qui permet la formation des floccs. Ces particules formées sont séparées dans une unité de flottation. Les lixiviats sont ensuite évacués vers le bioréacteur à

**Tableau 5. Liste des composés organiques présents dans les lixiviats du CET de Sfax**

Composés	Temps de rétention (min)	Formule chimique
<b>Acide cyclohexanecarboxylique</b>	10,64	$\text{C}_7\text{H}_{12}\text{O}_2$
<b>Acide benzoïque</b>	11,12	$\text{C}_6\text{H}_5\text{COOH}$
<b>Acide phénylacétique</b>	12,01	$\text{C}_8\text{H}_8\text{O}_2$
<b>Acide benzènepropanoïque</b>	12,79	$\text{C}_9\text{H}_{10}\text{O}_2$
<b>Phtalate d'isobutyle</b>	17,10	$\text{C}_6\text{H}_4(\text{COOCH}_2\text{CH}(\text{CH}_3)_2)_2$
<b>Phtalate de dibutyle</b>	17,42	$\text{C}_{16}\text{H}_{22}\text{O}_4$
<b>Phtalate d'ocyl butyle</b>	17,55	$\text{C}_{20}\text{H}_{30}\text{O}_4$
<b>Acide benzènedicarboxylique,</b>	17,74	$\text{C}_8\text{H}_6\text{O}_4$
<b>Phtalate de butyle décyle</b>	17,87	$\text{C}_{22}\text{H}_{34}\text{O}_4$
<b>Cis-9-octadécénoate de méthyle</b>	18,55	$\text{C}_{19}\text{H}_{36}\text{O}_2$
<b>Acide benzènedicarboxylique</b>	22,45	$\text{C}_6\text{H}_4(\text{CO}_2\text{H})_2$

**Tableau 6. Volumes de lixiviats traités mensuellement sur le CET de Sfax selon les années de fonctionnement depuis 2014 (exprimés en m<sup>3</sup>)**

Année	2014	2015	2016	2017	2018
<b>Mois</b>					
<b>Janvier</b>	929	0	2080	2030	936
<b>Février</b>	1164	1313	1840	2000	1100
<b>Mars</b>	1400	1460	1900	1935	1747
<b>Avril</b>	900	1642	2400	1500	391
<b>Mai</b>	660	380	2060	2183	1539
<b>Juin</b>	1535	1277	2355	2130	1201
<b>Juillet</b>	633	1130	1725	2018	535
<b>Août</b>	195	670	2284	1984	0
<b>Septembre</b>	1921	0	-	1950	840
<b>Octobre</b>	2480	419	-	1928	1055
<b>Novembre</b>	2320	1661	-	1652	919
<b>Décembre</b>	683	2240	-	1019	1030

membrane dans lequel se développe la biomasse adaptée à la nature du substrat à biodégrader. Les molécules organiques de haut poids moléculaires sont retenues par la membrane. A la sortie du bioréacteur à membrane les lixiviats traités passent par une unité d'ultrafiltration. Le traitement des lixiviats s'achève au niveau de l'unité d'osmose inverse dont les 2/3 sont récupérés sous forme de perméat utilisé pour les besoins d'irrigation du CET ou bien rejetés directement dans le milieu naturel. Le volume de concentrât formé est évacué vers un bassin de stockage pour subir l'évaporation (Smaoui., 2017).

### Quantités de lixiviats traités

La quantité de lixiviats traités est variable, elle change d'un mois à un autre, avec une moyenne comprise entre 940 et 1200 m<sup>3</sup>/mois pour la période 2014-2016 (tableau 6). En effet, la station de traitement des lixiviats rencontre différents problèmes qui sont liés à la variabilité de la qualité des lixiviats bruts, la faible optimisation de l'étape de la coagulation floculation et l'élimination parfois de certaines étapes de traitement. En plus, seules les informations concernant l'effluent brut et épuré sont disponibles, ce qui n'est pas suffisant pour étudier le fonctionnement du processus et pour analyser les causes de dysfonctionnements.

## Conclusion

Le CET de Sfax reçoit une quantité importante de déchets ménagers et assimilés avec une moyenne journalière de 450 tonnes par jour.

La caractérisation de ces déchets montre la dominance de la fraction fermentescible potentiellement biodégradable. Suite à cette composition, la valorisation de cette fraction fermentescible est à étudier dans nos études ultérieures.

Les lixiviats du CET de Sfax sont caractérisés par un pH alcalin, une forte charge organique et minérale particulièrement azotée et un rapport DBO<sub>5</sub>/DCO faible dénotant de la faible biodégradabilité de ces effluents. Au niveau de cette décharge, la quantité des lixiviats traités est très variable et ceci est dû au dysfonctionnement de la station de traitement des lixiviats qui rencontre plusieurs problèmes. Le passage vers une nouvelle approche de traitement des lixiviats est à envisager dans le but d'avoir un effluent traité et conforme aux normes de rejets dans le milieu hydrique

## Références bibliographiques

Abbasi Tasneem, Tauseef S.M., Abbasi S.A. (2012). Anaerobic digestion for global warming control and energy generation - An overview. *Renewable Sustain Energy Reviews*, 16(5), pp. 3228-3242. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2012.02.046>

ADEME (1993). MODECOM™, méthode de caractérisation des ordures ménagères. *Connaître pour agir, Guides et cahiers techniques*, ADEME éditions, Paris.

AFNOR (1999). *Qualité de l'eau - Protocole d'évaluation d'une méthode alternative d'analyse physico-chimique par rapport à une méthode de référence*. Norme NF XPT 90-210.

Berthe Céline (2006). *Etude de la Matière Organique contenue dans des lixiviats issus de différentes filières de traitement des déchets ménagers et assimilés*. Thèse de doctorat, Université de Limoges, 188 p.

Chantou Thouraya (2012). *Identification des indicateurs de stabilisation des déchets solides urbains et validation sur un site de PTMB français, pour une application en Tunisie*. Thèse de doctorat, Université de Limoges, 230 p et annexes

- Ellouze Mariem, Aloui Fathi, Sayadi Sami (2008). Detoxification of Tunisian landfill leachates by selected fungi. *Journal of Hazardous Materials*, 150(3), pp. 642-648. <https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2007.05.013>.
- Ellouze Mariem, Aloui Fathi, Sayadi Sami (2009). Effect of high ammonia concentrations on fungal treatment of Tunisian landfill leachates. *Desalination*, 246(1-3), pp. 468-477. <https://doi.org/10.1016/j.desal.2008.03.068>
- Foo KY, Lee L.K, Hameed B.H. (2013). Batch adsorption of semi-aerobic landfill leachate by granular activated carbon prepared by microwave heating. *Chemical Engineering Journal*, 222, pp. 259-264. <https://doi.org/10.1016/j.cej.2013.02.032>
- Kalmykova Yuliya, Björklund Karin, Strömvall Ann-Margret, Blom Lena (2013). Partitioning of polycyclic aromatic hydrocarbons, alkylphenols, bisphenol A and phthalates in landfill leachates and stormwater. *Water Research*, 47(3), pp. 1317-1328. <https://doi.org/10.1016/j.watres.2012.11.054>
- Knetchel R.J. (1978). A more economical method for the determination of chemical oxygen demand. *Water Pollution Control*, 101, 71, pp. 25-29.
- Marttinen S.K., Kettunen R.H., Sormunen K.M., Soimasuo R.M., Rintala J.A. (2002). Screening of physical-chemical methods for removal of organic material, nitrogen and toxicity from low strength landfill leachates. *Chemosphere*, 46(6), pp. 851-858. [https://doi.org/10.1016/S0045-6535\(01\)00150-3](https://doi.org/10.1016/S0045-6535(01)00150-3)
- Öncü G., Reiser M., Kranert M. (2012). Aerobic in situ stabilization of Landfill Konstanz Dorfweiher: Leachate quality after 1 year of operation. *Waste Management*, 32(12), pp. 2374-2384. <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2012.07.005>
- Ramírez-Sosa D.R., Castillo-Borges E.R., Méndez-Novelo R.I., Sauri-Riancho M.R., Barceló-Quintal M., Marrufo-Gómez J.M. (2013). Determination of organic compounds in landfill leachates treated by Fenton-Adsorption. *Waste Management*, 33(2), pp. 390-395. <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2012.07.019>
- Smaoui Yosr. (2017). Détoxification et traitement-valorisation par voie anaérobie des lixiviats jeunes : cas du Centre d'enfouissement technique d'Aguereb. Thèse de doctorat, Université de Sfax, Tunisie.
- Sillet Arnauld-Amaury, Royer Sébastien, Coque Yves, Bourjois Jacques, Thomas Olivier (2001). Les lixiviats de décharges d'ordures ménagères. Genèse, composition et traitements. *Déchets Sciences Techniques*, 22, 11 p. <https://doi.org/10.4267/dechets-sciences-techniques.1341>
- Silva A.C., Dezotti M., Sant'Anna G.L. Jr. (2004). Treatment and detoxification of a sanitary landfill leachate. *Chemosphere*, 55(2), pp. 207-214. <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2003.10.013>
- Zayen Amal, Schories Gerhard, Sayadi Sami (2016). Incorporation of an anaerobic digestion step in a multistage treatment system for sanitary landfill leachate. *Waste Management*, 53, pp. 32-39. <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2016>