

N° d'ordre :

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE
MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE

UNIVERSITE MOULOUD MAMMERI DE TIZI-OUZOU

FACULTE DES SCIENCES

DEPARTEMENT DE CHIMIE



DOMAINE : SCIENCES DE LA MATIERE
FILIERE : CHIMIE

MEMOIRE DE MASTER

SPECIALITE : CHIMIE DE L'ENVIRONNEMENT

THEME

*Traitements des lixiviats de décharges par des procédés
physico-chimiques et/ou biologiques*

Présenté par : Mlle GADA Katia

Mr SEMAR Elyes Hani

Soutenus devant le Jury composé de :

Mme	FERRAG	Fatiha	MCB	UMMTO	PRESIDENTE
Mlle	CHEIKH	Assira	MCB	UMMTO	EXAMINATRICE
Mlle	ALI	Oumessaad	MCB	UMMTO	PROMOTRICE

2019 - 2020

Remerciements

Avant tout, j'adresse mes remerciements au Dieu tout puissant et miséricordieux, pour la volonté, la santé et la patience qu'il m'a donné durant toutes ces longues années d'études et pour la réalisation de ce travail.

*Du fond de notre cœur, nous voudrions premièrement remercier très sincèrement notre promotrice **Mlle ALI OUMESSAAD**, pour sa disponibilité, sa patience, sa générosité, son aide précieuse nous ont permis d'avancer dans notre travail et les enseignements qu'elle nous a prodigué tout au long de notre formation. Nous tenons à lui exprimer tout notre respect.*

*En second lieu, notre reconnaissance va à l'égard du **Mme FERRAG Fatiha**, d'avoir accepté de présider le jury de ce mémoire.*

*Nous remercions le membre du jury **Mlle CHEIKH Assira** d'avoir fait l'honneur d'accepter d'examiner notre travail.*

Nous n'oublions pas nos amis, nous leur adresse une reconnaissance particulière pour les moments d'ambiance chaleureuse, spéciale et pour les bons moments qu'on a passé ensemble. Sans oublier nos chères collègues du master chimie de l'environnement.

Enfin à tous ceux qui nous ont aidé de proche ou de loin dans ce travail.

Sommaire

Liste des tableaux	
Liste des abréviations	
Introduction générale.....	1
Chapitre I : recherche bibliographique	
I.1 Définition des déchets solides.....	3
I.2 Le Centre D'enfouissement Technique C.E.T.....	3
I.2.1 Réglementations	3
I.2.2 Types de centre d'enfouissement technique C.E.T	4
I.2.3 Nombre de C.E.T en Algérie.....	4
I.3 Définition des lixiviats	5
I.4 Les mécanismes de formation du lixiviat	5
I.5 La composition du lixiviat	6
I.6 Evolution de la composition du lixiviat au cours du temps.....	6
I.7 Les principaux paramètres caractérisant un lixiviat	8
I.8 Impact des lixiviats sur l'environnement	9
I.9 Les normes de rejet des lixiviats	10
Conclusion.....	11

Chapitre II : traitement des lixiviats

II.1 Les différents procédés appliqués au lixiviat	13
II.1.1 Les traitements par voie biologique	13
II.1.1.1 Lagunage	14
II.1.1.2 Les procédés contrôlés aérobies et anaérobies.....	15
II.1.2 Procédés physico chimique.....	20
II.1.2.1 Coagulation floculation	20
II.1.2.2 Précipitation chimique	21

II.1.2.3 Procédé d'adsorption.....	21
II.1.2.4 Procédés d'oxydation avancée (POA).....	22
II.1.2.6 Les traitements électrochimiques	26
II.1.2.7 Les procédés membranaires.....	27
II.1.2.8 Les combinaisons des traitements	31

Chapitre III : étude d'articles

Procédé pour la réduction de la charge polluante du lixiviat de la décharge contrôlée de la ville de Fès

III. 1 Echantillonnage	34
III. 2 Traitement du lixiviat par coagulation-floculation	34
III.2.1 Evolution des paramètres physico-chimiques avant et après traitement par coagulation-floculation	35
III.2.1.1 La température, le pH et l'oxygène dissous.....	35
III.2.1.2 DCOt et DBO5.....	36
III.2.1.3 Les orthophosphates.....	36
III.2.1.4 Les composés azotés.....	36
III.2.1.5 Les matières en suspension MES.....	36
III.2.2 Variation des germes du lixiviat brut et traité par chlorure ferrique	36
III.2.2.1 La flore mésophile aérobie totale	37
III.2.2.2 Les bactéries témoins de contamination fécale	37
III.2.2.3 Les staphylocoques et les spores des clostridiums sulfitoréducteurs..	38
III.2.2.4 Les salmonelles et les vibrions cholériques	38
III.3 Traitement de lixiviat par couplage de traitement physico-chimique et le traitement biologique	38
III.3.1 Caractérisation physico-chimique du lixiviat coagulé avant et après traitement par SBR	39
III.3.1.1 La température, le pH et l'oxygène dissous.....	39
III.3.1.2 DBOt et DCO ₅	39
III.3.1.3 Les orthophosphates.....	39
III.3.1.4 Les composés azotés.....	40
III.3.1.5 Les matières en suspension.....	40

III.3.2 Caractérisation bactériologique du lixiviat coagulé avant et après le traitement par SBR	40
III.4 Conclusion	41
 <i>Article 2: Traitement des effluents urbains et industriels : Originalité et performance</i>	
III.5 Traitement des lixiviats par filtration sur colonne	42
III.6 Conclusion	44
IV. Conclusion générale	45

Liste des tableaux

Tableau I.1 : Classement des lixiviats selon l'âge de la décharge.....	8
Tableau I.2 : classification et nomenclature des lixiviats dans le décret exécutif n° 06-104....	9
Le Tableau I.3: Les normes de rejet des lixiviats dans l'environnement.	11
Tableau II.1 : Classification des procédés biologiques artificiels de traitement des lixiviats.....	14
Tableau II.2: Performance de l'épuration des lixiviats par lagunage.....	15
Tableau II.3: Performance de l'épuration des installations à lit bactérien aérobie.....	18
Tableau II.4: Performance des différents réacteurs anaérobie.....	18
Tableau II.5: Confrontation des systèmes anaérobies aux procédés aérobies.....	19
Tableau II.6: Traitement des lixiviats par adsorption.....	22
Tableau II.7: Principaux procédés d'oxydation chimique et photochimique.....	23
Tableau II.8: Principales difficultés à application industrielle des procédés d'oxydation chimique.....	24
Tableau II.9: Efficacité du procédé de stripping de l'ammoniaque présent dans des lixiviats.....	26
Tableau II-10 : Résultats de quelques études faites sur l'Electrocoagulation des lixiviats de site d'enfouissement.....	28
Tableau II-10 : Quelques combinaisons de traitement des lixiviats.....	32

Tableau III.1: Variation des concentrations moyennes des paramètres physico-chimiques Avant et après traitement par coagulation-floculation.....	35
Tableau III.2 : Les méthodes de recherche des indicateurs de contamination fécale dans lixiviat Brut et traité.....	37
Tableau III.3 : Variation des germes du lixiviat brut et traité par chlorure ferrique.....	38
Tableau III.4 : Caractérisation physico-chimique du lixiviat coagulé avant et après traitement par SBR.....	40
Tableau III.5 : Caractérisation bactériologique du lixiviat coagulé avant et après traitement Par SBR	41
Tableau III.6: Résultats obtenus après passage du lixiviat brut à travers le lit à matériaux filtrant	43

Abréviations

PNAE-DD : Concernant la gestion des déchets solides urbains, elle s'inscrit dans le Plan National d'Actions Environnementales et du Développement Durable.

PROGDEM : Programme National de Gestion Intégrée des Déchets Ménagers et Assimilés.

C.E.T : Centre d'enfouissement technique.

CSDU : centre d'enfouissement technique ou centre de stockage des déchets ultimes.

PED : pays en développement.

AND : Agence Nationale des Déchets.

DCO : Demande chimique en oxygène (mg/L).

AGV : acides gras volatiles.

DBO₅ : Demande biologique en oxygène pendant 5 jours (mg/L).

GLC : chromatographie liquide sur gel.

PM : poids moléculaire.

COT : Le Carbone Organique Totale.

SBR : réacteurs biologiques séquentiels.

CAG : charbon actif en grain.

USAB : Upflow anaerobic sludge blanket .

CAP : charbon actif en poudre.

KWh : kilowattheure.

Kg : kilogramme.

UV : ultra-violet.

AOX : composés organohalogénés.

EC : L'électrocoagulation.

EO : L'électro-oxydation.

EF : L'électro-Fenton.

DT-module : disque-tube-module.

Da : dinar algérien.

CAB : charbon actif biologique.

J : jour.

ml : millilitre.

mg : milligramme.

min : minute.

°C : degré Celsius.

MES : matière en suspension.

FMAT : Germes totaux.

CT : Coliformes totaux.

CF : Coliformes fécaux.

SF : Streptocoques fécaux.

CSR : Bactéries Sulfitoréductrices.

DLA : Désoxycholate lactose agar.

SPS : La gélose sulfate polymixinsulfadiazine .

BP : Milieu Baird Parker.

UFC : unité formatrice de colonies.

CU : coefficient d'uniformité.

NPK : azote, phosphore et potassium.

Introduction

Conscient des enjeux que l'environnement représente pour un développement durable, l'Etat Algérien adopte depuis une dizaine d'années, des stratégies pour la préservation de l'environnement dans différents secteurs. Elles reposent sur plusieurs axes, entre autres : la préservation de l'eau, des sols et des forêts, la protection des écosystèmes sensibles, la dépollution industrielle, la gestion des déchets, la protection des espaces naturels et des espèces animales, etc.

Concernant la gestion des déchets solides urbains, elle s'inscrit dans le Plan National d'Actions Environnementales et du Développement Durable (PNAE-DD) à travers l'adoption d'un Programme National de Gestion Intégrée des Déchets Ménagers et Assimilés (PROGDEM), qui se veut une démarche intégrée, graduelle et progressive de la gestion des déchets ménagers.

En effet la quantité de déchets ménagers et assimilés produite en Algérie est estimée à 8,5 millions de tonnes/an. Un algérien en zone urbaine produit quotidiennement environ 0,7 kg de déchets solides. Au niveau de la capitale (Alger), cette production avoisine 0,9 kg/j/habitant [01]. Ce phénomène est accentué en raison d'insuffisance de moyens et d'équipements appropriés. Parallèlement, la composition de ces déchets est en phase de passer d'un profil organique (déchets alimentaires) à des matériaux complexes (emballages, plastiques, produits en fin de vie, etc.) qui présentent des risques majeurs pour l'environnement et la santé publique.

La méthode pratiquée pour leur élimination demeure à ce jour la mise en décharge, du fait de son faible coût par rapport aux autres filières comme l'incinération ou le compostage. Ce genre d'installation sert de stockage et de gestion des déchets pendant une période de temps limitée. En effet, bien que la durée de fonctionnement des CET soit limitée, leurs impacts **n'en** se prolonge dans le temps : les ordures ménagères continuent à vivre après leur enfouissement, créant ainsi d'autres nuisances. La plus importante reste la production du biogaz issue de leur dégradation.

L'autre souci majeur engendré par les C.E.T est celui des liquides formés lors de la percolation des eaux pluviales avec les déchets en pleine décomposition : les lixiviats. En effet, vu leur charge complexe polluante, ceux-ci représentent une menace pour l'environnement et pour la santé humaine. La composition de lixiviat varie d'une décharge à une autre selon la nature, les conditions climatiques et la topographie du site. A cause de la nuisibilité de cet effluent sur l'environnement, une série de traitement d'épuration (biologique, physico-chimique ou bien membranaire) s'impose avant d'être rejeté dans le milieu récepteur.

Le traitement des lixiviats générés par ces C.E.T présente aujourd'hui des enjeux économiques et financiers importants. Tout ceci conduit à plusieurs questions: existe-t-il un procédé suffisamment efficace pour répondre aux normes en vigueur ? Est-il généralisable à l'ensemble des lixiviats ou du moins à un débit journalier fixé, pour l'ensemble des C.E.T ? Procédés destructifs ou récupératifs, l'avenir des concentrats ou des sous-produits issus de ces procédés sera à prendre en compte. Il semble sans trop s'avancer qu'un seul procédé ne pourra répondre à l'ensemble de ces critères du fait de la complexité et de la variabilité des lixiviats : problématique qui sera élucidée dans la présente étude. Notre présente contribution est cernée justement autour de ces éléments à travers l'exploitation de toutes les données théoriques concernant lixiviat.

Dans le cadre de cette problématique environnementale, l'objectif de notre recherche est d'étudier les traitements des lixiviats de décharges par des procédés physico-chimiques et/ou biologiques.

Pour cela, cette étude sera structurée en trois chapitres :

Le premier et le deuxième chapitre seront consacrés pour une revue bibliographique.

Le premier chapitre présentera des notions relatives au lixiviat, ses différentes caractéristiques et la pollution engendrée par celui-ci. Quant au deuxième, il portera sur les multiples traitements appliqués au lixiviat.

Le troisième chapitre présentera l'étude de deux articles relatifs au traitement de lixiviat de décharge, par des procédés physico-chimiques et/ou biologiques.

Ce manuscrit s'achèvera par une conclusion synthétisant les principaux éléments obtenus à l'issue de cette étude.

Chapitre I

Lixiviat: Déchet généré par des déchets

Le fonctionnement d'une décharge peut être assimilé 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 décharge est un cas unique.

I.1 Définition des déchets solides :

Le mot vient de l'ancien français déchiet ou déchié, soit « la quantité perdue dans l'usage d'un produit », ce qui en reste après son utilisation.

un déchet « tout résidu d'un processus de production, de transformation ou d'utilisation, toute substance, matériau, produit ou plus généralement tout bien meuble abandonné ou que son détenteur destine à l'abandon » [02].

Selon l'article 3 de la loi Algérienne N° 01-19 du 12 Décembre 2001 relative à la gestion, au contrôle et à l'élimination des déchets, le déchet est tout résidu d'un processus de production, de transformation ou d'utilisation et plus généralement toute substance ou produit et tout bien meuble dont le propriétaire ou le détenteur se défait, projette de se défaire, ou dont il a l'obligation de se défaire ou de l'éliminer.

I.2 Le Centre D'enfouissement Technique C.E.T :

Au sens de l'article 2 du décret wallon du 27 juin 1996 relatif aux déchets, le C.E.T (Le centre d'enfouissement technique ou centre de stockage des déchets ultimes (CSDU)), est définis comme un site d'élimination des déchets par dépôt des déchets sur ou dans la terre (c'est à dire en sous-sol).

I.2.1 Réglementations : Vers une politique globale des déchets :

A ce jour, la principale voie de traitement des déchets en Algérie est la mise en décharge. Cette technique est souvent utilisée dans les pays en développant PED, mais elle aboutit souvent à des décharges incontrôlées. La notion décharge contrôlée et des différents modes d'exploitation visant la protection de l'environnement apparaît pour la première fois en 1983 loi n° 83.03 du 05 février 1983, relative à la protection de l'environnement, elle précise la nocivité des déchets et demande à mettre fin à la mise en décharge brute des ordures.

Le décret n°84.378 du 15 décembre 1984 fixant les conditions de nettoyage, d'enlèvement et du traitement des déchets urbains, précise et complète la loi n° 83.03, pose la définition des déchets urbains, met fin à la décharge brute des ordures, et préconise la mise en décharge contrôlée, accompagnée d'études d'impact et d'une instruction technique. Ce décret

fixe l'ensemble des prescriptions techniques (distances minimales d'éloignement par rapport aux immeubles, protection de captage, étude hydrogéobliologique, l'imperméabilité de la base de décharge, son drainage et le contrôle de la qualité de l'eau de la nappe).

La loi du 12 décembre 2001 relative à la gestion, au contrôle et à l'élimination des déchets, complète et renforce le décret exécutif n° 83.378, fixe les modalités de gestion, le contrôle et de traitement des déchets, précise et identifie les déchets admis, donne une classification et introduit le terme enfouissement, le définit comme "tout stockage de déchets en sous sol".

Depuis 2003, date de la promulgation de la loi du 12 décembre 2001 relative à la gestion, au contrôle et à l'élimination des déchets, complète et renforce le décret exécutif n° 83.378, relative à la protection de l'environnement dans le cadre du développement durable, le renforcement du contenu sanitaire de l'étude d'impact conduit à s'intéresser directement aux effets des décharges sur la santé de l'homme [03].

I.2.2 Types de centre d'enfouissement technique C.E.T :

La classification des décharges d'ordures ménagères est basée sur l'aptitude d'un sol à accueillir une décharge, c'est à dire sur la valeur du coefficient de perméabilité ou coefficient de Darcy, qui définit la vitesse de percolation des eaux dans un sous-sol [29].

Il existe actuellement trois types de CET qui réceptionnent trois catégories différentes de déchets [05] :

- ❖ **CET de classe 1:** Pour déchets dangereux, toxiques (déchets industriels spéciaux)
- ❖ **CET de classe 2:** Pour déchets ménagers et assimilés (ordures ménagères, encombrantes, Déchets verts, déchets industriels banals, etc..).
- ❖ **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.

I.2.3 Nombre de C.E.T en Algérie :

Des centres d'enfouissement techniques de déchets, appelés actuellement centres de stockage de déchets, ont été réalisés ou sont en cours de réalisation dans divers Wilayas du pays, Les CET réalisés et exploités sont le C.E.T d'Ouled Fayet, le C.E.T d'El.Outaya . Le Temps d'Algérie (Quotidien National d'Information) rapporte en date du 24 Avril 2010 selon l'Agence Nationale des Déchets (AND) que : 32 C.E.T sont achevés à travers le territoire national, 42 sont en cours de réalisation, 7 autres en voie de lancement, 12 en phase d'étude et 4 centres sont en phase de choix de site. Et en vue d'absorber les déchets ménagers de la wilaya

d'Alger, trois C.E.T sont conçus au niveau des communes de Corso, de Réghaïa et d'El Hamiz [03].

La mise en décharge des déchets issus de l'activité anthropique a été pratiquée depuis des siècles. De mise en œuvre aisée, cette technique autorise une élimination efficace et peu coûteuse des résidus urbains. Cette gestion conduit toutefois à l'émanation d'odeurs nauséabondes, à la production de biogaz et surtout de lixiviat. Une fois ce dernier injecté dans les milieux aquatiques, il peut induire des phases de dysfonctionnement de ces écosystèmes d'autant plus dramatiques qu'elles sont aggravées par l'intensification croissante des activités urbaines. En conséquence, nous nous sommes proposé dans ce mémoire d'étudier le traitement des lixiviats.

I.3 Définition des lixiviats :

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. Ce « jus de décharge » résulte donc 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, 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. Ce percolât est donc un effluent complexe caractéristique de la décharge dont il est issu [06].

Autrement dit les lixiviats sont produits lorsque la teneur en humidité dépasse la valeur maximale de rétention qui est définie comme la valeur maximale de liquide que peut retenir un milieu poreux sans produire de percolât [07].

I.4 Les mécanismes de formation du lixiviat :

D'une manière générale, la formation du lixiviat à partir des déchets met en jeu une grande diversité de phénomènes, résultant essentiellement du mode d'exploitation du centre de stockage (hauteur de déchets, nature et qualité des déchets, surface exploitée, compactage, âge des déchets et de l'infiltration des eaux) [08] [09] [10].

Ces différents phénomènes peuvent se répartir en deux catégories [08] [09] [10] :

❖ **Les mécanismes physico-chimiques** : évolution du pH, pouvoir tampon, salinité, potentiel d'oxydoréduction des percolâts, complexation, adsorption, neutralisation et transfert de matière.

❖ **Les processus biologiques aérobie et anaérobie** : grâce à l'action biochimique des enzymes sécrétées par les micro-organismes du milieu, la fraction organique des déchets est dégradée.

I.5 La composition du lixiviat :

Les compositions chimique et biochimique des lixiviats sont non seulement très diverses mais aussi variables dans le temps et dans l'espace. Cette composition est très aléatoire elle varie en fonction de la synergie de beaucoup de facteurs. Malgré sa complexité les auteurs relèvent classiquement quatre types de polluants [06][08][11][12][13][14] :

- ❖ La matière organique dissoute ou en suspension, issue de la biomasse, exprimée généralement en demande chimique en oxygène (DCO); (les acides gras volatiles (AGV), les substances humiques et fulviques...);
- ❖ Les micropolluants organiques (hydrocarbures, composés organohalogénés...),
- ❖ Les composés minéraux majeurs sous forme ionique: (Ca^{2+} , Mg^{2+} , K^+ , Na^+ , NH_4^+ , Fe^{2+} , Mn^{2+} , HCO_3^- , Cl^- , SO_4^{2-} ...) ainsi que d'autres composés tels que les borates, les sulfites...;
- ❖ Les cations de métaux lourds à l'état de traces (Zn, Cd, Cr, Cu, Ni, Pb...), sous forme majoritairement complexée par des ligands minéraux (HCO_3^- , Cl^- , SO_4^{2-}) ou organiques (macromolécules de type humique et fulvique).

La composition globale des lixiviats est le plus fréquemment déterminée grâce à des analyses physico- chimiques, dérivées du traitement des eaux. Cette qualité physicochimique dépend de nombreux facteurs tels que [08][15][16][17] :

- ❖ Mode d'exploitation du CSDU ;
- ❖ Gestion du site, sa topographie, sa situation géographique ;
- ❖ Les variations climatiques saisonnières (précipitation, humidité, évapotranspiration...);
- ❖ Stade d'évolution du casier de déchets (âge);
- ❖ Surtout de la nature des déchets entreposés et leur degré de compaction.

I.6 Evolution de la composition du lixiviat au cours du temps:

Les déchets ménagers dès leur mise en décharge et tout au long de leurs dégradations produiront un lixiviat d'une qualité assez différente, traduisant ainsi l'état de la dégradation des déchets. Ce processus de dégradation des déchets suit quatre phases physico-chimiques correspondant à l'activité de différents micro-organismes spécifiques (hydrolyse, acidogènes, acétogénèse et méthanogènes) et une cinquième qui est très peu décrite dans la littérature ; il s'agit de la phase de maturation qui correspond à une stabilisation des constituants de la décharge et un ralentissement important dans les réactions chimiques et biologiques dans celle-ci [18][19].

De nombreuses études ont mis en évidence la diminution de la concentration des polluants organiques (DCO et DBO) avec l'augmentation de l'âge de la décharge comme le montre le tableau I.1. Suivant le stade d'évolution biologique des déchets, trois types de lixiviats ont été distingués [08][20][21] :

- ❖ les lixiviats jeunes ;
- ❖ les lixiviats intermédiaires ;
- ❖ les lixiviats âgés ou stabilisés.

a. Les lixiviats jeunes : se caractérisent par une charge organique élevée relativement biodégradable (seuil de biodégradabilité $DBO_5/DCO > 0,3$) constituée principalement d'AGV. Ces lixiviats peuvent être chargés en métaux (jusqu'à 2 g.L^{-1}) du fait de leur pH relativement bas. Ils correspondent aux premières phases non méthanogènes de l'évolution d'un CSDU.

b. Les lixiviats intermédiaires: au fur et à mesure que le CSDU vieillit et que les déchets se stabilisent, la charge organique diminue et les AGV se raréfient (20 à 30 % de la charge du lixiviat) au profit de composés de hauts poids moléculaires. L'émergence de ces composés tend à diminuer la biodégradabilité du lixiviat. De ce fait, le pH est voisin de la neutralité et la charge en métaux devient négligeable. Ces lixiviats correspondent globalement à la phase méthanogène stable.

c. Les lixiviats âgés, mature ou stabilisés: sont caractérisés par une faible charge organique, composée essentiellement des substances humiques (acides fulviques et humiques) de hauts poids moléculaires. Sont également présents des composés de faibles poids

moléculaires tout aussi réfractaires à la biodégradation ($DBO_5/DCO < 0,1$). Ces lixiviats stabilisés correspondent à la phase de maturation du CSDU.

Tableau I.1 : 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 d' O₂.L⁻¹)	> 20	3 à 15	< 2
Biodégradabilité (DBO₅/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	Réduction des acides gras volatils	Prédominance des macromolécules
Profil en GLC (chromatographie liquide sur gel)	Rareté des composés de haut poids moléculaire (PM)	Mélange de composés organiques de PM > 500 Da et de faible PM	Prédominance composés organiques de PM élevés (> 5000 Da)

I.7 Les principaux paramètres caractérisant un lixiviat :

Les principaux paramètres **caractérisant** un lixiviat sont [19] :

- ❖ La Demande Chimique en Oxygène (DCO) : quantifie l'état d'oxydation des substances présentes dans les lixiviats. Elle est mesurée par une oxydation à chaud d'un échantillon avec K₂Cr₂O₇. Elle est exprimée en mg d'O₂ consommé par litre de lixiviat.
- ❖ La Demande Biologique en Oxygène (DBO₅) : quantifie la biodégradabilité des lixiviats. Elle est déterminée par la quantité d'oxygène consommée par les

microorganismes présents dans les lixiviats. Elle est exprimée en mg d'O₂ consommé par litre de lixiviat.

- ❖ Le Carbone Organique Total (COT), la teneur en matière azotée et phosphorée (azote organique, NH₄⁺, NO₃⁻, NO₂⁻, phosphore total, PO₄³⁻).
- ❖ Le pH, la conductivité.
- ❖ La concentration en métaux lourds (Fe, Zn, Cu, Cd, Pb, Ni, Hg, Ag).
- ❖ Les teneurs en micropolluants organiques (hydrocarbures, phénols, pesticides et solvants)
- ❖ Les acides gras volatiles (AGV).
- ❖ Les organismes pathogènes (coliformes totaux).

I.8 Impact des lixiviats sur l'environnement :

Suite au dépôt dans une décharge, les déchets sont soumis à des processus de dégradation liés à des réactions biologiques et physico-chimiques complexes. L'eau s'y infiltre et produit des lixiviats et du biogaz chargés en substances organiques ou minérales qui engendrent une pollution essentiellement de type organique et métallique en relation avec la biodégradation naturelle des déchets confinés et avec leurs composants anthropiques qui libèrent de nombreuses substances toxiques dans le milieu naturel.

Dans le décret exécutif n° 06-104 du 29 Muharram 1427 correspondant au 28 février 2006 DE la réglementation Algérienne, fixant la nomenclature des déchets, y compris les déchets spéciaux dangereux et critères de dangerosité comme le montre le tableau I.2.

Tableau I.2 : classification et nomenclature des lixiviats dans le décret exécutif n° 06-104

Code du déchet	Désignation du déchet	Classe du déchet	Critères de dangerosité
19.7	Lixiviats des centres d'enfouissement technique et des décharges		
19.7.1	Lixiviats des centres d'enfouissement technique et des décharges contenant des substances dangereuses	SD (déchets spéciaux dangereux).	Toxique dangereuse pour l'environnement
19.7.2	Lixiviats des centres d'enfouissement technique et des décharges autre que ceux visés à la rubrique 19.7.1	S (déchets spéciaux) .	

Sur les sites de décharges on rencontre essentiellement trois types de pollution : pollution par les matières organiques et/ou minérales, pollution par les métaux lourds et pollution par les microorganismes [22].

❖ **Pollution par les matières organiques et minérales :** La composition des lixiviats est une photographie de l'état des déchets à un certain moment de leur dégradation [24], en étudiant plusieurs sites, on définit les fourchettes de fluctuations de la composition physico-chimique des lixiviats d'ordures ménagères.

La fraction minérale des lixiviats est essentiellement constituée de chlorures, sulfates, bicarbonates, potassium, sodium et ammonium. La partie organique est liée à l'âge des déchets. La matière organique peut se retrouver dans les eaux de surface et souterraines quand les conditions minimales d'enfouissement de déchets ne sont pas respectées. Cependant, même si dans certaines décharges on assiste à la mise en place des géomembranes, la durée de vie de ces matériaux est mal connue vu qu'ils sont soumis à l'agressivité chimique des lixiviats. Une éventuelle fuite dans ces membranes peut occasionner la contamination de la nappe [24].

❖ **Pollution par les métaux lourds :** La migration des métaux lourds dans les sols (à partir de décharge des déchets suite à lixiviation) et leur infiltration vers les eaux souterraines 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 matières en suspension sur des particules de sol, adsorption des ions ou des molécules à la surface des grains de matrice poreuse, phénomène d'échange d'ions...[25]

❖ **Pollution par les microorganismes :** L'effectif bactérien dans le lixiviat brut oscille entre $0,04 \times 10^6$ et $0,34 \times 10^6$ bactéries $m.L^{-1}$ et la biomasse bactérienne varie entre 8,78 et 77,51 $\mu g C. L^{-1}$, plusieurs maladies hydriques sont causées par la consommation des eaux contaminées par les lixiviats qui contiennent des microorganismes pathogènes. Durant la dernière décennie, les problèmes relatifs à l'eau sont devenus de plus en plus vastes, avec l'émergence de nouvelles maladies infectieuses et la réémergence d'autres qui sont déjà connues, (salmonelle, choléra, shigellose) [22].

❖ D'après une étude toxicologique officielle conduite dans 56 décharges de déchets municipaux au Cameroun (Bamenda et Yaoundé), 133 produits chimiques toxiques (dont 32 causent le cancer, 10 causent des malformations et 21 causes des endommagements

génétiques) ont été mis en évidence comparés à 72 produits dans les décharges de déchets industriels[26].

I.9 Les normes de rejet des lixiviats :

Vu leur degré de pollution, le rejet des lixiviats est régulé par des normes strictes afin de minimiser l'impact de la contamination des milieux récepteurs.

La réglementation Algérienne en vigueur ne tient pas compte des rejets issus des installations de traitement des déchets; également le décret exécutif N° 06-141 du 19 avril 2006, définit seulement les valeurs limites des rejets d'effluents liquides industriels. Il a imposé l'obligation pour que les rejets d'effluents liquides industriels des installations classées ne dépassent pas à la sortie de l'installation les valeurs limites des rejets définies en l'élément 02 dans annexe I et doivent être dotées d'un dispositif de traitement approprié de manière à limiter la charge de pollution rejetée. Les normes de rejet en vigueur au Québec et en France sont présentées dans le tableau I.3 [26].

Le Tableau I.3: Les normes de rejet des lixiviats dans l'environnement.

Paramètres	Unités	Normes en Algérie		Normes au Québec	Normes en France (selon la charge volumétrique)
		Valeurs limites	Tolérances aux valeurs limites anciennes installations	Valeurs limites	
DBO₅	mg/L	35	40	150	30-100
DCO	mg/L	120	130	-	125-300
COT	mg/L	-	-	-	70
pH	mg/L	6,5 - 8,5	6,5 - 8,5	6 – 9,5	-
N-NH₄⁺	mg/L	-	-	25	-
Azote total	mg/L	30	40	-	30
MES	mg/L	35	40	90	35-100
Phosphore total	mg/L	10	15	-	-
Zinc	mg/L	3	5	0,17	-
Coliformes fécaux	UFC/100ml	-	-	-	-
Composés phénoliques	mg/L	0,3	0,5	0,085	-

Conclusion

Ce chapitre a pour but de mettre en avant et de quantifier la problématique lixiviat : ampleur et complexité. La production de déchets par habitant et par jour est en constante

augmentation et l'enfouissement dans les CSDU est encore pour longtemps l'exutoire de la majorité de nos ordures ménagères.

En plus des enjeux écologiques et sanitaires, le traitement des lixiviats générés par ces CSDU présente aujourd'hui des enjeux économiques et financiers importants. Tout ceci conduit à plusieurs questions: existe-t-il un procédé suffisamment efficace pour répondre aux normes en vigueur? Est-il généralisable à l'ensemble des lixiviats ou du moins à un débit journalier fixé, pour l'ensemble des CSDU ? Procédés destructifs ou récupératifs, l'avenir des concentrats ou des sous-produits issus de ces procédés sera à prendre en compte. Il semble sans trop s'avancer qu'un seul procédé ne pourra répondre à l'ensemble de ces critères du fait de la complexité et de la variabilité des lixiviats, la réponse à toutes ces questions sera le sujet du prochain chapitre.

Chapitre II

*Traitement des lixiviats : des effluents complexes qui
nécessitent un traitement*

Les lixiviats générés à partir des décharges présentent une grande toxicité aigüe et chronique. Lorsqu'ils ne sont pas traités, ces lixiviats peuvent pénétrer dans la nappe phréatique ou contaminer les eaux de surface et donc contribuer à la pollution des eaux [27].

Le traitement des lixiviats nécessite d'élaborer une stratégie sur le moyen ou le long terme. Tout commence par la caractérisation de l'effluent; après l'avoir qualifié et quantifié, il faudra opter pour une palette de procédés qui induiront un certain nombre de séquences successives[27].

La plupart des procédés utilisés pour traiter les lixiviats sont des adaptations des procédés classiques de traitement des eaux usées qui peuvent être divisées en deux principales catégories: les procédés biologiques (aérobies ou anaérobies) qui sont principalement adaptés aux lixiviats biodégradables et les procédés physico-chimiques (coagulation - floculation, oxydation, précipitation, adsorption et stripping etc...) qui sont préférentiellement utilisés pour des lixiviats stabilisés ou pour éliminer un polluant ciblé. Ces différents traitements sont souvent complémentaires. Toutefois, compte tenu de la grande variabilité de la composition de ces effluents, ces procédés sont souvent complémentaires, les procédés physico-chimiques servant de prétraitement ou de traitement de finition [27].

II.1 Les différents procédés appliqués au lixiviat :

II.1.1 Les traitements par voie biologique :

Le traitement par voie biologique est au cœur de la filière traditionnelle de traitement des lixiviats car il permet une élimination Simultanée de la pollution organique et azotée. La biodégradation est réalisée par des micro-organismes qui vont dégrader les composés organiques soit sous forme de CO₂, avec production de boues, sous des conditions aérobies, soit sous forme de biogaz (mélange gazeux comprenant principalement du CO₂ et CH₄) sous des conditions anaérobies. Ce type de traitement est surtout applicable et efficace sur des lixiviats jeunes et non stabilisés: ceux-ci ayant leur charge organique principalement constituée d'acides carboxyliques parfaitement, biodégradables. En revanche, dans le cas de lixiviats stabilisés, la présence majeure de composés réfractaires tend à limiter l'efficacité de la biodégradation [27] [28].

Les procédés biologiques peuvent être divisés en deux grands groupes: aérobie ou anaérobie, selon qu'il y ait ou pas présence d'oxygène [27] [28].

Parmi ces traitements biologiques, il existe des procédés biologiques naturels (Lagunage) et contrôlés (boues activées, lits bactériens...) [27] [28].

Il existe deux grandes catégories de procédés biologiques contrôlés [27] [28]:

- a. **Les installations à culture libre**, dans lesquelles la culture bactérienne est maintenue en suspension dans le courant des effluents à traiter.
- b. **Les installations à (cultures fixées)**, où la culture bactérienne appelée aussi « biofilm » ou « film biologique » repose sur un support (plastique, milieu granulaire fin...). Leurs mises en œuvre technologiques sont énumérées et classifiées dans le tableau ci-dessous.

Tableau II.1 : Classification des procédés biologiques artificiels de traitement des lixiviats.

	Aérobic	Anaérobic
Culture libre	Boues activées : - Procédés classiques : (Bassin d'aération + clarificateur) - Réacteur biologique séquentiel (RBS) - Bioréacteur à membranes	- Digesteur conventionnel - Réacteur biologique séquentiel - Réacteur de type UASB*
Culture fixée	- Lit bactérien fixe ou fluidisé	- Filtre hybride (culture mixte) - Lit bactérien fixe ou fluidisé

*Le procédé UASB (upflow Anaerobic sludge Blanket) repose sur la capacité des populations mixtes anaérobies à faire naturellement des granules relativement lourdes qui peuvent décanter facilement et qui contiennent les microorganismes actifs. L'effluent traverse un lit de boues constitué en partie par des floccs de microorganismes et par ces granules. En haut du réacteur, un décanteur intégré permet de recycler les boues qui seraient entraînées et de les maintenir dans le réacteur.

II.1.1.1 Lagunage :

Le lagunage naturel repose sur une décantation directe au fond des bassins des matières en suspension, et indirecte des substances solubles introduites ou remises en solution par les sédiments après leur absorption par les microphytes. Ce procédé est proche de l'autoépuration. Il est basé sur un cycle biologique, où les bactéries assurent l'élimination des matières organiques en présence d'O₂ fourni par les algues [29].

Les lagunes sont un moyen efficace et peu onéreux d'épuration de la matière organique, minérale et pathogène des lixiviats et sont largement utilisées dans les pays en voie de développement du fait de leur rusticité, du peu de compétences techniques exigées et surtout des faibles coûts de fonctionnement et de maintenance engendrés. La pollution carbonée et azotée biodégradable est éliminée (tableau II.2). Le lagunage peut contribuer à l'épuration des lixiviats fortement biodégradables grâce à la présence de larges surfaces d'adsorption sur des sédiments, des plantes ou encore des racines, à des interfaces aérobies-anaérobies ainsi qu'à une population microbienne active très variée. Les performances du traitement dépendent essentiellement du temps de séjour (20 à 30 jours) et de l'homogénéisation au sein de la lagune (transfert d'oxygène, contact, bactéries/effluent). La variation de température et les surcharges hydrauliques peuvent constituer des facteurs perturbateurs de l'activité microbienne. Aussi, malgré ses coûts très attractifs, le lagunage ne permet pas de satisfaire aux normes de rejets. Par conséquent, le traitement par lagunage aéré peut être une solution de prétraitement recommandée avant rejet en station d'épuration ou encore en amont d'un traitement physicochimique si bien évidemment la surface au sol disponible et le voisinage du centre de stockage des déchets ultimes (CSDU) le permettent[29].

Tableau II.2: Performance de l'épuration des lixiviats par lagunage.

Qualité moyenne du lixiviat				Performance		
DCO (g d'O ₂ /l)	DBO ₅ /DCO	N-NH ₄ ⁺ (mg/l)	Temps de séjour (J)	Rendement d'épuration (%)		
				DCO	DBO ₅	N-NH ₄ ⁺
5.518	0,7	158	> 10	97	99	97
1.200	0,24	230	-	67	85	53
1.182	0,26	405	20	89	95	99
765-3.090	0,43-0,53	-	16-22	55-64	95-97	-
5050	0,25	1330	32	40	64	77
Rendement d'épuration (%)				73	86	82

II.1.1.2 Les procédés contrôlés aérobies et anaérobies :

a. Les procédés aérobies à boues activées:

a.1 Procédés à culture libre :

Le traitement par biomasse libre est actuellement le plus répandu pour l'épuration biologique des lixiviats [27].

Le principe général du procédé de boues activées consiste à accélérer le processus d'oxydation naturelle de la matière organique et azotée qui intervient dans les milieux récepteurs. Le développement d'un floc bactérien est provoqué dans un bassin alimenté en effluent à traiter, brassé suffisamment pour éviter la décantation des floccs, et lui fournir du même coup l'oxygène nécessaire à la prolifération des micro-organismes.

Le traitement biologique par biomasse libre se met donc en œuvre par la combinaison de trois dispositifs: un réacteur biologique où sera sélectionnée une biomasse apte à la décantation, un système d'aération fournissant l'oxygène nécessaire, et un ouvrage de séparation, essentiellement par décantation, où l'eau purifiée sera séparée de la biomasse formée. Le bassin d'aération peut également jouer le rôle de décanteur dans le cas de réacteurs biologiques séquentiels (SBR) [27].

L'efficacité de ce procédé vis-à-vis de l'abattement des composés organiques dépend principalement, du caractère biodégradable du lixiviat [27].

Pour un lixiviat jeune ($DBO_5/DCO=0,6$), des rendements d'épuration en DCO supérieurs à 92 % sont atteints alors que pour un effluent moins biodégradable ($DBO_5/DCO= 0,33$), ces rendements soit seulement de 59 %.

Les conditions de fonctionnement du procédé (température, temps de séjour hydraulique, âge de boue.. .) jouent également un rôle important. Dans des réacteurs classiques ou séquentiels, les abattements de DCO allant de 48 à 75 %, pour une température et un temps de séjour hydraulique variant respectivement de 5 à 50°C et de 10 à 40 jours, ont été atteints. En ce qui concerne l'épuration des composés azotés, l'oxydation de l'ammoniaque par nitrification dans de tels procédés atteint généralement 90 % voire davantage, et permet d'atteindre des concentrations en sortie de traitement inférieures ou égales à 10 mg.L⁻¹ en azote total. Cependant, ces résultats (une synthèse des performances d'épuration de différents réacteurs aérobies à boues activées depuis 1980) ont été obtenus pour différents systèmes allant d'un procédé mono-étagé simple à un multi-étagés complexe, et pour lesquels divers temps de séjour hydraulique, âge de boue, et taux d'abattement en matière organique et azotée étaient appliqués [27].

Les fluctuations des lixiviats d'une étude à une autre en sont d'ailleurs la raison principale et expliquent de telles diversités de traitement. Ces effluents peuvent afficher des concentrations en N-NH₄⁺ allant de 76 mg.L⁻¹ à 5618 mg.L⁻¹. Dans le cas de fortes concentrations en ammoniaque associées à d'importantes teneurs en composés organiques réfractaires et en substances toxiques, les procédés à boues activées ne suffisent plus. Certains auteurs ont donc

fait appel à d'autres solutions comme notamment l'ajout de charbon actif en grain (CAG) dans le réacteur biologique. Le rôle de l'ajout de charbon actif est double car il crée un support qui assure la fixation de la biomasse et permet l'adsorption des composés réfractaires et des substances toxiques [27].

Des inconvénients majeurs liés à ce procédé de boues activées sont apparus et ont pu être soulignés par plusieurs auteurs [27]:

- Une mauvaise décantation des boues, qui entraîne une perte de biomasse, et la nécessité d'avoir des temps d'aération prolongés ;
- Une demande énergétique et une production de boue importantes ;
- Une inhibition importante des micro-organismes due aux fortes concentrations en ammonium et aux basses températures. À titre d'exemple, une baisse de température de 21 °C à 7 °C dans le réacteur à boues activées peut entraîner une perte d'efficacité de la nitrification de plus de 60 %.

a.2 Procédés à culture fixée :

Récemment, le recours à de nouveaux procédés biologiques à culture dite (fixée) permis d'accroître sensiblement l'efficacité de traitement[27].

Dans les installations à culture fixée, la culture bactérienne (appelée ici biofilm ou film biologique) repose sur un support (caillou, plastique, milieu granulaire). Il existe deux types de lits bactériens [27]:

- Les lits fixes dans le cas où le support est statique (à flux ascendant, ou flux descendant);
 - Les lits fluidisés ou circulants, lorsque le support est mis en suspension par la circulation de l'effluent
- une synthèse des conditions opératoires et des performances de traitement, est présentée dans le tableau II.3.

Ces lits bactériens doivent leur utilisation au fait que les micro-organismes changent leurs propriétés lorsqu'ils s'agencent en biofilm ils deviennent; plus résistants aux fluctuations des paramètres environnementaux, comme la température, ainsi qu'aux substances toxiques, et ils décantent beaucoup plus efficacement que pour un procédé à boues activées en culture libre.

Ces procédés se révèlent également très efficaces dès lors que l'effluent à épurer présente de fortes teneurs en azote ammoniacal. Les bactéries responsables de la nitrification sont moins vulnérables aux variations de température, de pH et à la présence de substances toxiques. À titre d'exemple, une baisse de température de 20 à 6°C dans un lit bactérien fixe entraîne une diminution du taux de nitrification de 6,2 g N-NH₄⁺.m³.h⁻¹ à 4,8g N-NH₄⁺.m³.h⁻¹, soit une perte d'efficacité de seulement 23 %. Toutefois, quelques inconvénients pour ces procédés

apparaissent comme le coût supplémentaire du support solide, qui représente une part importante du coût total de l'installation et la nécessité de maintenir une forte teneur en oxygène dissous dans les lits fluidisés, afin d'assurer un taux de nitrification optimal. Enfin, il reste à souligner le problème de dénitrification associé au traitement des lixiviats par procédé biologique. Dans le cas particulier de ces effluents, un rapport trop faible entre le carbone biologiquement assimilable et l'azote explique la présence des formes oxydées NO_3^- et NO_2^- à des concentrations pouvant atteindre plusieurs centaines de milligrammes par litre [27].

Tableau II.3: Performance de l'épuration des installations à lit bactérien aérobie.

Type de réacteur	Conditions opératoires			Performance		
	Volume du réacteur (L)	T (°C)	Temps de séjour hydraulique (J)	Rendement d'épuration (%)		
				DCO	DBO ₅	N-NH ₄ ⁺
Lit bactérien fixe	9,4-20	5-25	2,1-20	52-62	100	90
Lit bactérien fluidisé	0,22-5.000	5-22	1-40	48-75	63-99	26-99

b. Les procédés anaérobies

Les traitements anaérobies mettent en œuvre des processus similaires à ceux qui règnent à l'intérieur du massif de déchets et permettent donc d'achever le cycle de dégradation anaérobie des lixiviats. Ils se révèlent particulièrement adaptés à des lixiviats jeunes, caractérisés par de fortes teneurs en matières organiques riches en composés facilement biodégradables tels que des AGV, des alcools, des aldéhydes. Le traitement des lixiviats par procédés biologiques anaérobies a été examiné sur des technologies similaires à celles utilisées en épuration des eaux résiduaires mais également sur des systèmes plus spécifiques [27] (tableau II.1).

Le tableau II.4 reprend les principaux résultats obtenus sur ces différents procédés de 1980 à nos jours.

Tableau II.4: Performance des différents réacteurs anaérobie.

Type de réacteur	Conditions opératoires			Performance	
	Volume du réacteur (L)	T (°C)	Temps de séjour hydraulique (J)	Rendement d'épuration (%)	
				DCO	DBO ₅
- Digesteur conventionnel	1,25-3,300	15,5-35	0,75-86	56-92	80-97
- Réacteur biologique séquentiel	2	35	1,5-10	64-85	-
- Réacteur du type USAB	0,56-22	11-35	0,9-5,1	56-97	78-99
- Lit bactérien fixe	0,38-20	11-42	0,1-10	42-91	55-96
- Lit bactérien fluidisé	7,9	35	-	26-82	-
- Filtre hybride	3	21-25	0,5-4	60-95	-

La littérature récente indique que les systèmes anaérobies permettent d'éliminer en moyenne 70 à 80 % de la DCO et environ 90 % de la DBO des lixiviats. Tous les résultats semblent plutôt comparables, les sources de variation provenant davantage de la fluctuation de l'effluent et des conditions opératoires (température, pH et taux d'abattement de la matière organique) que du type de réacteur. Au cours des dernières décennies, l'introduction des systèmes dits à « taux d'abattement élevés », tels que les lits fluidisés ou encore les réacteurs du type UASB (Upflow Anaerobic Sludge Blanket) ou (digesteur anaérobie à lit de boue à courant ascendant), permet de penser à un avenir prometteur pour les procédés anaérobies [27].

Ce système permet de dégrader $6,8 \text{ kg DCO.m}^3.\text{j}^{-1}$, contre $1,27 \text{ kg DCO.m}^3.\text{j}^{-1}$ pour un digesteur classique. De même, ils offrent des coûts de fonctionnement réduits, permettent d'achever la dénitrification plus rapidement et, contrairement aux procédés aérobies, produisent très peu de boues. Cependant, ces systèmes présentent aussi des inconvénients qui doivent être pris en considération lors du traitement des lixiviats [27]:

- diminution de l'efficacité du traitement lorsque le processus de méthanogènes débute dans le massif de déchet. Par conséquent, lorsqu'il devient prédominant, le traitement doit être nécessairement orienté vers un procédé aérobie ;

- de tels systèmes sont hautement vulnérables aux variations de température et de pH, ainsi qu'aux substances toxiques. Pour résumer; le tableau II.5 permet d'établir une rapide confrontation des atouts et des limitations des systèmes anaérobies vis-à-vis des processus aérobies.

Tableau II.5: Confrontation des systèmes anaérobies aux procédés aérobies.

Avantages	Inconvénients
- Pas d'équipement d'aération (économie d'énergie). - Moins de boues à disposer (2 à 5 fois moins qu'en aérobie). - Traitement de fortes charges en DCO (1 à 30 g. L⁻¹). - Production de méthane pour fourniture d'énergie. - Le procédé réduit fortement les pathogènes.	- Temps de séjour important (gros volume de réacteur requis). - Mauvaises odeurs (H₂S, mercaptans). - Températures élevées requises (35°C). - Sédimentation de la biomasse anaérobie plus difficile que celle des boues activées. - Opération plus sensible aux chocs (charge, pH). - Pour une bonne épuration, nécessité d'un traitement aérobie ultérieur. - Risque inhérent au biogaz (incendie, explosion).

II.1.2 Procédés physico chimique:

La majorité des traitements physico-chimiques utilisés pour l'épuration des lixiviats intervient en tant que prétraitement ou étape de finition pour compléter la filière de traitement, ou encore pour éliminer un polluant spécifique (ex: le stripping pour l'azote ammoniacal...) [27].

II.1.2.1 Coagulation floculation :

Le traitement physico-chimique par coagulation-floculation est généralement suivi d'une séparation eau-boue, soit par flottation, soit par décantation [27].

Dans le cas des lixiviats de CSDU, l'application de ce procédé permet d'éliminer la matière organique colloïdale, les MES et les éléments métalliques, impactant alors la DCO mais aussi la couleur et la turbidité. Le procédé semble également plus efficace sur des lixiviats stabilisés avec des faibles DBO₅ de 300-500 mg d'O₂.L⁻¹ et des rapports DBO₅/DCO inférieurs à 0,1. Il est largement utilisé comme prétraitement d'un système biologique ou d'une étape d'osmose inverse, mais peut aussi servir de traitement de finition afin d'éliminer la matière organique non biodégradable résiduelle. Les principales études menées sur la coagulation-floculation de lixiviats, montre que l'abattement de la DCO est en moyenne de 10 à 25 % pour des lixiviats jeunes, et plus de 50 % pour des lixiviats ayant un faible rapport DBO₅/DCO (lixiviats stabilisés ou prétraités biologiquement). Ainsi, 59 à 73 % des composés organiques ayant un poids moléculaire supérieur à 500g. mol⁻¹ sont retenus, contrairement aux plus petites molécules qui restent nettement moins affectées par ce traitement (seulement 18 % éliminées).

Les sels d'aluminium et de fer sont les plus utilisés comme coagulants. De manière générale, les sels de fer paraissent plus efficaces que ceux d'aluminium ou de chaux [27].

Les études menées récemment montrent que des taux d'abattement en DCO supérieurs à 70 % ont été atteints avec des sels ferriques, alors que l'effet d'un ajout de sels d'aluminium ou de chaux se montre plus modéré (seulement 10 à 40 % de la DCO éliminée). Par contre, l'ajout de flocculants anioniques, cationiques ou non ioniques n'améliore en rien la décantation, ni même l'efficacité du procédé en terme d'élimination de la turbidité. Souvent, les paramètres optimaux sont des concentrations de Fe^{3+} ou Al^{3+} comprises entre 0,23 et 0,5 g. L^{-1} , et un pH de floculation de 4,5- 4,8 pour des sels de fer et de 5-5,5 pour des sels d'aluminium. Certains inconvénients inhérents à cette technique ont été identifiés comme la production d'un volume important de boues qu'il est nécessaire de faire traiter ou l'augmentation de la concentration en aluminium ou en fer de la phase liquide [27].

II.1.2.2 Précipitation chimique :

Sur le même principe que celui de la coagulation-floculation la précipitation consiste à ajouter aux lixiviats un réactif destiné à faire précipiter certains composés indésirables, pouvant être éliminés par décantation ou flottation [27][30].

Les réactifs les plus utilisés restent [27]:

- La chaux $\text{Ca}(\text{OH})_2$, qui permet de précipiter les métaux sous forme d'hydroxydes, ainsi que la partie à haut poids moléculaire de la matière organique,

- Un mélange de chlorure de magnésium (MgCl_2 , $6\text{H}_2\text{O}$) et de di-sodium Hydrogénophosphate (Na_2HPO_4 , $12\text{H}_2\text{O}$) pour précipiter l'ammonium sous forme de struvite (phosphate ammoniaco-magnésien).

Des études mettant en œuvre une précipitation à la chaux montrent des taux d'abattement de DCO d'environ 25 % pour des concentrations en chaux allant de 0,46 à 1,35 g. L^{-1} . La précipitation de la struvite a été utilisée comme étape de prétraitement, notamment de procédés biologiques, pour des lixiviats fortement chargés en azote ammoniacal (responsable de l'inhibition de l'activité microbienne). La concentration en ammonium est ainsi réduite de 5.600 à 110 mg. L^{-1} en 15 minutes [27] [28].

II.1.2.3 Procédé d'adsorption

L'une des raisons principales qui a motivé l'application de l'adsorption au traitement des lixiviats de CSDU est son critère de non sélectivité vis-à-vis des composés organiques. Ainsi,

les substances biodégradables et non-biodégradables sont éliminées comme par exemple les substances humiques et les composés halogénés [27][28].

Les halogènes organiques adsorbables AOX (Adsorbable Organic Halogen) peuvent être abattus jusqu'à moins de 1 mg. L⁻¹. Ce procédé permet également d'abattre de manière très satisfaisante les composés responsables de la coloration de l'effluent. Le charbon actif en poudre (CAP) ou en grain (CAG) est l'adsorbant le plus communément utilisé. L'adsorption sur du charbon permet d'éliminer en moyenne 50 à 90 % de la DCO et de l'azote suivant les lixiviats. Le tableau II.6 montre quelques exemples d'autres matériaux, comme, le carbonate de calcium ou encore la tourbe, ont été testés comme adsorbant et fournissent des performances semblables à celles du charbon activé [27] [28].

L'adsorption est souvent combinée avec un traitement biologique dans de tels cas, le charbon actif joue alors un double rôle d'adsorbant et de support pour les micro-organismes. Grâce à ce couplage de procédés, il est possible d'éliminer 50 à 70 % de la DCO et de l'azote ammoniacal [27] [28] [30].

Tableau II.6: Traitement des lixiviats par adsorption.

Lixiviat		Adsorbant		Rendement d'épuration (%)
DCO (mg d'O ₂ .L ⁻¹)	DBO5/DCO	Nature	Dose (g. L ⁻¹)	
879-940	0,03	CAG (colonne)	1	91 DCO
640	-	CAG (colonne)	-	-
108	0,06	CAP	-	-
800-2.000	0,04-0,07	Charbon Actif	2-10	96 COT
-	-	CAP	2	55-70 Couleur
625	0,3	TOURBE	-	69 DCO
9.500	-	CAP	0-2	38 DCO
1.533-2.580	0,03-0,04	CaCO ₃	-	90 DCO
10.50-18.420	0,55	CAP	0,1-3,5	-
7.000	-	CAP	0-2	90 DCO
716-1.765	-	CAG	-	85 DCO dure
-	-	Résines Amberlite	-	59 DCO dure

II.1.2.4 Procédés d'oxydation avancée (POA):

Parmi les traitements chimiques appliqués aux lixiviats de CSDU, les procédés d'oxydation avancée jouent un rôle majeur, du fait de leur fort potentiel d'oxydation et de leur faible sélectivité vis-à-vis des composés organiques. Ils s'avèrent particulièrement adaptés aux effluents fortement chargés en composés organiques réfractaires à l'épuration biologique. Généralement, ils sont divisés en deux groupes [27]:

- ❖ Les procédés d'oxydation chimique ;
- ❖ Les procédés d'oxydation photochimique (mettant en œuvre une photolyse).

Le tableau II.7 propose une liste des principaux procédés d'oxydation parfaitement adaptés aux lixiviats stabilisés car ils permettent d'oxyder les substances organiques à leur plus haut degré d'oxydation stable, à savoir en dioxyde de carbone et en eau (minéralisation complète).

Tableau II.7: Principaux procédés d'oxydation chimique et photochimique.

Oxydation chimique	Oxydation photochimique
❖ Ozone (O_3) ; ❖ Ozone (O_3) + Peroxyde d'hydrogène (H_2O_2) ; ❖ Réaction de fenton ($Fe^{3+} + H_2O_2$).	❖ O_3+ Irradiation aux ultraviolets (UV) ; ❖ H_2O_2 + UV ; ❖ Réaction de Photo-fenton ($Fe^{3+} + H_2O_2$+ UV) ; ❖ Photocatalyse.

a. Ozonation :

L'ozonation des composés organiques, réalisée en milieu fortement acide, est caractérisée par l'apparition de réactions en chaîne qui entraînent la formation de radicaux hydroxyles $OH^\bullet$. La présence de fortes teneurs en carbonates peut toutefois perturber l'efficacité de la dégradation, du fait de leur grande consommation en radicaux libres. Pour des lixiviats caractérisés par des DCO allant de 151 à 14.600 mg. L^{-1} , les doses sont comprises entre 0,11 et 3,5 g O_3 . g DCO^{-1} . Ces doses permettent des éliminations de la DCO pouvant atteindre 80% [27] [33].

L'ozonation combinée à une photolyse est un procédé qui s'avère également prometteur et qui a déjà fourni des résultats favorables. Des abattements de DCO de 63 % ont pu être atteints, pour une dose de 3,5 g O_3 . g DCO^{-1} . Cette méthode offre aussi la possibilité technique de descendre à des concentrations inférieures à 60 mg. L^{-1} de DCO et 70 $\mu g.L^{-1}$ d'AOX 100 % des composés phénoliques, 23 à 96 % des hydrocarbures, mais aussi 74 % des dioxines et furanes ont été éliminés [27] [33].

b. Oxydation par Peroxyde d'hydrogène (H_2O_2) :

L'utilisation du peroxyde d'hydrogène est également possible. D'ailleurs, combinée à une photolyse sur des effluents biologiquement prétraités, l'oxydation au H_2O_2 , a permis d'atteindre des rendements d'épuration en DCO proches de 100%. [27][32]

De même, la combinaison $H_2O_2 + O_3$ (avec des rapports H_2O_2 / O_3 , compris entre 0,3 et $1 g_{H_2O_2} . g_{O_3}^{-1}$) a montré d'excellentes performances. Des rendements d'élimination de la matière organique au-delà de 90 % ont souvent été recensés [27][32].

L'efficacité de l'oxydation photochimique dépend essentiellement de l'énergie émise par les radiations. La consommation énergétique est de l'ordre de 400-700 KWh/kg DCO éliminée pour des lampes haute-pression, seules lampes à pouvoir être utilisées d'un point de vue technique pour l'oxydation des lixiviats, ce qui représente alors un inconvénient majeur à l'utilisation de la photocatalyse au niveau industriel [27][33].

Généralement, ces procédés d'oxydation chimique sont appliqués en aval d'un traitement biologique, qui a, au préalable, éliminé l'azote et les composés organiques biodégradables. Le rôle majeur de l'oxydation est alors d'abattre la matière organique réfractaire (en particulier les substances humiques) [27][33].

Cependant, de nombreuses limitations rendent l'exploitation industrielle de ces procédés difficile, comme il est décrit dans le tableau II.8.

Tableau II.8: Principales difficultés à application industrielle des procédés d'oxydation chimique.

Procédé d'oxydation	Commentaires
- Ozonation - $O_3 + H_2O_2$	Nécessité d'opérer à des pH très acides dû à la présence de carbonates (consommateurs de radicaux libres) dans les lixiviats, des fortes doses d'oxydant sont indispensables.
- $O_3 + UV$ - $H_2O_2 + UV$	- Formation d'un dépôt sur les lampes dû aux résidus précipités ; - Transmission insuffisantes des rayons UV dans le lixiviat du fait de sa coloration ; - La présence de carbonates peut limiter l'efficacité du procédé ; - Consommation énergétique importante.

Certains de ces inconvénients ont été éliminés récemment en améliorant la technologie des réacteurs soit en séparant la source lumineuse UV de la phase réactionnelle, soit en insérant des lits catalytiques qui permettent d'accélérer la minéralisation des composés organiques adsorbés grâce aux radicaux produits à la surface du catalyseur [27] [33].

c. Oxydation par réaction de fenton ($\text{Fe}^{3+} + \text{H}_2\text{O}_2$) :

L'oxydation de Fenton, assistée ou non par photolyse, consiste à faire réagir du peroxyde d'hydrogène avec de sulfate de fer, en milieu acide, pour générer des radicaux libres $\text{H}^\cdot$. L'utilisation du réactif de Fenton permet de s'attaquer à de nombreuses molécules organiques présentes dans les lixiviats. Les doses de sulfate de fer et de H_2O_2 , sont à ajuster pour chaque effluent [27] [34].

Les rapports massiques $\text{H}_2\text{O}_2/\text{Fe}^{2+}$ peuvent généralement s'étendre de 1/1 à 10/1. Des pH de 3-3,5 sont recommandés pour éviter la domination du phénomène de coagulation sur le procédé d'oxydation. Des taux d'abattelements en DCO de 60 à 78 % peuvent être atteints. Cette efficacité dépend, entre autre, du poids moléculaire des molécules organiques concernées par l'oxydation. Plus les composés ont des poids moléculaires importants et plus l'efficacité de la réaction de Fenton est marquée [27][35].

Le procédé Fenton permet d'abattre 72-89 % des molécules ayant un poids moléculaire supérieur à 500 g. mol^{-1} et 43 % pour des poids inférieurs [27][35].

La combinaison de la réaction de Fenton avec une photolyse, appelée procédé photo-Fenton, a été également appliquée sur des lixiviats. Le recours à une source d'irradiation UV à plusieurs longueurs d'ondes permet d'accroître sensiblement le taux d'oxydation. Pour des longueurs d'ondes inférieures à 300 nm, le phénomène d'extra photolyse du H_2O_2 permet d'une part de générer davantage de radicaux, mais aussi d'opérer une photolyse directe des composés organiques. En revanche, des longueurs d'ondes supérieures à 300 nm autorisent la régénération des ions ferreux [27][36].

Les performances sont alors accrues par rapport à la réaction de Fenton traditionnelle. Ce système possède toutefois quelques limitations: les radicaux libres peuvent être désactivés en réagissant avec les carbonates présents dans l'effluent et un excès d'ions ferreux peut entraîner une augmentation de la turbidité et ainsi réduire la pénétration des radiations lumineuses dans le lixiviat, synonyme de perte d'efficacité de l'oxydation [27].

II.1.2.5 Procédé de stripping :

Du fait de son efficacité, le stripping à l'air est un procédé destiné à éliminer des fortes teneurs en ammoniacque dans les lixiviats. Il est habituellement utilisé en prétraitement d'un procédé biologique afin d'éviter l'inhibition des micro-organismes dû à la présence de fortes teneurs en ammoniacque dans l'effluent. Même si cette opération s'avère efficace, elle doit toutefois être menée en milieu fortement basique et la phase gazeuse contaminée doit être traitée soit à l'acide chlorhydrique, soit à l'acide sulfurique. Le tableau II.9 montre l'efficacité du procédé de stripping pour lixiviat [27].

Tableau II.9: Efficacité du procédé de stripping de l'ammoniacque présent dans des lixiviats.

Qualité du lixiviat	Conditions opératoires	Performance
N-NH ₄ ⁺ (mg. L ⁻¹)	Temps de contact (h)	Rendement d'épuration en N-NH ₄ ⁺ (%)
556-705	24	76-93
74-220	24	89
1.270	0,75	45
1.025	17	85
800	120	99,5

L'efficacité du procédé dépend essentiellement du temps de contact entre l'air et l'effluent. Pour des temps de stripping de plusieurs jours, des rendements d'élimination de 99,5 % ont été atteints. Cependant, ce procédé connaît plusieurs inconvénients tels que [27]:

- Le lavage du gaz sortant pour éviter l'impact néfaste pour l'environnement d'un rejet de NH₃ à l'atmosphère ;
- L'entartrage de la tour de stripping lorsque le pH de l'effluent est ajusté à la chaux ;
- La nécessité d'ajuster le pH de l'effluent de sortie ;
- Efficacité sur l'ammoniacque uniquement.

Pour l'épuration des lixiviats, il intervient en tant que prétraitement ou étape de finition pour compléter la filière de traitement traditionnelle, ou pour éliminer un polluant spécifique (ex: le stripping pour l'azote ammoniacal...) [27].

Ces traitements permettent d'éliminer efficacement les composés organiques réfractaires à l'épuration biologique, et plus spécifiquement les matières colloïdales par coagulation-floculation-décantation, les composés organohalogénés (AOX) par adsorption sur charbon actif, et les molécules à hauts poids moléculaires par précipitation chimique à la chaux [27].

Des composés comme l'ammonium peuvent être éliminés par différents procédés: soit par stripping, sous forme d'ammoniaque gazeux, soit par précipitation chimique [27].

II.1.2.6 Les traitements électrochimiques :

Bien que l'utilisation des procédés électrochimiques pour le traitement des lixiviats ne soit pas encore très répandue, on constate depuis quelques années de plus en plus d'études réalisées sur ce sujet. Les trois procédés électrochimiques les plus couramment rencontrés pour le traitement des lixiviats sont [37] [38]:

- ❖ L'électrocoagulation (EC),
- ❖ L'électro-oxydation (EO);
- ❖ L'électro-Fenton (EF).

Ces procédés ont en commun l'avantage d'éliminer à la fois la pollution organique réfractaire et la couleur des lixiviats. Leur principe consiste à générer de façon électrochimique des agents réactifs capables d'éliminer efficacement les polluants. Les avantages de tels procédés résident dans leur aspect non polluant, leur facilité d'automatisation, des temps de traitement réduits et des besoins en réactifs faibles [37][38].

Malgré les intérêts qu'ils présentent, le potentiel des technologies électrochimiques reste encore sous-exploité dans le domaine du traitement des lixiviats. Ceci est lié à certains inconvénients que présentent ces technologies. Les coûts énergétiques associés à l'exploitation des procédés électrochimiques constituent un des freins majeurs de leur expansion. Il existe également d'autres inconvénients spécifiques à chacune de ces techniques. Par exemple, l'électro-Fenton requiert une condition de traitement en milieu acide ($\text{pH} < 4$), l'électrocoagulation entraîne une production de résidus métalliques dont il faut disposer et l'électro-oxydation peut générer des sous-produits de réactions toxiques comme les composés organochlorés [37] [38].

Quelques études concernant l'utilisation de l'EC pour le traitement des lixiviats ont été rapportées avec des résultats intéressants en termes d'élimination de la DCO et de la couleur. En revanche, l'efficacité de l'EC sur l'élimination de la pollution azotée est relativement faible. Le tableau II.10 résume les résultats de quelques études expérimentales portant sur l'EC des lixiviats [39][40][41].

Tableau II-10 Résultats de quelques études faites sur l'Electrocoagulation des lixiviats de site d'enfouissement

électrodes		Volume de travail(L)	pH	Durée de traitement (min)	Tension ou densité électrique	DCO		NH ₄ ⁺		Distance inter-électrode (cm)	Références
anode	Cathode					Concentration initiale (mg/L)	Abattement (%)	Concentration initiale (mg/L)	Abattement (%)		
Al	Al	0,5	8	100	12 V	16.464	62,7	-	38,6	6,5	(1)
Fe	Fe	1	6,4-7,3	90	4,96 mA/cm ²	2.566	49,8	386	24,8	1	(2)
Fe	Fe	1	6,5	30	2,98 mA/cm ²	2.566	32,7	386	20,8	1	(2)
Al	Al	1	6,5	30	2,98 mA/cm ²	12.860	21	386	14	1	(2)
Al	Al	0,5	8,2	30	63,1 mA/cm ²	12.860	56	2240	11	6,5	(3)

II.1.2.7 Les procédés membranaires:

a. Osmose inverse :

Il y a quelque temps déjà, les lixiviats se prêtaient bien à l'épuration biologique seule ou combinée à des procédés physicochimiques, il semble aujourd'hui certain, en raison du caractère de plus en plus stabilisé des lixiviats, qu'avec ces seuls traitements il n'est plus possible de rejeter des effluents éco-compatibles [30][42][43].

Les filières de traitement ont donc évolué avec l'intégration des nouvelles technologies pour pouvoir satisfaire ces exigences sur la qualité de l'eau produite.

Parmi eux, le procédé d'osmose inverse est aujourd'hui devenu le procédé ultime indispensable. Il s'avère le plus répandu dans de nombreux pays d'Europe de l'ouest (France, Allemagne, Italie...), d'Amérique du Nord (États-Unis, Canada) et d'Asie (Chine, Corée). Toutefois, à l'échelle industrielle, le traitement direct des lixiviats par osmose inverse connaît des limitations majeures en termes de productivité du fait de la forte salinité des effluents, qui génère des pressions osmotiques importantes, et de leur caractère particulièrement colmatant vis-à-vis des membranes. De plus, le devenir et la prise en charge des volumes de concentrât qui peuvent être importants sont à prendre en compte, d'autant que leur post-traitement reste très onéreux [30][42][43].

Aujourd'hui, le recours à un traitement en amont du procédé d'osmose inverse semble indispensable. Il s'agit donc de réaliser un couplage de procédés le plus efficace mais également le plus flexible possible, en terme de rejet, de productivité (rentabilité) et de variabilité de l'effluent [30][42][43].

Aussi, conscient de cette problématique industrielle, il a été entrepris d'étudier le développement et l'optimisation d'un couplage de procédés innovant et efficace pour le traitement des lixiviats. Il s'agit de définir la meilleure combinaison possible de procédés qui permette d'optimiser le traitement de ces effluents en s'adaptant à leurs variations de charge et de composition tout au long de l'exploitation du CSDU, et de répondre à des normes de rejet de plus en plus de principaux facteurs limitant propres aux procédés membranaires :

- La forte salinité de l'effluent qui engendre des pressions osmotiques importantes au niveau du procédé, et donc un coût énergétique important, Peters et al (1999) ont précisé que le coût de la consommation d'énergie représentait environ 60-80% du coût de traitement [44].

- le colmatage non négligeable des membranes, essentiellement par des molécules organiques à hauts poids moléculaires et qui proviennent principalement de la stabilisation des lixiviats. Ces molécules sont en grande majorité les substances humiques [42][43][45].

L'amélioration des performances de l'osmose inverse et la lutte contre ces limitations majeures passent alors par la définition et la mise en place d'une chaîne de traitements adaptée aux lixiviats stabilisés. Cette chaîne de traitements doit inclure, à minima, une étape de

prétraitement en amont de l'osmose inverse qui permette une élimination significative des molécules organiques à hauts poids moléculaires et de la salinité [42][43].

Il a été montré l'intérêt de coupler un traitement chimique à la chaux et une filtration en amont de l'étape finale d'osmose inverse pour le traitement des lixiviats stabilisés [42][43].

En ce qui concerne le traitement chimique à la chaux, une étude détaillée de la réactivité chaux/lixiviat a permis de mettre en évidence un impact très avantageux de la chaux sur la composition physicochimique du lixiviat. Tout d'abord, l'ajout de chaux permet d'initier un mécanisme de décarbonatation du lixiviat. Cela se traduit par une précipitation des ions hydrogénocarbonates et carbonates initialement présents sous forme de CaCO_3 . Il existe une dose de chaux optimale de traitement, comprise en 2 et 6 g.L⁻¹, pour les lixiviats utilisés durant l'étude de S.Renou, et al (2008), et pour laquelle un abattement maximal moyen de 90 % du carbone minéral est atteint. L'impact sur la fraction minérale est important, avec une diminution de la salinité de 20 à 40 % lorsque la dose de chaux ajoutée est optimale. Parallèlement à ce mécanisme de décarbonatation, le prétraitement à la chaux permet également d'éliminer 20 à 30 % de la DCO [42][43].

Selon l'étude de J.G Givaudan, et al (2008), Les taux d'abattement de la DCO et des métaux lourds obtenus lors de traitement le lixiviat par osmose inverse, sont respectivement supérieurs à 98 et 99%. Les modules tubulaires et spiraux ont été les premiers utilisés pour le traitement des lixiviats. Une technologie innovante a été introduite sur ce marché en 1988 avec un grand succès, c'est le disque-tube-module (DT-module) [46].

b. Nanofiltration

En raison de ses propriétés uniques entre l'ultrafiltration et l'osmose inverse, la nanofiltration a montré ses preuves dans l'élimination des composés organiques récalcitrants et des métaux lourds provenant des lixiviats [47][48]. Ce procédé a la capacité d'éliminer les particules d'un poids moléculaire supérieur à 300 Da ainsi que les substances inorganiques par le biais des interactions électrostatiques entre les ions et les membranes. La nanofiltration utilise généralement des membranes en polymère moléculaire de coupure entre 200 et 2000 Da [49]. Elle a été utilisée en combinaison avec des méthodes physiques et il s'est avéré que les résultats obtenus sont satisfaisants. En effet, le taux d'abattement de la DCO obtenu est de l'ordre de 70-80% [50].

Toutefois, la réussite de la technologie des membranes nécessite un bon contrôle contre le colmatage.

II.1.2.8 Les combinaisons des traitements :

Les lixiviats sont des effluents complexes dont le traitement nécessite une expertise particulière. Même si les procédés potentiellement applicables dérivent pour la plupart du traitement des eaux usées, leur mise en œuvre obéit à des contraintes spécifiques. Contrairement à certains types d'effluents, le traitement type n'existe pas.

À la diversité des composés présents au sein des lixiviats répondent une diversité de procédés et de techniques particulières qui s'associent et se combinent pour arriver au résultat souhaité. [38]

Les techniques de traitement physico-chimiques rencontrées pour le traitement des lixiviats constituent rarement, à eux seuls, une filière de traitement. Ils sont souvent utilisés comme système de prétraitement ou de traitement tertiaire associés à d'autres procédés comme les procédés biologiques. On retrouve l'intérêt de ces techniques quand il s'agit de traiter des lixiviats qui présentent une grande fraction de composés non-biodégradables (cas des lixiviats matures) mais aussi dans le cas où on vise à protéger un autre procédé, placé en aval, des préjudices que peuvent causer certains polluants tels que les métaux lourds et les matières en suspension[38].

Ainsi, on retrouve souvent les procédés de coagulation/floculation et de précipitation chimique en amont des procédés biologiques et membranaires [51][52][53][54].

Les techniques d'adsorption sont dominées par l'utilisation du charbon actif en grain ou en poudre. Cette technique est très efficace pour l'élimination des composés organiques réfractaires ainsi que la décoloration des lixiviats [55]. Les lits de charbon actif biologique (CAB) mettent en synergie les effets de biodégradation et d'adsorption pour un meilleur traitement des lixiviats [38][55].

Tableau II-10 : Quelques combinaisons de traitement des lixiviats [04][23]

	Rendement d'épuration (%)	Traitement combinés	Rendement d'épuration (%)
Coagulation-floculation	81,67% DCO	SBR (Sequencing Batch Reactor)	98,07% DCO
Electro-oxydation	87% DCO	Traitement biologique	96% DCO
Coagulation	43% DCO	Oxydation par le H ₂ O ₂	73% DCO
		Ozonation	78% DCO
		Ozonation + Stripping ammonium	48% DCO 100% NH ₄ ⁺
		Nanofiltration	80% DCO
		photooxydation (UV)	64% DCO
Osmose inverse	96 % DCO	Boue active	99% DCO
		Le digesteur anaérobie à flux ascendant (UASB)	99% DCO
		Evaporation	88% DCO
		PhotoOxydation (UV)	64% DCO
Nanofiltration	>65% DCO	Coagulation	80% DCO
		Adsorption sur charbon actif	97% DCO
		Adsorption sur charbon actif +Ozonation	99% DCO
Ultrafiltration		Adsorption	97% DCO
Ozonation		Adsorption	90% DCO
Adsorption sur charbon actif		Traitement biologique (nitrification)	55% DCO 93% NH ₄ ⁺

Chapitre III

Etude d'articles

Dans ce chapitre, nous allons résumer et discuter les résultats de deux articles portant sur les traitements appliqués à lixiviats de la décharge contrôlée de la ville de Fès: physico-chimiques, biologiques ainsi que leur couplage.

Les deux articles sous mentionnés, sont réalisés par la même équipe et leurs travaux s'inscrivent dans le cadre d'un projet original financé par le Ministère de l'environnement sous la coordination de Monsieur Mohammed MERZOUKI, et qui consistent à contribuer au traitement de lixiviats de la décharge sus citée.

Article 1: Procédé pour la réduction de la charge polluante du lixiviat de la décharge contrôlée de la ville de Fès

EZ ZOUBI Yassine, MERZOUKI Mohamed, BENNANI Laila, EL OUALI LALAMI
Abdelhakim, BENLEMLIH Mohamed

Article 2: Traitement des effluents urbains et industriels : Originalité et performance

MERZOUKI Mohammed, FADEL Hanane, BENLEMLIH Mohamed

Article 1 :***Procédé pour la réduction de la charge polluante du lixiviat de la décharge contrôlée de la ville de Fès***

EZ ZOUBI Yassine, MERZOUKI Mohamed, BENNANI Laila, EL OUALI LALAMI
Abdelhakim, BENLEMLIH Mohamed

Au Maroc, l'un des soucis majeurs demeure la gestion des déchets solides et leurs sous-produits, notamment les lixiviats et le biogaz. L'augmentation de la production des déchets solides va actuellement de pair avec l'essor démographique et l'intensification des activités socio-économiques. Dans les pays en voie de développement, et particulièrement au Maroc, le mode de gestion des déchets solides le plus adopté correspond à la mise en décharge où tous les types de déchets sont rejetés à l'état brut et mélangés : urbains, industriels, hospitaliers et agricoles.

La conséquence majeure et inévitable d'une mise en décharge est la production d'un lixiviat pouvant émerger de sérieux problèmes écologiques. En effet, ces lixiviats sont riches en matières organiques et inorganiques, et en métaux lourds. Leur rejet à l'état brut, sans aucun traitement préalable, engendre des impacts négatifs notamment: pollution des sols, contamination des eaux, impacts sur la santé et l'environnement, etc.

De par leur charge polluante souvent importante, les lixiviats doivent subir un traitement d'épuration avant d'être rejetés vers le milieu naturel.

Ce travail a pour but de réduire la charge microbienne et chimique du lixiviat de la décharge contrôlée de la ville de Fès par traitement chimique (coagulation-floculation), traitement biologique par SBR et traitement combiné de deux traitements.

III. 1 Echantillonnage :

L'effluent de lixiviat brut est obtenu à partir de la décharge contrôlée située dans la commune de Ain Bida sur la rocade menant à Sidi Hrazem. Elle occupe une superficie de 110 ha et elle reçoit un flux d'environ 100 véhicules par jour pour un tonnage variant entre 650 et 900 tonnes /j.

Les échantillons ont été prélevés d'une façon aseptique et dans des bidons en plastiques propres et lavés avec l'eau distillée à partir des bassins dont les lixiviats sont stockés.

III.2. Traitement du lixiviat par coagulation-floculation :

La coagulation-floculation a été réalisée au laboratoire de chimie à la Faculté des Sciences Dhar El Mhraz de Fès en utilisant un jar test.

La coagulation se fait en mélangeant 500ml de lixiviat et 100mg de chlorure ferrique à une vitesse de 150 tours pendant 3 min pour la déstabilisation des suspensions. Elle sera suivie d'une floculation qui consiste à provoquer des collisions entre les particules pour favoriser leurs agglomérations, tout en réduisant la vitesse à 45 tours pendant 3 min. Après la décantation pendant 90 minutes, le surnageant a été prélevé pour être analysée.

III.2.1 Evolution des paramètres physico-chimiques avant et après traitement par coagulation-floculation:

Ce traitement a pour but de réduire ou éliminer la charge organique et minérale, cinq essaies ont été réalisés dans cette étude, la moyenne des concentrations et leur taux d'abattement ont été calculés. Les résultats sont représentés dans le tableau ci-dessous.

Tableau III.1: Variation des concentrations moyennes des paramètres physico-chimiques avant et après traitement par coagulation-floculation

Les paramètres	Lixiviat brut	Lixiviat coagulé par chlorure ferrique	Taux d'abattement du traitement physico chimique (%)
Température (°C)	19,56	20,6	-
pH	7,11	7,09	-
Oxygène dissous (mg/L)	0,86	0,86	-
DCOt (mg/L)	53 199,6	41 933	21,17
DBO5 (mg/L)	20 000	14 166	29,17
Orthophosphates (mg/l)	16,61	14,6	12,1
NH ₄ ⁺ (mg/L)	2,41	1,35	43,98
NO ₃ ⁻ (mg/L)	11,3	9,8	13,27
NO ₂ ⁻ (mg/L)	2,99	2,07	30,76
MES (mg/L)	5500	2866.66	47,88

III.2.1.1 La température, le pH et l'oxygène dissous :

La température moyenne du lixiviat est de l'ordre de 20 °C. Les valeurs du pH du lixiviat présentent une stabilité avant ou après la coagulation-floculation avec un pH moyen de 7,11 pour le lixiviat brut et 7,09 pour le coagulât. D'après cette étude, la quantité du chlorure ferrique n'affecte pas la valeur du pH.

Pour l'ensemble des prélèvements du lixiviat brut, les valeurs enregistrées en oxygène dissous sont très faibles, de l'ordre de 0,86 mg/L. La même valeur a été enregistrée dans le

lixiviat coagulé. L'auteur a conclu que la coagulation floculation, n'a aucun effet sur le taux d'oxygène dissous.

III.2.1.2 DCOt et DBO5:

Le taux d'abattement de la DCOt varie entre 20 % comme valeur minimale et 35 % comme valeur maximale. La DCOt éliminée correspond à la DCOt dure. Cela traduit une élimination des composés organiques principalement par adsorption sur les chlorures ferriques.

Le taux d'abattement moyen de la DBO5 est de 29,17 %. Les valeurs minimale et maximale sont de l'ordre de 16,66 et 33,33 % respectivement.

III.2.1.3 Les orthophosphates:

Le phosphore peut se rencontrer sous forme de sels minéraux mais aussi sous forme de composés organiques. Les orthophosphates réagissent rapidement avec le chlorure ferrique par leurs charges négatives pour former des précipités amorphes. Le taux d'abattement est très faible puisqu'il ne dépasse pas 12,1 %.

III.2.1.4 Les composés azotés:

Le taux d'abattelements d'ammonium, nitrates, nitrite est de 43,98, 13,27 et 30,76% respectivement. Pour les nitrates un taux d'abattement de 13,27 % est considéré comme un abattement très faible.

III.2.1.5 Les matières en suspension MES:

L'analyse de l'évolution des matières en suspensions dans le lixiviat après le traitement avec le chlorure ferrique montre une efficacité du traitement physico-chimique. La teneur moyenne est passée de 5500 mg/l avant à 2866,66 mg/L après le traitement, avec un taux d'abattement moyen de 48 %.

L'élimination des MES par le phénomène de coagulation qui agit de manière à neutraliser les charges négatives des MES, favorise leur agglomération et permet leurs décantation.

III.2.2 Variation des germes du lixiviat brut et traité par chlorure ferrique :

Le lixiviat constitue un réservoir essentiel de la flore microbienne, notamment les agents pathogènes responsables des épidémies telles que l'hépatite, le cholera, la typhoïde. Pour cela, l'auteur s'est limité aux bactéries témoins de la contamination fécale telles que les coliformes totaux et fécaux, les streptocoques fécaux et les clostridium sulfitoréducteurs.

Pour le dénombrement des bactéries indicatrices de pollution fécale, ils ont inoculé 1 ml de leur échantillon au fond des boîtes de Pétri après avoir préparé les différentes dilutions du

lixiviat brut et traité. Les méthodes de recherche des indicateurs de contamination fécale sont représentées dans le tableau III.2.

Tableau III.2 : Les méthodes de recherche des indicateurs de contamination fécale dans lixiviat brut et traité

Types de germes	Milieux de cultures	Les conditions de l'incubation	Les colonies comptées
Germes totaux(FMAT)	Gélose nutritive	37 °C pendant 24 heures	Toutes les colonies qui se développent en milieu PCA sont comptées
Coliformes totaux(CT)	Désoxycholate lactose agar(DLA)	37 °C pendant 24 heures	Les colonies rouge foncé
Coliformes fécaux(CF)	Désoxycholate lactose agar(DLA)	44 °C pendant 24 heures	Les colonies rouge foncé
Streptocoques fécaux (SF)	Milieu Slanetz et Bartly	37 °C pendant 24 heures	Les colonies ayant un aspect rouge brique
Bactéries Sulfitoréductrices (CSR)	La gélose sulfate polymixinsulfadiazine (SPS)	44 °C pendant 24 heures	Les colonies noires de 1 à 2,5 mm de diamètre
Les Staphylocoques	Milieu Baird Parker (BP)	37 °C pendant 24 à 48 heures	Les colonies à coloration noirâtre

Pour les paramètres microbiens, le traitement physico-chimique a baissé la concentration des CT à $7,08 \cdot 10^5$ UFC/ml, les CF à $2,37 \cdot 10^4$ UFC/ml et les SF à $7,6 \cdot 10^5$ UFC/ml, avec des taux d'abattement de 88,85, 82,94 et 87,35 % respectivement comme le montre le tableau III.3.

III.2.2.1 La flore mésophile aérobie totale :

Les germes totaux sont présents avec une concentration de $6,89 \cdot 10^7$ dans le lixiviat brut. La concentration après traitement reste presque la même et prend une valeur de $6,35 \cdot 10^7$. Le taux d'abattement moyen ne dépasse pas 7,83 %.

III.2.2.2 Les bactéries témoins de contamination fécale :

Dans le lixiviat, les coliformes totaux, fécaux et les streptocoques fécaux sont très abondants et viennent en tête des germes dénombrés.

Le traitement physico-chimique a baissé leurs concentrations avec des taux d'abattements élevés.

Tableau III.3 Variation des germes du lixiviat brut et traité par chlorure ferrique

Types de germes	Lixiviat brut (UFC/ml)	Lixiviat coagulé (UFC/ml)	Taux d'abattement du traitement physico-chimique (%)
Germes totaux	6,89 10 ⁷	6,35 10 ⁷	7,83
Coliformes totaux	6,28 10 ⁶	7,08 10 ⁵	88,85
Coliformes fécaux	1,39 10 ⁵	2,37 10 ⁴	82,94
Streptocoques fécaux	6,01 10 ⁶	7,6 10 ⁵	87,35
Les staphylocoques	1,65 10 ⁵	1,25 10 ⁶	-
Bactéries sulfitoréductrices	3,7 10 ⁴	1,07 10 ⁴	71,08

III.2.2.3 Les staphylocoques et les spores des clostridium sulfitoréducteurs :

Aucun effet engendré par la coagulation-floculation sur le nombre des staphylocoques présent dans le lixiviat.

III.2.2.4 Les salmonelles et les vibrions cholériques :

Durant la période d'étude, la recherche des salmonelles et des vibrions cholériques dans le lixiviat de la décharge contrôlée a montré une absence totale de ces bactéries pathogènes.

III.3 Traitement de lixiviat par couplage de traitement physico-chimique et le traitement biologique (coagulation-floculation + procédé biologique (SBR)).

Après avoir constaté que la coagulation-floculation n'a pas abouti à des résultats satisfaisants, afin d'améliorer les taux d'abattelements, ce traitement a été combiné à un traitement biologique (SBR).

Le système SBR (Sequencing Batch Reactor), procédé séquentiel discontinu utilise une culture microbienne dispersée sous forme de floccs au sein du lixiviat à traiter. Les étapes de l'aération et de la décantation se déroulent dans le même réacteur.

Le volume traité au cours d'un cycle correspond à une journée de production et est stocké dans une première cuve tampon. Le réacteur contenant des boues activées est alimenté par l'effluent à traiter une seule fois par jour. L'aération est réalisée pendant plusieurs heures durant lesquelles l'eau est épurée, puis elle est arrêtée afin que les boues décantent.

Le traitement par SBR se fait en 4 étapes :

- a) Remplissage ;
- b) Réaction (oxygénation par agitation) ;
- c) Décantation ;

d) Vidange.

L'étude a été faite en utilisant un bioréacteur de 3000ml de volume répartis comme suit: 500 ml de boue, 2 450 ml d'eau distillé et 50 ml de lixiviat coagulé par Fe Cl_3 .

Pour assurer un traitement efficace, le travail s'est déroulé avec des boues de l'âge de 15 jours avec une concentration de l'oxygène dissous qui dépasse 3 mg/l.

Le tableau III.4 montre les résultats des analyses physico-chimiques de lixiviat traité par coagulation -floculation avant et après traitement par SBR.

III.3.1 Caractérisation physico-chimique du lixiviat coagulé avant et après traitement par SBR :

III.3.1.1 La température, le pH et l'oxygène dissous :

La valeur moyenne de l'oxygène dissous enregistrée à l'entrée du bioréacteur est de 5,23 mg/l. Cette quantité d'oxygène élevée est utilisée par la flore présente dans le bioréacteur afin de dégrader la forte charge organique apportée par le lixiviat. Après 105 minutes de décantation où l'aération est stoppée, la concentration de l'oxygène dans le bioréacteur est devenue faible.

III.3.1.2 DBO_t et DCO₅ :

La valeur de la DCO_t subit une diminution remarquable après le traitement par la boue activée avec taux d'abattement est de 87 %. Ce taux est moins important que celui de la DBO₅, de 96,77 %.

La valeur moyenne de la DBO₅ à la sortie du SBR est de 166,6 mg/L. Le taux d'abattement élevé de la DBO₅ est dû aux performances de la boue utilisée dans le SBR qui dégrade la matière organique biodégradable présente dans le lixiviat.

III.3.1.3 Les orthophosphates:

L'absence de la phase anaérobie explique le faible taux d'abattement (36%) au cours de la phase d'aération du bioréacteur (22h) où les bactéries déphosphatantes assimilent les orthophosphates. Cependant pour favoriser l'accumulation de ces derniers, l'alternance des deux phases anaérobie et aérobie favorise la croissance et l'enrichissement sélectif des bactéries accumulatrices des phosphates.

Tableau III.4 Caractérisation physico-chimique du lixiviat coagulé avant et après traitement par SBR :

Les paramètres	Lixiviat coagulé par Fe Cl ₃	Sortie du SBR	Taux d'abattement du SBR (%)	Taux d'abattement du système combiné (%)	Normes marocaines des rejets indirects
Température (°C)	20,26	20,86	-	-	35
pH	8,89	8,95	-	-	6.5-8.5
Oxygène dissous (mg/L)	5,23	1	-	-	-
DCOt (mg/L)	7886,6	1026,6	87	98	1000
DBO ₅ (mg/L)	5166	166,6	96,77	99	500
Orthophosphates (mg/L)	3,22	2,04	36,64	87,71	-
NH ₄ ⁺ (mg/L)	1,24	0,09	92,5	96,14	-
NO ₃ ⁻ (mg/L)	4,84	2,28	52,89	79,82	-
NO ₂ ⁻ (mg/L)	0,57	0,08	85,96	97,32	-
MES (mg/L)	4833,33	600	87,58	89	600

III.3.1.4 Les composés azotés:

Le taux d'abattement d'ammonium est de 92,5%. Cette amélioration peut être expliquée par le phénomène de nitratisation.

La diminution de la concentration des nitrites (taux d'abattement de 85, 96%) est expliquée par la transformation des nitrites en nitrates à l'aide des bactéries de genre *Nitrobacter*, *Nitrocystis*, *Nitrospira*.

La concentration des nitrates reste relativement élevée (2,28 mg/L)(taux d'abattement de 52,89%) qui peut être expliqué aussi par le phénomène de nitratisation.

III.3.1.5 Les matières en suspension:

La concentration des MES du bioréacteur a été de l'ordre de 5g/L à cause de la boue présente dans le bioréacteur.

A la sortie du SBR, la concentration des MES est devenue 0,6 g/L. Cette diminution peut être expliquée par la bonne séparation entre la phase solide (la boue) et la phase liquide (lixiviat soutiré) dans le bioréacteur pendant la décantation.

III.3.2Caractérisationbactériologique du lixiviat coagulé avant et après le traitement par SBR :

Les résultats obtenus ont montré que les CT et CF sont totalement éliminés à la sortie du système combiné. Les SF et les staphylocoques sont enregistrés des taux d'abattement dépassant les 99,98 % comme le montre le tableau III.5

Tableau III.5 : Caractérisation bactériologique du lixiviat coagulé avant et après traitement par SBR

Types de germes (UFC/ml)	Lixiviat coagulé par Fe Cl	Sortie du SBR	Taux d'abattement du SBR(%)	Taux d'abattement du système combiné(%)
Germes totaux	6,48 10 ⁶	2,87 10 ⁴	99,55	99,95
Coliformes totaux	1,25 10 ⁴	0	100	100
Coliformes fécaux	2,13 10 ³	0	100	100
Streptocoques fécaux	5,38 10 ⁴	75	99,86	99,9
staphylocoques	2,89 10 ³	25	99,13	99,98
Bactéries sulfitoréductrices	5,25 10 ³	3,25 10 ³	32,95	90,48

III.4 Conclusion :

D'après les résultats obtenus avec le traitement physicochimique du lixiviat brut, il a été conclu que le chlorure ferrique est capable d'éliminer une grande partie des germes de pollution fécale en s'adsorbant sur la paroi polysaccharidique des bactéries. Malgré le taux d'abattement élevé des germes de pollution fécale qui dépasse les 85 %, le taux des germes résiduels reste très élevé.

L'élimination de la pollution organique telle que la DCO_t et la DBO₅ ne dépasse pas les 25 %, cette proportion correspond à la DCO_t dure. Cela est dû au phénomène d'adsorption qui s'établit entre les anions de chlorure ferrique et les cations des matières organiques. A partir de ces résultats, le traitement par coagulation-floculation n'a pas abouti à des résultats satisfaisants en termes d'abattement des paramètres physico-chimiques et microbiologiques.

Le couplage de traitement chimique au traitement biologique (SBR) a donné des résultats pertinents en termes de réduction des paramètres physico-chimiques, avec des taux d'abattements relativement élevés de la DCO (98 %)et de la DBO₅(99 %). Pour les germes de la pollution fécale, le taux d'abattement a été de 100 %.

Les paramètres chimiques et microbiologiques à la sortie du système combiné répondent en grande partie aux normes marocaines de rejets indirects. D'après ces résultats,

l'extrapolation de ce procédé à grande échelle serait efficace pour traiter les lixiviats de la décharge contrôlée de la ville de Fès.

Article 2: Traitement des effluents urbains et industriels : Originalité et performance

MERZOUKI Mohammed, FADEL Hanane, BENLEMLIH Mohamed

L'objectif de cette étude est la recherche des procédés de traitement des effluents industriels chargés en matière organique et en métaux lourds, tels que les effluents de dinanderie et des lixiviats de la décharge contrôlée de la ville de Fès. Ces procédés sont choisis pour leur faible coût d'investissement et d'exploitation et ont révélé une performance élevée en termes d'abattement de la pollution chimique et microbiologique.

Sachant que les résultats de la première partie de cet article (Traitement des lixiviats par SBR couplé au système de coagulation floculation) sont les mêmes trouvés par le premier article.

III.5 Traitement des lixiviats par filtration sur colonne :

Cette étude a été réalisée dans une colonne de verre de 6 cm de diamètre et de 50 cm d'hauteur. La hauteur effective du lit filtrant est de 36 cm, une hauteur (lixiviat) de 14 cm est maintenue constante le long des expériences afin de garder la même charge du lixiviat sur le lit filtrant. Ce dernier est composé de 5 couches de sables.

Les résultats révèlent la réduction des différents paramètres physico-chimiques, les concentrations obtenues sont largement inférieures aux normes marocaines de rejets indirects comme le montre le tableau ci-dessous.

a. Une réduction de la DCO et de la DBO qui peut être expliquée par :

- La dégradation par la biomasse épuratoire fixée sur les grains de sable.
- La faible granulométrie des sables ne dépassant pas 160 μm ce qui a permis d'augmenter la surface spécifique d'adsorption.
- Les sables marins contiennent une importante teneur en silice, c'est un bon adsorbant présentant une forte polarité électrique induisant à la neutralisation des charges négatives des matières organiques contenues dans le lixiviat.

Tableau III.6: Résultats obtenus après passage du lixiviat brut à travers le lit à matériaux filtrant

Paramètres	Lixiviat brut	Filtrat	Taux d'abattement (%)	Normes marocaines des rejets indirects
DCOt (mg/L)	5200	1120	78,46	1000
DBO5 (mg/L)	1375,12	53,12	96,13	500
MES (mg/L)	430	42	0,23	600
PT (mg/L)	0,65	$9,51 \cdot 10^{-3}$	98,53	-
NTK mg/L)	3146,5	1,736	44,82	-
Conductivité électrique (mS/cm)	37,9	7	81,53	-

b. Une réduction importante des MES, qui peut être expliquée par les caractéristiques physiques des sables filtrants ayant un $CU < 1,5$, ce qui permet de réduire les pertes de charge et d'obtenir une rétention en profondeur des matières en suspension.

c. Le phosphore total a été réduit à 98.54%, Cette forte réduction s'explique par la richesse du sable marin-en oxydes de fer, en oxydes d'aluminium et de la chaux, qui sont considérés comme des précipitants du phosphore, tout en donnant des précipités insolubles de phosphates métalliques.

d. La réduction des NPK est de 44.82 %, elle est expliquée par la nitrification directe de l'azote ammoniacal grâce à la biomasse nitrifiante fixée sur les grains des sables et localisée principalement dans les tarentes premiers centimètres du lit filtrant.

Les résultats du Tableau III.6 montrent que le traitement des lixiviats par ce procédé de filtration sur les cinq échantillons de sables marins choisis réduit davantage les métaux lourds avec des concentrations inférieures aux normes Marocaines de rejets indirects.

Les ions Fe qui présentaient la plus forte concentration dans les lixiviats bruts sont efficacement réduits avec le taux d'abattement le plus important de 99,32% et une concentration inférieure à 0,1 mg/L, largement moins que la norme (3 mg/L).

Après filtration, les teneurs en métaux lourds des lixiviats répondent efficacement aux normes de rejets directs. En effet, les carbonates des sables peuvent incorporer des cations métalliques dans leur maille cristalline.

La richesse des substrats filtrant en Silice, des groupements hydroxyles de surface se forment par hydratation, cela permet l'adsorption de cations métalliques.

Les taux d'abattement des coliformes fécaux et des streptocoques fécaux sont respectivement de 96 et de 92,80%. Le nombre moyen des SF a également montré une importante baisse avec 1000 bactéries par 100 ml dans le lixiviat traité,

III.6 Conclusion :

Cette étude basée aussi sur l'évaluation des performances épuratoires de filtration des lixiviats à travers un filtre à sables marins, a permis d'arriver aux résultats suivants :

Réduire efficacement la pollution physico-chimique répondant ainsi aux normes marocaines de rejets indirects, allant jusqu'à 78,46% d'abattement de la DCO, 96,13% de la DBO, 90,23% des matières en suspension (MES), 98,54% du phosphore, 81,53% de la conductivité T électrique, 44,82 % des NTK, 97,80% de la coloration et une odeur très faible eu égard à l'environnement ;

- Réduire efficacement les concentrations en métaux lourds (Al, Cd, Cr, Cu, Fe, Mn, Ni, Pb et Zn) des lixiviats avec des teneurs fortement inférieures aux valeurs limites de rejets directs ;
- Un abattement des germes témoins de contamination fécale à savoir, les coliformes fécaux et les streptocoques fécaux avec des taux d'abattement respectifs de l'ordre de 96% et de 92,80%.

Conclusion générale

En Algérie, au cours de ces dernières années, les pouvoirs publics ont pris en charge la gestion des décharges, particulièrement dans les grandes agglomérations où leurs impacts sur l'eau et le sol sont devenus préoccupants. Malgré cette volonté, les décharges causent jusqu'au jour d'aujourd'hui un problème de pollution très important. La question de la gestion des déchets reste très délicate.

Cette étude, qui s'inscrit dans le cadre général de la dépollution de l'eau, repose sur l'étude de la composition des lixiviats des Décharges, l'évaluation de ces risques sur la qualité des eaux souterraines et la fiabilité de l'application des techniques pour le traitement des lixiviats ainsi que leur couplage.

La caractérisation physico-chimique et microbiologique de l'effluent brut, a montré, en générale, la quasi-totalité de ces paramètres de pollution analysés dépasse les normes de rejets admises (des DCO élevées, des rapports DBO5/DCO très faibles, la DBO5, la conductivité électrique, les MES, le nitrate, l'ammonium, les nitrites et l'orthophosphate ainsi que les germes recherchés...), d'où la nécessité de traiter et de diminuer au maximum tous les polluants, afin de limiter leurs impacts nocifs sur les eaux souterraines.

L'application de traitement du lixiviat nécessite une conception particulière (chaque traitement a une conception à utiliser) permettant de montrer son efficacité d'élimination de la DCO et l'amélioration de rendements d'abattement.

Le traitement de lixiviats par voie biologique et par voie physique a abouti à des taux d'abattements moyens en terme de DCO, et rapport DBO5/DCO montrent que les lixiviats sont faiblement biodégradables, c'est pour cette raison que nous avons procédé à un couplage du procédé biologiques et physico-chimiques pour atteindre aux meilleurs rendements et d'excellents résultats et qui répondent à la norme de rejet.

D'après l'étude des articles il était conclu :

- Réduire efficacement la pollution physico-chimique répondant ainsi aux normes marocaines de rejets indirects (78,46% pour la DCO, 96,13% de la DBO, 90,23% des matières en suspension (MES), 98,54% du phosphore, 81,53% de la conductivité T électrique, 44,82 % des NTK ; 97,80% de la coloration et une odeur très faible eu égard à l'environnement);

- Réduire efficacement les concentrations en métaux lourds (Al, Cd, Cr, Cu, Fe, Mn, Ni, Pb et Zn) des lixiviats avec des teneurs fortement inférieures aux valeurs limites de rejets directs ;
- Un abattement des germes témoins de contamination fécale à savoir les coliformes fécaux et les streptocoques fécaux avec des taux d'abattement respectifs de l'ordre de 96% et de 92,80%.
- L'élimination de la pollution organique telle que la DCOt et la DBO5 ne dépasse pas les 25 %, cette proportion correspond à la DCOt dure. A partir de ces résultats, le traitement par coagulation-floculation n'a pas abouti à des résultats satisfaisants en termes d'abattement des paramètres physico-chimiques et microbiologiques.
- Le couplage de traitement chimique au traitement biologique (SBR) a donné des résultats pertinents en termes de réduction des paramètres physico-chimiques, avec des taux d'abattelements relativement élevés de la DCO (98 %) et de la DBO5 (99 %). Pour les germes de la pollution fécale, le taux d'abattement a été de 100 %.

Si vraiment nous voulons parvenir à régler le problème que constituent les lixiviats de décharges, il faut revenir à la source, c'est-à-dire aux niveaux de nos foyers, car un travail de sensibilisation et de responsabilisation de chacun consisterait à faire attention à ce que l'on rejette en triant nos ordures ménagères et en réutilisant et recyclant ce qui peut l'être, afin que n'arrive en décharge que les déchets dits « ultimes ». Ceci conduirait nécessairement à une diminution des quantités de percolats produits, mais aussi leur concentration en éléments polluants et nocifs, ce qui aurait pour conséquence une meilleure protection pour l'homme et son environnement.

Une chose est sûre, ces eaux doivent être prises en charge, notre modeste travail constitue une contribution à un projet qui pourrait avoir pour finalité la meilleure gestion qui soit des lixiviats.

Pour conclure, quelque soit la politique de gestion des déchets de notre pays, l'amélioration de notre cadre de vie et la protection de notre environnement commence dans nos foyers

Références bibliographiques

- [1] Brahim Djemaci, La gestion des déchets municipaux en Algérie : Analyse prospective et éléments d'efficacité, Thèse du doctorat en sciences économiques, Université De Rouen, 2012.
- [02] Étymol. et Hist. 1. 1270-80 *aler en dechié* (PH. DE BEAUMANOIR, éd. H. Suchier, *l'Fatrasie*, 66)
- [03] Fadila MEZOUARI. SANDJAKDINE, Conception et exploitation des centres de stockage des déchets en Algérie et limitation des impacts environnementaux, thèse du doctorat, école polytechnique d'architecture et d'urbanisme, 2011.
- [04] MERZOUKI.M, FADEL H, BENLEMLIH M : traitement des effluents urbains et industriels : originalité et performance, *Agrobiologia* 2014 ; N°6, 36-41.
- [05] BOUARFA Said, Le centre d'enfouissement technique Réalisation et fonctionnement, Centre de Recherche Scientifique et Technique sur les Régions Arides
- [06] BERTHE C., 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, 196 p.
- [07] El-Fadel M., Bou-Zeid E., Chahine W., Alayli B., Temporal variation of leachate quality from pre-sorted and baled municipal solid waste with high organic and moisture content, *Waste Manage.* 22 (2002) 269-282.
- [08] S.Renou, S.Poulain, J.Gagnaire, B. Marrot et P.Moulin, Lixiviat de centre de stockage: déchet généré par des déchets, *L'EAU, L'INDUSTRIE, LES NUISANCES*, 31mars 2008, N°310 , pp 37-43.
- [09] BANOWSKI J., 2004. Matière organique naturelle et anthropique : vers une meilleure compréhension de sa réactivité et de sa caractérisation. Thèse de doctorat, Université de Limoges, 236 p.

[10] THONART P., LARDINOIS M. RODRIGUEZ C., AWONO S. DESTAIN J. et HILLIGSMANN S. La problématique de la gestion des déchets ménagers. Séminaire – Atelier Francophone sur la gestion des déchets ménagers à Saaba – Ouagadougou (Burkina Faso).., 2002

[11] WILLIAMS P.T., 2005. Waste Treatment and Disposal, Second Edition, John Wiley & Sons Ltd, England, 338 p.

[12] Sillet A.A., Royer S., Coque Y., Thomas O., Les lixiviats de décharges d'ordures ménagères : genèse, composition et traitement, Déchets Sciences & Techniques. 22 (2001) 7-11.

[13] Öman C.B., Hynning P.A., Identification of organic compounds in municipal landfill leachates, Environ.Pollut. 80 (1993) 265-271.

[14] Öman C.B., Junestedt C., Chemical characterization of landfill leachates – 400 parameters and compounds, Waste. Manage. 28 (2008) 1876-1891.

[15] YANN H., 1999. Démonstration de faisabilité de la nitrification et de la dénitrification d'un lixiviat de lieu d'enfouissement sanitaire avec de la tourbe granulaire. Mémoire de maîtrise en sciences appliquées, Université de Montréal, 260 p.

[16] WANG F., 2004. Advanced oxidation treatment of aged raw and biologically treated landfill leachate. Thèse de doctorat, Université Edmonton, ALBERTA, 220 p

[17] AINA M.P., 2006. Expertises des centres d'enfouissement techniques de déchets urbains dans les PED : contribution a l'élaboration d'un guide méthodologique et à sa validation expérimentale sur sites. Thèse de doctorat, Université de Limoges, 236 p

[18] JÖRDENING H.J. and WINTER J., 2005. Environmental Biotechnology. Concepts and Applications. Edition, WILEY-VCH Verlag GmbH & Co. KGaA, Weinheim, Germany, 476 p.

- [19] ALOUEIMINE S.O., 2006. Méthodologie de caractérisation des déchets ménagers à Nouakchott (Mauritanie) : contributions à la gestion des déchets et outils d'aide à la décision. Thèse de doctorat, Université de Limoges, 195 p
- [20] MILLOT N., 1986. Les lixiviats de décharges contrôlées : Caractérisation analytique et études des filières de traitement. Thèse de doctorat, INSA Lyon.
- [21] RAMADE F., 1998. Dictionnaire encyclopédique des sciences de l'eau : biogéochimie et écologie des eaux continentales et littorales. Ediscience, 354-356.
- [22] Kehila Y., Aina M., Mezouari F., Matejka G., Mamma D., Quelles perspectives pour l'enfouissement technique et le stockage éco-compatible des résidus solides dans les ped vis-à-vis des impacts sur l'hydrosphère urbaine Actes des JSIRAUF, Hanoi, 6-9 novembre 2007.
- [23] KURNIAWAN.T.A, Lo.W and YS Chan.G : 2006, Physico-chemical treatments for removal of recalcitrant contaminants from landfill leachate, Journal of Hazardous Materials , Volume 129, Issues 1-3, p 80-100.
- [24] Christensen T.H., Kjeldsen P., Bjerg P.L., Jensen D.L., Christensen J.B., Baun A., Albrechtsen H.G., Heron G., Biogeochemistry of landfill leachate plumes. Appl. Geochem. 16 (2001) 659-718.
- [25] Lagier., Étude des macro molécules de lixiviat : Caractérisation et comportement vis-à-vis des métaux. Thèse de Doctorat. Université de Limoges. France (2000).
- [26] Oumar Dia, 2017, Combinaison des procédés de biofiltration et d'électrocoagulation pour le traitement des lixiviats des sites d'enfouissement sanitaires, thèse de doctorat, Université du Québec, p341
- [27] S. Renou, S. Poulain, P. Moulin et J. Gagnaire, Les filières classiques de traitement des lixiviats, L'EAU, L'INDUSTRIE, LES NUISANCES, N°311, 30 avril, 2008, pp 66-73
- [28] Christophe Bouchet, Traitement des lixiviats: des affluents complexes qui nécessitent un traitement poussé, L'EAU, L'INDUSTRIE, LES NUISANCES, N°371, 30 avril, 2014, pp 49-58.

- [29] Hicham KHATTABI Intérêts de l'étude des paramètres hydrogéologiques et hydrobiologiques pour la compréhension du fonctionnement de la station de traitement des lixiviats de la décharge d'ordures ménagères Etueffont (Belfort, France *Thèse de doctorat d'Etat de L'Institut des Sciences de l'Environnement*) 2002.
- [30] EL Fadel H. (2012) thèse de doctorat : Traitement physico-chimique et biologiques des lixiviats de la décharge publique contrôlée de la ville de Fès : Application des procédés de filtration, coagulation-floculation et du SBR.
- [31] .Rodriguez J., Castrillon L., Maranon E., Sastre H and Fernandez E. (2004) Removal of nonbiodegradable organic matter from landfill leachates by adsorption, *Water Res.* 38-3297–3303.1, 473-478.
- [32] Haapea P, Korhonen S & Tuhkanen T (2002) Treatment of industrial landfill leachates by chemical and biological methods: ozonation, ozonation+ hydrogen peroxide, hydrogen peroxide and biological post-treatment for ozonated water. *Ozone: science & engineering* 24(5):369-378.
- [33] Qureshi TI, Kim H-T & Kim Y-J (2002) UV-catalytic treatment of municipal solid-waste landfill leachate with hydrogen peroxide and ozone oxidation. *Chin. J. Chem. Eng.* 10(4):444-449.
- [34] L'INDUSTRIE, LES NUISANCES, N°311, 30 avril, 2008, pp 66-73.
- [35] Zhang H, Choi HJ, & Huang C-P (2006) Treatment of landfill leachate by Fenton's reagent in a continuous stirred tank reactor. *J. Hazard. Mater.* 136(3):618-623.
- [36] Primo O, Rivero MJ & Ortiz I (2008) Photo-Fenton process as an efficient alternative to the treatment of landfill leachates. *J. Hazard. Mater.* 153(1):834-842.
- [37] Drogui, P., Blais, J.-F., Mercier, G., 2007. Review of electrochemical technologies for environmental applications. *Recent Pat. Eng.* 1, 257-272.

- [38] Oumar Dia, 2017, Combinaison des procédés de biofiltration et d'électrocoagulation pour le traitement des lixiviats des sites d'enfouissement sanitaires, thèse de doctorat, Université du Québec, p341
- [39] Jotin R, Ibrahim S & Halimoon N (2012) Electro coagulation for removal of chemical oxygen demand in sanitary landfill leachate. *Int. J. Environ. Sci* 3(2):921-93
- [40] Li X, Song J, Guo J, Wang Z & Feng Q (2011) Landfill leachate treatment using electrocoagulation. *Procedia Environmental Sciences* 10:1159-1164.
- [41] Ilhan, F., Kurt, U., Apaydin, O., Gonullu, M.T., 2008. Treatment of leachate by electrocoagulation using aluminum and iron electrodes. *J. Hazard. Mater.* 154, 381-389.
- [42] S.Renou, S.Poulain, J.Gagnaire et P.Moulin, Intégration des procédés membranaires dans le traitement des lixiviats, L'EAU, L'INDUSTRIE, LES NUISANCES, 30 juillet, 2008, N°313 , pp 71-80 .
- [43] S.Renou, S.Poulain, J.Gagnaire et P.Moulin, Procédé innovant de traitement des lixiviats, L'EAU, L'INDUSTRIE, LES NUISANCES, 30 mai 2008, N°312 , pp 60-70 .
- [44] Peters T.A., Past and future of membrane filtration for the purification of landfill leachate, Proceedings of the 7th International Landfill Symposium Sardinia, Italy (1999) 335–344.
- [45] Choo K.H., Lee C.H., Membrane fouling mechanism in the membrane-coupled anaerobic bioreactor, *Water Res.* 30 (1996) 771–1780.
- [46] Givaudan J.G., Renou S., Poulain S., Dirassouyan F., Moulin P., Landfill leachate treatment: Review and opportunity, *J. Hazard. Mater.* 150 (2008) 468-493.
- [47] Linde K., Jönsson A.S., Nanofiltration of salt solution and landfill leachate, *Desalination*. 103 (1995) 223–232.
- [48] Chaudhari L.B., Murthy Z.V.P., Treatment of landfill leachates by nanofiltration, *J. Environ. Manage.* 91 (2010) 1209-1217.

- [49] Pronost R., Matejka G., Les lixiviats de décharges d'ordures ménagères. Production, caractérisation, traitement, Environnement & Technique. 196 (2000) 25-29
- [50] Trebouet D., Schlumpf J.P., Jaouen P., Quemeneur F., stabilized landfill leachate treatment by combined physicochemical–nanofiltration process, Water Res. 35 (2001) 2935–2942.
- [51] Li XZ, Zhao QL & Hao XD (1999) Ammonium removal from landfill leachate by chemical precipitation. *Waste Manage.* 19(6):409-415.
- [52] Perez AG, Ramos A, Moreno B & Zamorano Toro M (2004) Coagulation-flocculation as a submerged biological filter pre-treatment with landfill leachate. *Waste Management and the Environment II*. p 213-222.
- [53] Singh SK, Townsend TG & Boyer TH (2012) Evaluation of coagulation (FeCl_3) and anion exchange (MIEX) for stabilized landfill leachate treatment and high-pressure membrane pretreatment. *Sep. Purif. Technol.* 96:98-106.
- [54] Wiszniowski J, Robert D, Surmacz-Gorska J, Miksch K & Weber J (2006) Landfill leachate treatment methods: A review. *Environ. Chem. Lett.* 4(1):51-61.
- [55] Morawe B, Ramteke DS & Vogelpohl A (1995) Activated carbon column performance studies of biologically treated landfill leachate. *Chemical Engineering and Processing: Process Intensification* 34(3):299-303.

Procédé pour la réduction de la charge polluante du lixiviat de la décharge contrôlée de la ville de Fès

EZ ZOUBI Yassine 1, 2, MERZOUKI Mohamed1*, BENNANI Laila2, EL OUALI LALAMI Abdelhakim2, BENLEMLIH Mohamed1

1. Laboratoire de Biotechnologie, Faculté des Sciences Dhar El Mahraz, BP 1796, Atlas, Fès, Maroc.

2. Laboratoire Régional de Diagnostic Epidémiologique et d'Hygiène du Milieu, Direction Régionale de la Santé, Hôpital EL GHASSANI, Fès, Maroc.

Pour toute correspondance : merzoukimo@yahoo.fr

Résumé

Ce travail porte sur l'étude de l'évolution des paramètres chimiques et microbiologiques du lixiviat de la décharge contrôlée de la ville de Fès avant et après traitement chimique et biologique. La caractérisation du lixiviat brut a montré une forte pollution organique. En effet, la concentration moyenne de la DCO_t est de 5,32 10⁴ mg/l et de la DBO₅ est de 2 10⁴ mg/l. La concentration des MES varie autour de 5 500 mg/l, tandis que les concentrations en ammonium, nitrate et nitrite varient autour de 2,4 mg/l, 11,3 et 3 mg/l respectivement.

L'analyse des germes de pollution fécale du lixiviat brut a montré la présence de forte concentration en coliformes totaux (CT) d'une valeur moyenne de 6,28 10⁶ UFC/ml, tandis que les concentrations moyennes des coliformes fécaux (CF) et des streptocoques fécaux (SF) sont de 1,39 10⁵ et 6 10⁶ respectivement.

Les résultats de la caractérisation physico-chimique et microbiologique du lixiviat coagulé par le chlorure ferrique ont montré une légère diminution de la DCO_t et la DBO₅ avec des valeurs moyennes de 42 000 et 14 200 mg/l respectivement. Les MES sont diminuées à la moitié après le traitement physico-chimique. Pour les paramètres microbiens, le traitement physico-chimique a baissé la concentration des CT à 7,08 10⁵ UFC/ml, les CF à 2,37 10⁴ UFC/ml et les SF à 7,6 10⁵ UFC/ml, avec des taux d'abattement de 88,8 %, 82,94 % et 87,35 % respectivement. Le traitement par le système combiné a donné des résultats très efficaces, tant pour l'abattement des paramètres physico-chimiques que pour les paramètres microbiologiques. Pour la DCO_t et la DBO₅, les valeurs enregistrées à la sortie du SBR répondent aux normes marocaines de rejets indirects avec des valeurs moyennes de 1 027 et 167 mg/l respectivement. Les CT et CF sont totalement éliminés à la sortie du système combiné. Les SF et les staphylocoques ont enregistré des taux d'abattement dépassant les 99,98 %.

Mots clés : décharge publique contrôlée, lixiviat, coagulation-floculation, SBR.

1. Introduction

Au Maroc, comme tous les pays du monde, les activités socio-économiques couplées à l'accroissement démographique et aux changements dans le mode de consommation génèrent une production importante des déchets solides. Dans les décharges, la décomposition des déchets par les microorganismes génère des composés solubles qui, sous l'action du lessivage et de l'infiltration des eaux météoriques, se mélangent pour former le « jus de déchets » dénommé « lixiviat » (KHATTABI, 2002). Les lixiviats représentent une source concentrée de polluants chimiques et microbiologiques. Le plus grand risque lié à la production de lixiviats est la contamination de la nappe phréatique. Cela peut avoir pour conséquence la pollution des puits d'eau de consommation. Aujourd'hui, il existe une large panoplie de techniques de traitement, pour la plupart issus de l'épuration des eaux résiduaires ou des eaux potables. Quatre grands groupes de procédés peuvent être définis :

- Les traitements biologiques ;
- Les traitements physico-chimiques ;
- Les traitements membranaires ;
- Les traitements de finition comme l'évaporation, la déshydratation, la distillation ou l'incinération.

La décharge contrôlée de la ville de Fès produit une quantité importante de lixiviat (15 l/min), qui ne répond pas aux normes marocaine de rejets. Le but de ce travail est de réduire la charge microbienne et chimique du lixiviat de la décharge contrôlée de la ville de Fès par traitement chimique avec coagulation-floculation combiné au système de traitement biologique par SBR.

2. Matériels et méthodes

La gestion déléguée de la décharge contrôlée de Fès entre dans le cadre d'un contrat de 10 ans entre la commune urbaine de Fès, le groupement des sociétés Ebgeboro International, Inc et ECOMED gestion des déchets qui prend en charge l'aménagement, la construction, le financement, l'équipement et l'exploitation de la décharge. La décharge contrôlée est construite sur un terrain de 110 ha situé dans la commune de Ain Bida sur la rocade menant à Sidi Hrazem. Elle reçoit un flux d'environ 100 véhicules par jour pour un tonnage variant entre 650 et 900 t/j.

2-1 Traitement physico-chimique du lixiviat par coagulation-floculation

Prélèvement

A l'extérieur des casiers, les lixiviats s'écoulent gravitairement au travers d'un tuyau en PEHD ($\varnothing$ 32 mm). Ils sont récupérés dans des bidons en plastiques propres et lavés par l'eau distillée. La coagulation-floculation a été réalisée au laboratoire de chimie à la Faculté des Sciences Dhar El Mhraz de Fès en utilisant un jar test.

Coagulation

Nous avons mélangé dans un bécher 500 ml de lixiviat et 100 mg de chlorure ferrique. Le mélange est ensuite passé dans un jar test pour le test de coagulation à une vitesse de 150 tour/3 min.

Floculation

Après la déstabilisation des suspensions par la coagulation, le mélange est floculé dans le même jar test en diminuant la vitesse de rotation à 45 tour/3 min.

Décantation

Le mélange est décanté pendant 90 minutes.

2-2 Traitement biologique par SBR (Sequencing Batch Reactor)

Le procédé SBR est un procédé séquentiel discontinu dont le fonctionnement est basé sur le temps, contrairement aux procédés à boues activées classiques, basés sur l'espace (MOLETTA et al., 2001). Ainsi, toutes les phases du traitement ont lieu dans le même réacteur qui, en fonction des étapes, tient le rôle de bassin d'aération et du décanteur (Figure 1).

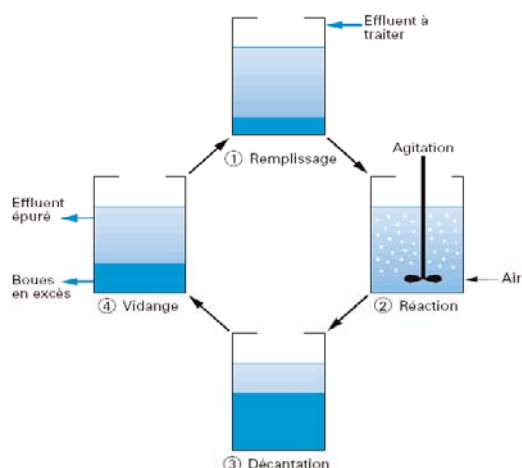


Figure 1: Principe de fonctionnement d'un réacteur SBR (Moletta et al., 2001)

Le volume traité au cours d'un cycle correspond à une journée de production et est stocké dans une première cuve tampon. Le réacteur contenant des boues activées est alimenté par l'effluent à traiter une seule fois par jour. L'aération est réalisée pendant plusieurs heures durant lesquelles l'eau est épurée, puis elle est arrêtée afin que les boues décantent.

Le surnageant est ensuite évacué et un nouveau volume d'effluent à traiter entre dans le réacteur. Lorsque la concentration des boues est très importante dans le réacteur, une partie des boues est soutirée (CORTHONDO et al., 2003).

Composition du bioréacteur

Notre bioréacteur a un volume de 3 litres séparés de la façon suivante : 500 ml de boue, 2 450 ml d'eau distillé et 50 ml de lixiviat à traiter.

Soutirage des boues en excès

Pour obtenir un taux de traitement satisfaisant, il faut travailler avec des boues jeunes. Pour cette raison la boue en excès a été soutirée selon la relation suivante :

$$\text{Age des boues} = V/Q$$

V : le volume du bioréacteur (3 000 ml)

Q : le volume de la boue à soutirer

Dans notre réacteur, nous avons travaillé avec un âge de boues de 15 jours, donc le volume de la boue à soutirer est de 200 ml par jour.

2-3 Analyses des paramètres physico-chimiques du lixiviat avant et après traitement physico-chimique et biologique

Les eaux du lixiviat sont riches en polluants organiques et minéraux. Ces polluants sont à l'état soluble, colloïdal et en suspension. Afin d'évaluer l'efficacité du traitement par coagulation-floculation et par le système SBR, différents paramètres ont été mesurés au laboratoire de biotechnologie à la faculté des sciences Dhar El Mehraz, tels que : la température, le pH, les matières en suspension, l'oxygène dissous, la DCO, la DBO₅, les orthophosphates, l'ammonium, les nitrites et les nitrates (Tableau I).

Le lixiviat constitue un réservoir essentiel de la flore microbienne, notamment les agents pathogènes responsables des épidémies telles que l'hépatite, le cholera, la typhoïde (EMILIE., 2002). Pour cela, nous nous sommes limités aux bactéries témoins de la contamination fécale telles que les coliformes totaux et fécaux, les streptocoques fécaux et les clostridijs sulfitoréducteurs (Tableau II). Pour le dénombrement des bactéries indicatrices de pollution fécale, nous avons inoculé 1 ml de nos échantillon au fond des boîtes de Petri après avoir préparé les différentes dilutions du lixiviat brut et traité.

La recherche des salmonelles comporte quatre étapes (RODIER, 1996) selon la norme marocaine n° 03.7.050 :
 — un pré-enrichissement dans l'eau peptonée tamponnée à double concentration et incubation à 37 °C pendant 6 à 18 heures ;
 — un enrichissement dans le bouillon Rappaport à 42 °C pendant 18 à 24 heures ;
 — l'isolement sur milieu sélectif qui consiste à ensemencer le milieu Hektoen à partir du bouillon d'enrichissement, et incubation à 37 °C pendant 24 à 48 heures ;

- l'identification dans laquelle les colonies suspectes sur milieu Hektoen, lactose négatif à centre noir, sont repiquées sur milieu Kligler en tube et incubées à 37 °C pendant 24 heures.

Dans notre cas, nous avons procédé à l'identification biochimique des souches suspectes de salmonelles par la galerie conventionnelle et la galerie API 20 E dont les caractères biochimiques sont comparables à ceux recherchés dans les méthodes conventionnelles d'identification. Cependant, la lecture des tests est plus rapide. En ce qui concerne la recherche des vibrions cholériques dans l'eau usée, elle comporte trois étapes selon la norme marocaine n° 03.7.051 :

- l'enrichissement qui comporte un premier enrichissement dans l'eau péptonée tamponnée dix fois concentrée à 37 °C pendant 6 heures, suivie d'un deuxième enrichissement dans l'eau péptonée tamponnée simple à 37 °C pendant 6 heures ;
- l'isolement sur milieu sélectif qui consiste à ensemencer le milieu TCBS (milieu Thiosulfate Citrate Bile Saccharose) à partir du bouillon d'enrichissement ;
- et incubation à 37 °C pendant 24 à 48 heures.

Les colonies suspectes sur milieu TCBS, saccharose positif (de 1 à 2 mm de diamètre), sont repiquées sur milieu Kligler et incubées à 37 °C pendant 24 heures. Ceci incite à l'identification biochimique (en utilisant les galeries API 20 N E) ou sérologique à l'aide des sérums spécifiques. Les analyses microbiologiques ont été réalisées à l'Unité d'Hygiène au Laboratoire Régional de Diagnostic Épidémiologique et d'Hygiène du Milieu de la Direction Régionale de la Santé de la ville de Fès (LRDEHM).

3. Résultats et discussions

3.1 Evolution des paramètres physico-chimiques avant et après traitement par coagulation-floculation.

Nous avons analysé l'évolution du lixiviat avant et après traitement physico-chimique avec le chlorure ferrique dans le but de réduire ou d'éliminer sa charge organique et minérale par coagulation-floculation. Nous avons réalisé 5 essais, puis nous avons calculé la moyenne des concentrations de chaque paramètre et leurs taux d'abattement. Les résultats sont représentés dans le tableau III.

3.1.1 La température, le pH et l'oxygène dissous

La température moyenne du lixiviat est de l'ordre de 20 °C. Les valeurs du pH du lixiviat présentent une stabilité avant ou après la coagulation-floculation avec un pH moyen de 7,11 pour le lixiviat brut et 7,09 pour le coagulat. D'après nos études, la quantité du chlorure ferrique n'affecte pas la valeur du pH.

Pour l'ensemble des prélèvements du lixiviat brut, les valeurs enregistrées en oxygène dissous sont très faibles, de l'ordre de 0,86 mg/l. La même valeur a été enregistrée dans le coagulat.

Nous pouvons conclure que la coagulation-floculation n'a aucun effet sur le taux d'oxygène dissous.

3.1.2 DCOt et DBO₅

La DCOt permet de déterminer la teneur en matière organique biodégradable et non biodégradable. La DBO₅ permet de déterminer la teneur en matière organique biodégradable en 5 jours. Le tableau III montre une diminution de la DCOt du lixiviat brut d'une concentration moyenne de 53 199,6 mg/l à 41 933 mg/l pour le coagulat. Le taux d'abattement varie entre 20 % comme valeur minimale et 35 % comme valeur maximale. La DCOt éliminée correspond à la DCOt dure. Cela traduit une élimination des composés organiques principalement par adsorption sur les chlorures ferriques (WANG et al., 2002). Le taux d'abattement moyen de la DBO₅ est de 29,17 %. Les valeurs minimale et maximale sont de l'ordre de 16,66 % et 33,33 % respectivement.

3.1.3 Les orthophosphates

Le phosphore peut se rencontrer sous forme de sels minéraux mais aussi sous forme de composés organiques. Ces différents composés sont soit solubilisés, soit fixés sur les matières en suspension (RODIER et al., 1996). Les orthophosphates réagissent rapidement avec le chlorure ferrique par leurs charges négatives pour former des précipités amorphes. D'après les résultats, la valeur moyenne des orthophosphates du lixiviat brut est de 16,61 mg/l, alors que le lixiviat coagulé a une concentration de 14,6 mg/l. Le taux d'abattement est très faible puisqu'il ne dépasse pas 12,1 % à une concentration de 100 mg/l. Ce résultat peut être expliqué par la faible concentration des orthophosphates dans le lixiviat brut.

3.1.4 Les composés azotés

L'azote minéral (ammoniac, nitrates, nitrites) constitue la partie majeure de l'azote total (RODIER et al., 1996). Comme le montre le Tableau III, Le lixiviat brut contient une valeur moyenne d'ammonium de 2,41 mg/l. Après traitement, cette valeur est devenue 1,35 mg/l avec un taux d'abattement de 43,98 %. La teneur en nitrate et en nitrite dans le lixiviat brut a une valeur de 11,3 et 2,99 mg/l respectivement. Après le traitement, la concentration est devenue 9,8 mg/l pour le nitrate avec un taux d'abattement très faible qui ne dépasse pas 13,27 %, et 2,07 mg/l pour le nitrite avec un taux d'abattement de 30,76 %.

3.1.5 Les matières en suspension

L'analyse de l'évolution des matières en suspensions dans le lixiviat après le traitement avec le chlorure ferrique montre une efficacité du traitement physico-chimique. La teneur moyenne est passée de 5 500 mg/l avant le traitement à 2 866,66 mg/l après le traitement. Le taux d'abattement moyen est de 48 %. Nous pouvons expliquer l'élimination des MES par le phénomène de coagulation qui agit de manière à neutraliser les charges négatives

des MES, afin de favoriser leur agglomération et permettre leurs décantation.

3.2 Evolution des germes avant et après traitement par coagulation-floculation

3.2.1 La flore mésophile aérobie totale

Les germes totaux sont présents avec une concentration de $6,89.10^7$ dans le lixiviat brut. La concentration après traitement reste presque la même et prend une valeur de $6,35.10^7$. Le taux d'abattement moyen ne dépasse pas 7,83 %.

Paramètres	Méthodes d'analyse	Unités	Sources
Température	Thermomètre à mercure gradué de 0 à 100 °C	°C	
pH	pH-mètre de marque pH-Electrode Senti X22		
Oxygène dissous	Oxymètre modèle OXI 315i WTW	mg/l O ₂	
Matières en suspension (MES)	La méthode de centrifugation	mg/l	Rodier (1996)
DCO	DCO-mètre, modèle COD REACTOR	mg/l	Rodier (1996)
DBO ₅	DBO-mètre de marque OxiTop®	mg/l	Rodier (1996)
Orthophosphates	Les orthophosphates sont déterminés par la méthode colorimétrique reposant sur la formation, en milieu acide, d'un complexe avec le molybdate d'ammonium et de tartrate double d'antimoine et de potassium	mg/l	Rodier (1996)
Nitrates (NO ₃ ⁻)	Les nitrates sont réduits en nitrites en présence de l'acide sulfo-salicylique, puis dosage colorimétrique.	mg/l	Rodier (1996)
Nitrites (NO ₂ ⁻)	Les nitrites sont dosés par la méthode au réactif de Zambelli, puis dosage colorimétrique	mg/l	Rodier (1996)
Azote ammoniacal (NH ₄ ⁺)	Les ions NH ₄ ⁺ traités par une solution de chlore et de phénol donnent du bleu d'indophénol susceptible d'un dosage colorimétrique	mg/l	Rodier (1996)

Tableau I – Méthodes d'analyse des différents paramètres physico-chimiques avant et après chaque étape de traitement

Tableau II – Méthodes de recherche des indicateurs de contamination fécale dans le lixiviat avant et après chaque étape de traitement

Germes recherchés	Milieu de culture	Les colonies comptées
FMAT	Gélose nutritive	37 °C pendant 24 heures Toutes les colonies qui se développent en milieu PCA sont comptées
CT	Désoxycholate lactose agar (DLA)	37 °C pendant 24 heures Les colonies rouge foncé
CF	Désoxycholate lactose agar (DLA)	44 °C pendant 24 heures Les colonies rouge foncé
SF	milieu Slanetz et Bartly	37 °C pendant 24 heures Les colonies ayant un aspect rouge brique
CSR	La gélose sulfate polymyxin sulfadiazine (SPS)	44 °C pendant 24 heures Les colonies noires de 1 à 2,5 mm de diamètre
Staphylocoques	Milieu Baird Parker (BP)	37 °C pendant 24 à 48 heures Les colonies à coloration noirâtre

3.2.2 es bactéries témoins de contamination fécale

Dans le lixiviat, les coliformes totaux, fécaux et les streptocoques fécaux sont très abondants et viennent en tête des germes dénombrés. Les valeurs moyennes en coliformes totaux, fécaux et streptocoques fécaux sont de l'ordre de $6,28.10^6$, $1,39.10^5$ et $6,01.10^6$ UFC/ml respectivement.

3.2.3 Les staphylocoques et les spores des clostridiiums sulfitoréducteurs

Le traitement par coagulation-floculation n'a engendré aucun effet sur le nombre des staphylocoques présents dans le lixiviat. Par contre, nous avons constaté comme

pour les autres indicateurs de contamination fécale qu'il y a un taux d'abattement élevé des CSR qui atteint la valeur moyenne de 71,08 %. Le nombre des CSR est passé de $3,7.10^4$ à $1,07.10^4$ UFC/ml.

3.2.4 Les salmonelles et les vibrions cholériques

Durant la période d'étude, la recherche des salmonelles et des vibrions cholériques dans le lixiviat de la décharge contrôlée a montré une absence totale de ces bactéries pathogènes.

Tableau III : Variation des concentrations moyennes des paramètres physico-chimiques avant et après traitement par coagulation-floculation

Les paramètres	Lixiviat brut	Lixiviat coagulé par chlorure ferrique	Taux d'abattement du traitement physico-chimique (%)
Température (°C)	19,56	20,6	-
pH	7,11	7,09	-
Oxygène dissous (mg/l)	0,86	0,86	-
DCO _t (mg/l)	53 199,6	41 933	21,17
DBO ₅ (mg/l)	20 000	14 166	29,17
Orthophosphates (mg/l)	16,61	14,6	12,1
NH ₄ ⁺ (mg/l)	2,41	1,35	43,98
NO ₃ ⁻ (mg/l)	11,3	9,8	13,27
NO ₂ ⁻ (mg/l)	2,99	2,07	30,76
MES (mg/l)	5500	2866,66	47,88

Tableau IV : Variation des germes du lixiviat brut et traité par chlorure ferrique

Types de germes	Lixiviat brut (UFC/ml)	Lixiviat coagulé (UFC/ml)	Taux d'abattement du traitement physico-chimique (%)
Germes totaux	$6,89.10^7$	$6,35.10^7$	7,83
Coliformes totaux	$6,28.10^6$	$7,08.10^5$	88,85
Coliformes fécaux	$1,39.10^5$	$2,37.10^4$	82,94
Streptocoques fécaux	$6,01.10^6$	$7,6.10^5$	87,35
Les staphylocoques	$1,65.10^5$	$1,25.10^6$	-
Bactéries sulfitoréductrices	$3,7.10^4$	$1,07.10^4$	71,08

D'après les résultats obtenus avec le traitement physico-chimique du lixiviat brut, nous pouvons conclure que le chlorure ferrique est capable d'éliminer une grande partie des germes de pollution fécale en s'adsorbant avec les charges négatives de la paroi poly-saccharidique des bactéries. Par conséquent, les floccs sont formés et décantés au cours de la phase de décantation. Malgré le taux d'abattement élevé des germes de pollution fécale qui dépasse les 85 %, le taux des germes résiduels reste très élevé ($7,08.10^5$ pour les CT, $2,37.10^4$ UFC/ml pour les CF et $7,6.10^5$ UFC/ml). L'élimination de la pollution organique telle que la DCOt et la DBO₅ ne dépasse pas les 25 %, cette proportion correspond à la DCOt dure (Selon WANG et al., 2002). Cela est dû au phénomène d'adsorption qui s'établit entre les anions de chlorure ferrique et les cations des matières organiques. À partir de ces résultats, le traitement par coagulation-floculation n'a pas abouti à des résultats satisfaisants en termes d'abattement des paramètres physico-chimiques et microbiologiques. C'est pour cette raison que nous avons combiné le traitement physico-chimique avec le traitement biologique par SBR.

3.3 Couplage du système du traitement chimique avec le traitement biologique par SBR

Le système SBR (sequencing batch reactor) utilise une culture microbienne dispersée sous forme de floccs au sein du lixiviat à traiter. Les étapes de l'aération et de la décantation se déroulent dans le même réacteur. Pour assurer un traitement efficace de notre lixiviat, la boue utilisée doit être jeune et bien aérée. Nous avons travaillé avec un âge des boues de 15 jours et avec une concentration de l'oxygène dissous qui dépasse 3 mg/l.

3.3.1 Caractérisation physico-chimique du lixiviat coagulé avant et après traitement par SBR

3.3.1.1 La température, le pH et l'oxygène dissous

La valeur moyenne de l'oxygène dissous enregistrée à l'entrée du bioréacteur est de 5,23 mg/l. Cette quantité d'oxygène élevée est utilisée par la flore présente dans le bioréacteur afin de dégrader la forte charge organique apportée par le lixiviat. Après 105 minutes de décantation où l'aération est stoppée, la concentration de l'oxygène dans le bioréacteur est devenue faible.

3.3.1.2 DCOt et DBO₅

La valeur de la DCOt subit une diminution remarquable après le traitement par la boue activée. Son taux d'abattement est de 87 % (Tableau 9). Le taux d'abattement de la DBO₅ est plus important que la DCOt, de 96,77 %. La valeur moyenne en sortie du SBR est de 166,6 mg/l. Nous pouvons expliquer le taux d'abattement élevé de la DBO₅ par la performance de la boue utilisée dans le SBR qui dégrade la matière organique biodégradable présente dans le lixiviat et aussi par la présence d'une biomasse épuratrice.

Les orthophosphates

D'après les résultats, la concentration des orthophosphates est diminuée de 3,22 mg/l à 2,04 mg/l à la sortie du SBR. Le taux d'abattement ne dépasse pas la valeur de 36,64 %. Nous pouvons expliquer le taux d'abattement faible des orthophosphates par l'absence de la phase anaérobie. Au cours de la phase d'aération de notre bioréacteur qui dure 22 heures, les bactéries déphosphatantes assimilent les orthophosphates. Mais pour favoriser l'accumulation de ces derniers, il vaut mieux faire précéder la phase aérobie par une phase de traitement anaérobie afin de relarguer les orthophosphates et faciliter leur accumulation pendant la phase aérobie. L'alternance des deux phases anaérobie et aérobie favorise la croissance et l'enrichissement sélectif des bactéries accumulatrices des phosphates (MERZOUKI, 2001).

Les composés azotés

Voir les résultats dans le tableau V. La concentration d'ammonium à l'entrée du SBR de 1,24 mg/l a été diminuée jusqu'à 0,093 mg/l. Le taux d'abattement prend la valeur de 92,5 %. Cette diminution peut être expliquée par le phénomène de nitrification. Le suivi de la concentration des nitrites montre un taux de traitement dans le bioréacteur de 85,96 %. La diminution de la concentration des nitrites est expliquée par la transformation des nitrites en nitrates à l'aide des bactéries de genre *Nitrobacter*, *Nitrocystis*, *Nitrospira*, (MERZOUKI, 2001). La concentration des nitrates reste par contre élevée (2,28 mg/l) avec un taux d'abattement de 52,89 %.

Les matières en suspensions (MES)

La concentration des MES du bioréacteur a été enregistrée au seuil de 5g/l à cause de la boue présente dans le bioréacteur. À la sortie du SBR, la concentration des MES est devenue 0,6 g/l. Cette diminution peut être expliquée par la bonne séparation entre la phase solide (la boue) et la phase liquide (lixiviat soutiré) dans le bioréacteur pendant la décantation.

3.3.2 Caractérisation bactériologique du lixiviat coagulé avant et après traitement par SBR

3.3.2.1 La flore mésophile aérobie totale (FMAT)

Les germes totaux à l'entrée du SBR ont une concentration de $6,48.10^6$. La concentration après traitement par SBR a diminué à une valeur de $2,87.10^4$. Le taux d'abattement moyen dépasse 99 %.

Les germes témoins de contamination fécale

Comme illustre le tableau VI, les coliformes totaux et fécaux sont totalement éliminés par SBR et par le système combiné. Il en va de même pour les streptocoques fécaux qui atteignent un abattement de 99,99 % à la sortie du système combiné. Ceci pourrait être dû d'une part à la présence dans le lixiviat de substances toxiques comme les micropolluants organiques et minéraux qui ont un effet bactéricide, et d'autre part à des phénomènes biologiques tels que la prédation, le parasitisme, l'antagonisme et la compétition.

Tableau V : Variation des paramètres physicochimiques du lixiviat avant et après traitement par SBR et par le système combiné

Paramètres	Lixiviat coagulé par FeCl	Sortie du SBR	Taux d'abattement du SBR (%)	Taux d'abattement du système combiné (%)	Normes marocaines de rejets indirects
T (°C)	20,26	20,86	-	-	35
pH	8,89	8,95	-	-	6,5-8,5
Oxygène dissous (mg/l)	5,23	1	-	-	-
DCO _t (mg/l)	7 886,6	1 026,6	87	98	1 000
DBO ₅ (mg/l)	5 166	166,6	96,77	99	500
PO ₄ ³⁻ (mg/l)	3,22	2,04	36,64	87,71	-
NH ₄ ⁺ (mg/l)	1,24	0,09	92,5	96,14	-
NO ₃ ⁻ (mg/l)	4,84	2,28	52,89	79,82	-
NO ₂ ⁻ (mg/l)	0,57	0,08	85,96	97,32	-
MES (mg/l)	4 833,33	600	87,58	89	600

Tableau VI : Variation des germes du lixiviat avant et après traitement par SBR et par le système combiné

Types de germes (UFC/ml)	Lixiviat coagulé par FeCl	Sortie du SBR	Taux d'abattement du SBR (%)	Taux d'abattement du système combiné (%)
GT	6,48.10 ⁶	2,87.10 ⁴	99,55	99,95
CT	1,25.10 ⁴	0	100	100
CF	2,13.10 ³	0	100	100
SF	5,38.10 ⁴	75	99,86	99,99
Staphylocoques	2,89.10 ³	25	99,13	99,98
Bactéries sulfitoréductrices	5,25.10 ³	3,52.10 ³	32,95	90,48

3.3.2.3 Les staphylocoques et des clostridiidiums sulfitoréducteurs

Le traitement par SBR combiné au traitement par coagulation-floculation a permis un abattement des staphylocoques de 99,98 %, alors que les clostridiidiums sulfitoréducteurs sont réduits dans le système combiné à un taux de 90,48 %. Les clostridiidiums sont donc très résistants aux conditions hostiles du milieu et ils sont capables de survivre à une faible dose d'oxygène dissous. Durant la période d'étude, les salmonelles et les vibrions cholériques sont absents dans le lixiviat brut.

4. Conclusion

La décharge contrôlée de la ville de Fès, comme les autres décharges contrôlées du Maroc, fait face au problème de traitement du lixiviat. Peu d'actions sont réalisées pour traiter les lixiviats à cause de la jeunesse des sites d'enfouissement au Maroc et du manque d'études réalisées dans ce domaine. Le lixiviat brut contient une forte charge organique en termes de DCO_t et de DBO₅. D'autres paramètres chimiques sont enregistrés en teneurs excessives comme les matières en suspensions (valeur moyenne de 5 500 mg/l). La charge microbienne trouvée dans le lixiviat brut est très élevée, surtout pour les germes de pollution fécale et les bactéries sulfitoréductrices qui résistent aux conditions hostiles du milieu. Le traitement du lixiviat par coagulation-floculation n'a pas abouti à des résultats satisfaisants en termes d'abattement des paramètres physico-chimiques et microbiologiques. Par contre, le couplage entre le traitement chimique et le traitement biologique par SBR a donné des résultats pertinents en termes de réduction des paramètres physico-chimiques, avec un taux d'abattement de la DCO de 98 % et de la DBO₅ de 99 %. Pour les germes de la pollution fécale, le taux d'abattement a été de 100 %. Les paramètres chimiques et microbiologiques à la sortie du système combiné répondent en grande partie aux normes marocaines de rejets indirects. D'après ces résultats, nous pourrions appliquer notre système combiné pour traiter les lixiviats de la décharge à grande échelle.

Références bibliographiques

CORTHONDO T., TREPOS F., 2003 « Traitements des effluents laitiers ». page 7.

EMILIE F., Août 2002. « Evaluations des risques microbiens liés aux décharges d'ordures ménagères et de déchets assimilés », Institut National de l'Environnement et des Risques Industriels.

KHATTABI H., 2002. Thèse de doctorat « Intérêts de l'étude des paramètres hydrogéologiques et hydrobiologiques pour la compréhension du fonctionnement de la station de traitement des lixiviats de la décharge d'ordures ménagères d'Etueffont (Belfort, France) », Soutenu le 25-02-2002.

MERZOUKI M., 2001. Thèse de doctorat d'Etat « Déphosphoration anoxique d'effluents par voie biologique : Optimisation et mise en œuvre d'un procédé intégré de dépollution azotée et phosphorée », page 28.

MOLETTA R., et TORRIJOS M., 2001. « Traitement des effluents de la filière laitière », Techniques de l'Ingénieur, traité Génie de procédés (F I 501), page 8.

RODIER J., BAZIN C., BROUTIN J.-P., CHAMBAN P., CHAMPASAU H., RODI L., 1996. L'analyse de l'eau : Eaux naturelles, eaux résiduaires, eaux de mer, 8^e édition, Dunod, Paris, France.

WANG X. C., JIN P. K. & GREGORY J., 2002. Structure of Al-humic flocs and their removal at slightly acidic and neutral pH. Water Sci. Tech., 2(2), 99-106.

TRAITEMENT DES EFFLUENTS URBAINS ET INDUSTRIELS : ORIGINALITÉ ET PERFORMANCE

MERZOUKI Mohammed,
FADEL Hanane,
BENLEMLIH Mohamed
Laboratoire de
Biotechnologie, Faculté
des Sciences Dhar El
Mahraz, Fès, Maroc

Résumé

Notre travail de recherche s'est focalisé sur la recherche des procédés de traitement des effluents industriels riches en matière organique et en métaux lourds, tels que les effluents de dinanderie et des lixiviats de la décharge contrôlée de la ville de Fès. Ces procédés que nous avons choisi sont à faible coût d'investissement et d'exploitation et ont révélé une performance élevée en termes d'abattement de la pollution chimique et microbiologique. Les résultats ont montré que le traitement des lixiviats par filtration sur les matrices d'argile, cendres volantes et sables marin a permis un taux d'abattement de la DBO₅ et des coliformes fécaux qui dépasse 96%.

Mots clés : effluents industriels, lixiviats, SBR, filtration sur colonne

INTRODUCTION

Les quantités et les caractéristiques des eaux usées urbaines et industrielles de plus en plus importantes sont très variées et constituent un danger croissant pour le milieu naturel. Ils provoquent des altérations du milieu environnant à cause de leurs charges en matières en suspension et en polluants organiques dissous qui sont toxiques et peuvent être persistants. Devant la croissance

démographique, l'amélioration de la qualité de vie et la grande densité des zones urbaines, de nouvelles formes de pollution des eaux sont générées. En effet, l'enfouissement et le stockage des déchets solides doit permettre non seulement une gestion efficace des déchets mais aussi le traitement après drainage et récupération des deux effluents qui sont les biogaz et les lixiviats.

Matériel et méthodes

I/ Site d'étude : décharge publique contrôlée

La décharge publique contrôlée de

la ville de Fès se situe au Sud-Est de la ville de Fès, à 11 km du centre ville, dans la commune de Ain Bida sur la route de Sidi Harazem comme c'est indiqué sur la photo 1 , elle

s'étale sur une superficie de 120 hectares.



Photo 1. Décharge publique contrôlée de la ville de Fès

I-1/ Traitement des lixiviats par SBR couplé au système de coagulation floculation

Dans cette étude, nous avons couplé le système de traitement par coagulation-floculation avec celui du traitement biologique par SBR (Sequencing Batch Reactor) (Photo 2). Le lixiviat

brut a été traité par coagulation floculation. Après décantation du coagulat, le surnageant résultant a été entraîné dans le réacteur SBR pour qu'il soit traité par la boue activée. À la fin du cycle de traitement, l'eau soutirée doit être conforme aux normes de rejet en vigueur.

Dans ce procédé de traitement du

lixiviat, nous avons effectué des analyses microbiologiques et physico-chimiques pour quatre types de lixiviats :

- Lixiviat brut ;
- Lixiviat coagulé ;
- L'entrée du coagulat à l'SBR ;
- Sortie du SBR.



Photo 2 : Procédé du SBR couplé au système de coagulation-floculation

I-2/ Traitement des lixiviats par filtration sur colonne

Notre dispositif expérimental est constitué d'une colonne de verre de 6 cm de diamètre et de 50 cm d'hauteur. La hauteur effective du lit filtrant est de 36 cm, 14 cm est utilisée pour le lixiviat à filtrer, qui est maintenu constante le long des expériences afin de garder la même charge du lixiviat sur le lit filtrant. Notre lit filtrant est formé de 5 couches de sables marins bien choisis et le substrat S_3 avec quelques graviers au fond de la colonne. Les 5 couches de sables sont placées dans la colonne selon l'ordre croissant de leurs coefficients d'uniformité. Lors de l'étude comparative des filtrations des lixiviats et afin de choisir la

meilleure matrice filtrante, nous avons utilisé plusieurs substrats à savoir les trois types de sols argileux désignés par A_1 , A_2 et A_3 , les cendres volantes, les cendres de foyer (mâchefer) et un sable choisi d'une manière arbitraire.

II/ Caractérisation physico-chimiques et microbiologiques des effluents de dinanderies et des lixiviats

II-1/ Analyses physico-chimiques

Les paramètres suivants ont été analysés : température, pH, conductivité électrique, DBO₅, DCO, phosphore total, orthophosphate, ammonium, nitrate, nitrite, azote kjeldhal, matière en suspension (MES) et les métaux lourds.

II-2/ Analyses microbiologiques

Le dénombrement de la flore mésophile aérobie totale, des coliformes, les staphylocoques, les streptocoques, les champignons et les levures a été effectué aux effluents testés avant et après traitement.

Résultats et discussion

I/ Traitement des lixiviats par SBR couplé au système de coagulation floculation

Le tableau 1 représente les résultats des analyses physico-chimiques du lixiviat avant et après traitement par le système combiné, coagulation-floculation suivie du SBR.

Tableau 1 : Résultats des analyses physico-chimiques avant et après traitement par le système combiné

Paramètres	lixiviat coagulé	taux d'abattement du traitement physico-chimique	Entrée SBR	Sortie SBR	taux d'abattement du traitement par SBR (%)	taux d'abattement du système combiné (%)	Normes Marocaines de rejets indirects (mg/L)
Oxygène dissous	0,86	-	5,23	1	-	-	-
DCO _T	9751	81,67	7886,6	1026,6	86,99	98,07	1000
DBO ₅	14166	29,17	5166	166,6	96,77	99,16	500
Orthophosphates	14,6	12,1	3,22	2,04	36,64	87,71	-
NH ₄ ⁺	1,35	43,98	1,24	0,093	92,5	96,14	-
NO ₃ ⁻	9,8	13,27	4,84	2,28	52,89	79,82	-
NO ₂ ⁻	2,07	30,76	0,57	0,08	85,96	97,32	-
MES	2866,66	47,88	4833,33	600	87,58	89,09	600

Le taux d'abattement de la DBO₅ est plus important que celui de la DCO_T, il prend la valeur de 99,16 %. La valeur moyenne à la sortie du SBR est de 166,6 mg/L, cette concentration est très inférieure à celle de la norme des rejets indirects (500 mg/L). La valeur de la DCO_T obtenue est de 1026,6 mg/L, légèrement supérieure à la norme (1000 mg/L).

La concentration de l'ammonium à l'entrée du SBR de 1,24 mg/L diminue jusqu'à la concentration de 0,093 mg/L. Le taux d'abattement

prend la valeur de 92,5 %. La diminution de la concentration de l'ammonium après le traitement par le SBR peut être expliquée par le phénomène de nitrification. La concentration moyenne des nitrates présente dans le lixiviat à l'entrée du SBR est de 4,84 mg/L, après le traitement, cette concentration baisse à 2,28 mg/L avec un taux d'abattement est de 52,89 %.

II/ Traitement des lixiviats par filtration sur colonne

Le tableau 2 représente les résultats obtenus après passage du lixiviat

brut à travers le lit de matériaux filtrant formé de 5 couches de sables marins choisis. A la surface du lit se forme une mince couche appelée "membrane biologique" ou "biofilm". Cette mince couche superficielle est essentielle, car c'est là que le processus d'épuration se déroule. Les résultats révèlent la réduction des différents paramètres physico-chimiques avec des concentrations largement inférieures aux normes marocaines de rejets indirects.

Tableau 2 : Caractéristiques physico-chimiques des lixiviats avant et après filtration sur sables marins

Paramètres (mg/L)	Lixiviat Brut	Filtrat	Taux d'abattement (%)	Normes Marocaines de rejets indirects (mg/L)
DCO _T	5200	1120	78,46	1000
DBO ₅	1375,12	53,12	96,13	500
MES	430	42	90,23	600
P _T	0,65	9,51x10 ⁻³	98,53	-
NTK	3146,5	1736	44,82	-
Conductivité électrique (mS/cm)	37,9	7	81,53	-

La forte réduction de la DCO et de la DBO₅ pourrait s'expliquer par :

* La dégradation par la biomasse épuratoire fixée sur les grains de sable ;

* La faible granulométrie des sables ne dépassant pas 160 µm ce qui a permis d'augmenter la surface spécifique d'adsorption ;

* Les sables marins comme l'argile et les cendres volantes contiennent une importante teneur en silice, allant jusqu'à 61% pour les sables ; 46,27% pour l'argile et 57% pour les cendres volantes, c'est un fort adsorbant présentant une forte polarité électrique et les ions ferreux (Fe³⁺). Ces derniers contribuent à la neutralisation des charges négatives des matières organiques contenues dans les lixiviats ;

* Les propriétés d'adsorption importantes des minéraux argileux.

On constate également une réduction maximale des matières en suspension jusqu'à 90,23%, avec une concentration de 42 mg/L, fortement inférieure à la norme Marocaine de rejet indirect (600 mg/L). Cette élimination des MES pourrait être expliquée par les

caractéristiques physiques des sables filtrants ayant un CU < 1,5 ce qui permet de réduire les pertes de charge et d'obtenir une rétention en profondeur des matières en suspension (Corsin et al., 2001).

Nous remarquons aussi qu'il y'a une réduction presque totale du phosphore total (P_T) à 98,54 %, avec une concentration de 9,51 x 10⁻³ mg/L dans le lixiviat filtré. Cette forte réduction s'explique par la richesse en oxydes de fer, en oxydes d'aluminium et en chaux présents dans les sables marins (avec un taux dépassant les 20% pour chaque sable), dans les cendres volantes (% $\sum \text{CaO} + \text{Al}_2\text{O}_3 + \text{Fe}_2\text{O}_3 = 47,4\%$) et dans le sol argileux (dépassant les 30%) et qui sont considérés comme précipitants pour l'élimination physico-chimique du phosphore en donnant des précipités insolubles de phosphates métalliques.

La réduction de l'azote kjeldahl s'estime à 44,82 % avec une concentration de 1736 mg/L dans le lixiviat filtré. Cette réduction de l'azote s'explique par la nitrification directe de l'azote ammoniacal grâce à la biomasse nitrifiante fixée sur les grains des sables et localisée principalement dans les trentes

premiers centimètres du lit filtrant, cette biomasse nitrifiante qui peut être de la classe des γ -Protéobactéries retrouvées spécifiquement dans les milieux marins (Jettin et al., 1997). Cette réduction de l'azote Kjeldahl est expliquée aussi par une oxydation de l'azote organique en azote oxydé (NO_x). Une dénitrification conjointe peut se produire simultanément dans des zones du lit filtrant devenues anoxiques (Déronzier et al., 2001). Cette dénitrification est stimulée d'avantage par la chaux (CaO) présente dans les sables.

Les résultats du tableau 3 montrent que le traitement des lixiviats par ce procédé de filtration sur les cinq échantillons de sables marins choisis réduit davantage les métaux lourds avec des concentrations inférieures aux normes Marocaines de rejets directs.

Les ions Fe qui présentaient la plus forte concentration dans les lixiviats bruts sont maintenant efficacement réduits avec le taux d'abattement le plus important de 99,32% et une concentration inférieure à 0,1 mg/L, largement inférieure à la norme (3 mg/L).

Tableau 3. Analyse des métaux lourds des lixiviats avant et après filtration sur sables marins

Métaux lourds (mg/L)	Lixiviat brut (mg/L)	Filtrat (mg/L)	% d'abattement	Normes Marocaines de rejets directs (mg/L)
Al	3,245	0,5	84,6	10
Cd	0,028	< 0,1	-	0,2
Cr	4,554	< 0,1	> 97,8	2
Cu	0,428	0,1	76,63	0,5
Fe	14,65	< 0,1	99,32	3
Mn	2,002	< 0,1	> 95	1
Ni	0,841	< 0,1	> 88,1	0,5
Pb	0,215	< 0,1	> 53,49	0,5
Zn	1,663	< 0,1	> 93,98	5

Après filtration, les teneurs en métaux lourds des lixiviats répondent efficacement aux normes de rejets directs. En effet, les carbonates des sables peuvent incorporer des cations métalliques dans leur maille cristalline (Corsin et al., 2001). Avec la richesse des substrats filtrant en Silice, des groupements hydroxyles de surface se forment par hydratation, cela permet l'adsorption de cations métalliques (Bourg, 1983).

L'analyse bactériologique des lixiviats bruts montre que les coliformes fécaux (CF) et les streptocoques fécaux (SF) sont présents à des concentrations plus au moins élevées d'un ordre respectif de $1,65 \times 10^4/100$ mL et $1,39 \times 10^4/100$ mL. La survie de ces bactéries fécales dans ces eaux peut

atteindre plusieurs mois (Filip et al., 1988 ; Bogosian et al., 1996). Les taux d'abattement des coliformes fécaux et des streptocoques fécaux sont respectivement de 96% et de 92,80%. Le nombre moyen des CF est de 660 bactéries par 100 mL, cette faible teneur reflète une bonne qualité bactériologique des lixiviats traités, du fait qu'une eau contenant $4,3 \times 10^5$ CF dans 100 mL atteint la qualité bactériologique requise pour une irrigation non restrictive (WHO, 1989). Le nombre moyen des SF a également montré une importante baisse avec 1000 bactéries par 100 mL dans le lixiviat traité, mais comme dans la plupart des cas, la mortalité des CF était supérieure à celle des SF ce qui est en accord avec les résultats d'autres travaux (Jawson et al., 1982 ;

Howell et al., 1995). Cependant, le rapport CF/SF peut apporter des informations sur l'origine de la contamination fécale (Geldreich, 1976 ; Baxter-Poter and Gilliland, 1988) bien que la signification de ce rapport soit parfois contestée (Baxter-Poter and Gilliland, 1988). Les filtres à sables permettent la réduction des germes de contamination fécale, ceci concorde les résultats obtenus par Mouhir et al. (2001), qui ont traité des eaux usées domestiques par infiltration-percolation à travers des filtres à sables. En effet, le sol a un pouvoir épurateur important que ce soit sur le plan physico-chimique ou microbiologique (Longe, 1989 ; Powelsson et al., 1990).

Conclusion

Les résultats de cette étude ont mis en évidence le degré de pollution généré par les lixiviats de la décharge publique contrôlée de la ville de Fès et les performances du traitement chimique, physique et biologique.

Les lixiviats bruts présentent une forte teneur en DCO avec une moyenne de 41 374 mg/L et en DBO₅ avec une moyenne de 10 300 mg/L, dont la matière polluante est assez faiblement biodégradable. La concentration en nitrites est de 116,63 mg/L, la valeur moyenne des MES est de 5500 mg/L. Le traitement des lixiviats par système combiné : coagulation-floculation suivie de SBR donne des résultats pertinents pour atteindre

1026,6mg/L pour la DCO; 166,6 mg/L pour la DBO₅ et 600 mg/L pour les MES, répondant aux normes marocaines de rejets indirects qui sont de l'ordre de 1000 mg/L pour la DCO, 500 mg/L pour la DBO₅ et 600 mg/L pour les MES. Pour les germes de pollution fécale, le taux d'abattement atteint 100%.

Cette étude basée aussi sur l'évaluation des performances épuratoires de filtration des lixiviats à travers un filtre à sables marins, nous a permis d'arriver aux résultats suivants :

* Réduire efficacement la pollution physico-chimique répondant ainsi aux normes marocaines de rejets indirects, allant jusqu'à 78 ,46% d'abattement de la DCO_T ; 96 ,13% pour la DBO₅ ;

90,23% pour les matières en suspension (MES) ; 98,54% pour le P_T ; 81,53% pour la conductivité électrique ; 44,82 % pour les NTK ; 97,80% d'abattement pour la coloration et une odeur très faible eu égard à l'environnement ;

* Réduire efficacement les concentrations en métaux lourds (Al, Cd, Cr, Cu, Fe, Mn, Ni, Pb et Zn) des lixiviats avec des teneurs fortement inférieures aux valeurs limites de rejets directs ;

* Un abattement des germes témoins de contamination fécale à savoir les coliformes fécaux et les streptocoques fécaux avec des taux d'abattement respectifs de l'ordre de 96% et de 92,80%.

Références bibliographiques

- Baxter-Poter W.R and Gilliland W. (1988) Bacterial pollution in runoff from agricultural lands. J. Environ.Qual. 17:27-34.
- Bogosian G., Sammons L.E., Morris P.J.L., O'Neil J.P., Heitkamp M.A and Weber D.B. (1996) Depth of the Escherichia coli K-12 strain W3110 in soil and water : Applied and Environmental Microbiology, 62,4114-4120.
- Bourg, A.C.M. (1983) Modélisation du comportement des métaux traces à l'interface solide - liquide dans les systèmes aquatiques, *Thèse de doctorat*, Université Bordeaux 1. France, 171 p.
- Corsin P., Mauguin G., Villain N. (2001). Le sable de filtration. N° 278. Revue l'eau, l'industrie, les nuisances.
- Déronzier G., Schétrite S., Racault Y., Canler J.P., Liénard A., Héduit A and Duchène P. (2001) Traitement de l'azote dans les stations d'épuration biologique des petites collectivités. Document technique FNDAE n° 25. P 19.
- Filip Z., Kaddu-Mulindwa D and Milde G. (1988) Survival of some pathogenic and facultative pathogenic bacteria in groundwater. Water Science and Technology. 20(3), 227-231.
- Geldreich E.E. (1976) Fecal coliform and fecal streptococcus density relationships in waste discharges and receiving waters. Crit. Rev. Environ. Control 6, 349- 369.
- Howell J.M., Coyne M.S., and Cornelius P.L. (1995) Faecal bacteria in agricultural waters of the bluegrass region of Kentucky. J. Environ. Qual. 24: 411-419.
- Jawson M.D., Elliott L.F., Saxton K. E., and Fortier D.H. (1982) The effect of cattle grazing on indicator bacteria in runoff from a Pacific northwest watershed. J. Environ. Qual., Vol. 11, n° 4, 1982, p.621-627.
- Jetten M.S.M., Logemann S., Muyzer G., Robertson L.A., de Vries S., van Loosdrecht M.C.M. and Kuenen J.G. (1997) Novel principles in the microbial conversion of nitrogen compounds. Antonie van Leeuwenhoek, 71: 75-93.
- Longe E.O. (1989) Epuration des eaux usées par infiltration, mécanismes de décontamination et protection des eaux souterraines. Th. Doct. Académie de Montpellier.Univ.Sci.et Tech. du Languedoc,353 p.
- Mouhir L., Choukrallah R., Serghini A., Fekhaoui M and Fadli D. (2001) Performances épuratoires d'un système de traitement par infiltration percolation et dénitrification en milieu semi-aride au Maroc.
- Powellsson D.K., Simpson J.R and Gerba Ch.P. (1990) Virus transport and survival in saturated and unsaturated flow through soil columns.J.Environ.Qual.,19,396-401.
- World Health Organization (WHO). (1989) Health guidelines for the use of wastewater in agriculture and aquaculture. Technical report series 778. World Health organization, Geneva 1989.

Loi n° 03-10 du 19 Joumada El Oula 1424 correspondant au 19 juillet 2003 relative à la protection de l'environnement dans le cadre du développement durable.

Le Président de la République,

Vu la Constitution, notamment ses articles 119, 120, 122-19° et 126 ;

Vu l'ordonnance n° 66-154 du 8 juin 1966, modifiée et complétée, portant code de procédure civile ;

Vu l'ordonnance n° 66-155 du 8 juin 1966, modifiée et complétée, portant code de procédure pénale ;

Vu l'ordonnance n° 66-156 du 8 juin 1966, modifiée et complétée, portant code pénal ;

Vu l'ordonnance n° 73-38 du 25 juillet 1973 portant ratification de la convention concernant la protection du patrimoine mondial, culturel et naturel faite à Paris le 23 novembre 1972 ;

Vu l'ordonnance n° 74-55 du 13 mai 1974 portant ratification de la convention internationale relative à la création d'un fonds international d'indemnisation pour les dommages dus à la pollution par les hydrocarbures, faite à Bruxelles le 18 décembre 1971 ;

Vu l'ordonnance n° 75-58 du 26 septembre 1975, modifiée et complétée, portant code civil ;

Vu l'ordonnance n° 76-04 du 20 février 1976 relative aux règles applicables en matière de sécurité contre les risques de l'incendie et de panique et à la création de commissions de prévention et de protection civile ;

Vu l'ordonnance n° 76-80 du 23 octobre 1976, modifiée et complétée, portant code maritime ;

Vu la loi n° 79-07 du 21 juillet 1979, modifiée et complétée, portant code des douanes ;

Vu la loi n° 82-10 du 21 août 1982 relative à la chasse ;

Vu la loi n° 83-03 du 5 février 1983 relative à la protection de l'environnement ;

Vu la loi n° 83-17 du 16 juillet 1983, modifiée et complétée, portant code des eaux ;

Vu la loi n° 84-12 du 23 juin 1984, modifiée et complétée, portant régime général des forêts ;

Vu la loi n° 84-17 du 7 juillet 1984, modifiée et complétée, relative aux lois de finances ;

Vu la loi n° 85-05 du 16 février 1985, modifiée et complétée, relative à la protection et à la promotion de la santé ;

Vu la loi n° 87-17 du 1er août 1987 relative à la protection phytosanitaire ;

Vu la loi n° 88-08 du 26 janvier 1988 relative à la médecine vétérinaire et à la protection de la santé animale ;

Vu la loi n° 89-23 du 19 décembre 1989, modifiée et complétée, relative à la normalisation ;

Vu la loi n° 90-08 du 7 avril 1990 relative à la commune ;

Vu la loi n° 90-09 du 7 avril 1990 relative à la wilaya ;

Vu la loi n° 90-25 du 18 novembre 1990, modifiée et complétée, portant orientation foncière ;

Vu la loi n° 90-29 du 1er décembre 1990, modifiée et complétée, relative à l'aménagement et l'urbanisme ;

Vu la loi n° 90-30 du 1er décembre 1990 portant loi domaniale ;

Vu la loi n° 90-31 du 4 décembre 1990 relative aux associations ;

Vu la loi n° 97-02 du 2 Ramadhan 1418 correspondant au 31 décembre 1997 portant loi de finances pour 1998 ;

Vu la loi n° 98-04 du 20 Safar 1419 correspondant au 15 juin 1998 relative à la protection du patrimoine culturel ;

Vu la loi n° 99-09 du 15 Rabie Ethani 1420 correspondant au 28 juillet 1999 relative à la maîtrise de l'énergie ;

Vu la loi n° 01-10 du 11 Rabie Ethani 1422 correspondant au 3 juillet 2001 portant loi minière ;

Vu la loi n° 01-11 du 11 Rabie Ethani 1422 correspondant au 3 juillet 2001 relative à la pêche et à l'aquaculture ;

Vu la loi n° 01-14 du 29 Joumada El Oula 1422 correspondant au 19 août 2001 relative à l'organisation, la sécurité et la police de la circulation routière ;

Vu la loi n° 01-19 du 27 Ramadhan 1422 correspondant au 12 décembre 2001 relative à la gestion, au contrôle et à l'élimination des déchets ;

Vu la loi n° 01-20 du 27 Ramadhan 1422 correspondant au 12 décembre 2001 relative à l'aménagement et au développement durable du territoire ;

Vu la loi n° 02-01 du 22 Dhou El Kâada 1422 correspondant au 5 février 2002 relative à l'électricité et à la distribution du gaz par canalisation ;

Vu la loi n° 02-02 du 22 Dhou El Kâada 1422 correspondant au 5 février 2002 relative à la protection et à la valorisation du littoral ;

Vu la loi n° 03-03 du 16 Dhou El Hidja 1423 correspondant au 17 février 2003 relative aux zones d'expansion et aux sites touristiques ;

Vu le décret n° 63-344 du 11 septembre 1963 portant adhésion à la convention internationale pour la prévention de la pollution des eaux de la mer par les hydrocarbures ;

Vu le décret n° 80-14 du 26 janvier 1980 portant adhésion de l'Algérie à la convention pour la protection de la mer méditerranée contre la pollution, faite à Barcelone le 16 février 1976 ;

Vu le décret 81-02 du 17 janvier 1981 portant ratification du protocole relatif à la prévention de la pollution de la mer Méditerranée par les opérations d'immersion effectuées par les navires et aéronefs, fait à Barcelone le 16 février 1976 ;

Vu le décret n° 81-03 du 17 janvier 1981 portant ratification du protocole relatif à la coopération, en matière de lutte contre la pollution de la mer Méditerranée par les hydrocarbures et autres substances nuisibles en cas de situation critique, fait à Barcelone le 16 février 1976 ;

Vu le décret n° 82-437 du 11 décembre 1982 portant ratification du protocole de coopération entre les pays d'Afrique du nord en matière de lutte contre la désertification, signé au Caire le 5 février 1977 ;

Vu le décret n° 82-439 du 11 décembre 1982 portant adhésion de l'Algérie à la convention relative aux zones humides, d'importance internationale, particulièrement comme habitat de la sauvagine, signée à Ramzar (Iran) le 2 février 1971 ;

Vu le décret n° 82-440 du 11 décembre 1982 portant ratification de la convention africaine sur la conservation de la nature et des ressources naturelles, signée à Alger le 15 septembre 1968 ;

Vu le décret n° 82-441 du 11 décembre 1982 portant adhésion de la République algérienne démocratique et populaire au protocole relatif à la protection de la mer Méditerranée contre la pollution d'origine tellurique fait à Athènes le 17 mai 1980 ;

Vu le décret n° 82-498 du 25 décembre 1982 portant adhésion de l'Algérie à la convention sur le commerce international des espèces de faune et de flore sauvages menacées d'extinction, signée à Washington le 3 mars 1973 ;

Vu le décret présidentiel n° 92-354 du 23 septembre 1992 portant adhésion de l'Algérie à la convention de Vienne pour la protection de la couche d'ozone, signée à Vienne le 22 mars 1985 ;

Vu le décret présidentiel n° 92-355 du 23 septembre 1992 portant adhésion au protocole de Montréal relatif aux substances qui appauvrissent la couche d'ozone, signé à Montréal le 16 septembre 1987 ainsi qu'à ses amendements (Londres 27-29 juin 1990) ;

Vu le décret présidentiel n° 93-99 du 18 Chaoual 1413 correspondant au 10 avril 1993 portant ratification de la convention sur les changements climatiques adoptée par l'assemblée générale des Nations Unies le 9 Mai 1992 ;

Vu le décret présidentiel n° 95-163 du 7 Moharram 1416 correspondant au 6 juin 1995 portant ratification de la convention sur la diversité biologique signée à Rio de Janeiro le 5 juin 1992 ;

Vu le décret présidentiel n° 98-123 du 21 Dhou El Hidja 1418 correspondant au 18 avril 1998 portant ratification du protocole de 1992, modifiant la convention internationale de 1969 sur la responsabilité civile pour les dommages dus à la pollution par les hydrocarbures ;

Vu le décret présidentiel n° 98-158 du 19 Moharram 1419 correspondant au 16 mai 1998 portant adhésion avec réserve de la République algérienne démocratique et populaire, à la convention de Bâle sur le contrôle des mouvements transfrontières des déchets dangereux et de leur élimination ;

Après adoption par le Parlement ;

Promulgue la loi dont la teneur suit :

DISPOSITION PRELIMINAIRE

Article 1er. — La présente loi a pour objet de définir les règles de protection de l'environnement dans le cadre du développement durable.

TITRE I

DISPOSITIONS GENERALES

Art. 2. — La protection de l'environnement dans le cadre du développement durable a pour objectif notamment :

— de fixer les principes fondamentaux et les règles de gestion de l'environnement ;

— de promouvoir un développement national durable en améliorant les conditions de vie et en œuvrant à garantir un cadre de vie sain ;

— de prévenir toute forme de pollution ou de nuisance causée à l'environnement en garantissant la sauvegarde de ses composantes ;

— de restaurer les milieux endommagés ;

— de promouvoir l'utilisation écologiquement rationnelle des ressources naturelles disponibles, ainsi que l'usage de technologies plus propres ;

— de renforcer l'information, la sensibilisation et la participation du public et des différents intervenants aux mesures de protection de l'environnement.

Art. 3. — La présente loi se fonde sur les principes généraux suivants :

— **le principe de préservation de la diversité biologique**, selon lequel toute action évite d'avoir un effet préjudiciable notable sur la diversité biologique ;

— **le principe de non-dégradation des ressources naturelles**, selon lequel il est évité de porter atteinte aux ressources naturelles telles que l'eau, l'air, les sols et sous-sols qui, en tout état de cause, font partie intégrante du processus de développement et ne doivent pas être prises en considération isolément pour la réalisation d'un développement durable ;

— **le principe de substitution**, selon lequel si, à une action susceptible d'avoir un impact préjudiciable à l'environnement, peut être substituée une autre action qui présente un risque ou un danger environnemental bien moindre, cette dernière action est choisie même, si elle entraîne des coûts plus élevés, dès lors que ces coûts sont proportionnés aux valeurs environnementales à protéger ;

- **le principe d'intégration**, selon lequel les prescriptions en matière de protection de l'environnement et de développement durable, doivent être intégrées dans l'élaboration et la mise en œuvre des plans et programmes sectoriels ;

- **le principe d'action préventive et de correction, par priorité à la source, des atteintes à l'environnement**, en utilisant les meilleures techniques disponibles, à un coût économiquement acceptable et qui impose à toute personne dont les activités sont susceptibles d'avoir un préjudice important sur l'environnement, avant d'agir, de prendre en considération les intérêts d'autrui ;

- **le principe de précaution**, selon lequel l'absence de certitudes, compte tenu des connaissances scientifiques et techniques du moment, ne doit pas retarder l'adoption de mesures effectives et proportionnées visant à prévenir un risque de dommages graves à l'environnement à un coût économiquement acceptable ;

- **le principe du pollueur payeur**, selon lequel toute personne dont les activités causent ou sont susceptibles de causer des dommages à l'environnement assume les frais de toutes les mesures de prévention de la pollution, de réduction de la pollution ou de remise en état des lieux et de leur environnement ;

- **le principe d'information et de participation**, selon lequel toute personne a le droit d'être informée de l'état de l'environnement et de participer aux procédures préalables à la prise de décisions susceptibles d'avoir des effets préjudiciables à l'environnement.

Art. 4. — Au sens de la présente loi on entend par :

Aire protégée : Une zone spécialement consacrée à la préservation de la diversité biologique et des ressources naturelles qui y sont associées.

Espace naturel : Tout territoire ou portion de territoire particularisé en raison de ses caractéristiques environnementales. Les espaces naturels incluent notamment les monuments naturels, les paysages et les sites.

Biotope : Une aire géographique où l'ensemble des facteurs physiques et chimiques de l'environnement restent sensiblement constants.

Développement durable : Un concept qui vise la conciliation entre le développement socio-économique permanent et la protection de l'environnement, c'est à dire l'intégration de la dimension environnementale dans un développement qui vise à satisfaire les besoins des générations présentes et futures.

Diversité biologique : La variabilité des organismes vivants de toute origine y compris, entre autres, les écosystèmes terrestres, marins et autres écosystèmes aquatiques et les complexes écologiques dont ils font partie; cela comprend la diversité au sein des espèces et entre espèces ainsi que celle des écosystèmes.

Ecosystème : Le complexe dynamique formé de communautés de plantes, d'animaux, de micro-organismes et de leur environnement non vivant, qui par leurs interactions forment une unité fonctionnelle.

Environnement : Les ressources naturelles abiotiques et biotiques telles que l'air, l'atmosphère, l'eau, le sol et le sous-sol, la faune et la flore y compris le patrimoine génétique, les interactions entre lesdites ressources ainsi que les sites, les paysages et les monuments naturels.

Pollution : Toute modification directe ou indirecte de l'environnement provoquée par tout acte qui provoque ou qui risque de provoquer une situation préjudiciable pour la santé, la sécurité, le bien-être de l'homme, la flore, la faune, l'air, l'atmosphère, les eaux, les sols et les biens collectifs et individuels.

Pollution des eaux : L'introduction dans le milieu aquatique de toute substance susceptible de modifier les caractéristiques physiques, chimiques et/ou biologiques de l'eau et de créer des risques pour la santé de l'homme, de nuire à la faune et à la flore terrestres et aquatiques, de porter atteinte à l'agrément des sites ou de gêner toute autre utilisation normale des eaux.

Pollution de l'atmosphère : L'introduction de toute substance dans l'air ou l'atmosphère provoquée par l'émanation de gaz, de vapeurs, de fumées ou de particules liquides ou solides susceptible de porter préjudice ou de créer des risques au cadre de vie.

Site : Une portion de territoire particularisée par sa situation géographique et/ ou son histoire.

TITRE II

DES INSTRUMENTS DE GESTION DE L'ENVIRONNEMENT

Art. 5. — Les instruments de gestion de l'environnement sont constitués par :

- une organisation de l'information environnementale ;
- une définition des normes environnementales ;
- une planification des actions environnementales menées par l'Etat ;
- un système d'évaluation des incidences environnementales des projets de développement ;
- une définition des régimes juridiques particuliers et des organes de contrôle ;
- l'intervention des individus et des associations au titre de la protection de l'environnement.

Chapitre 1

De l'information environnementale

Art. 6. — Il est institué un système global d'information environnementale.

Ce système comporte :

- les réseaux de collecte d'information environnementale relevant d'organismes ou de personnes de droit public ou privé ;
- les modalités d'organisation de ces réseaux ainsi que les conditions de collecte des informations environnementales ;

- les procédures et modalités de traitement et de validation des données environnementales ;
- les bases de données sur les informations environnementales générales, scientifiques, techniques, statistiques, financières et économiques comprenant les informations environnementales validées ;
- tout élément d'information sur les différents aspects de l'environnement au plan national et international ;
- les procédures de prise en charge des demandes d'informations au titre des dispositions de l'article 7 ci-dessous.

Les modalités d'application du présent article sont précisées par voie réglementaire.

Section 1

Droit général à l'information environnementale

Art. 7. — Toute personne physique ou morale qui en fait la demande, reçoit des institutions concernées les informations relatives à l'état de l'environnement.

Ces informations peuvent avoir trait à toute donnée disponible sous toute forme portant sur l'état de l'environnement ainsi que sur les règlements, mesures et procédures destinés à assurer et à organiser la protection de l'environnement .

Les modalités de communication de ces informations sont précisées par voie réglementaire.

Section 2

Droit spécifique à l'information environnementale

Art. 8. — Toute personne physique ou morale, en possession d'informations relatives à des éléments environnementaux susceptibles d'affecter directement ou indirectement la santé publique, est tenue de communiquer ces informations aux autorités locales et/ou aux autorités chargées de l'environnement.

Art. 9. — Sans préjudice des dispositions législatives en la matière, les citoyens ont un droit à l'information sur les risques auxquels ils sont soumis dans certaines zones du territoire et sur les mesures de protection qui les concernent.

Ce droit s'applique aux risques technologiques et aux risques naturels prévisibles.

Les conditions de ce droit ainsi que les modalités selon lesquelles les mesures de protection sont portées à la connaissance du public, sont précisées par voie réglementaire.

Chapitre 2

De la définition des normes environnementales

Art. 10. — L'Etat assure une surveillance des différentes composantes de l'environnement.

L'Etat doit définir les valeurs limites, les seuils d'alerte, et les objectifs de qualité, notamment pour l'air, l'eau, le sol et le sous-sol, ainsi que les dispositifs de surveillance de ces milieux récepteurs et les mesures qui devront être observées en cas de situation particulière.

Les modalités d'application de cet article sont précisées par voie réglementaire.

Art. 11. — L'Etat veille à la protection de la nature, la préservation des espèces animales et végétales et de leurs habitats, le maintien des équilibres biologiques et des écosystèmes, la conservation des ressources naturelles contre toutes les causes de dégradation qui les menacent d'extinction. Il peut à ce titre, prendre toute mesure réglementaire pour en organiser et assurer la protection.

Art. 12. — Outre les dispositions des articles 10 et 11 ci-dessus, l'environnement est soumis à une autosurveillance et un autocontrôle.

Les mécanismes et les procédures d'autosurveillance et d'autocontrôle ainsi que les activités, les zones, les milieux récepteurs, leur contenu et les modalités de leur mise en oeuvre sont précisés par voie réglementaire.

Chapitre 3

De la planification des actions environnementales

Art. 13. — Le ministère chargé de l'environnement élabore un plan national d'action environnementale et de développement durable (P.N.A.E.D.D).

Ce plan définit l'ensemble des actions que l'Etat se propose de mener dans le domaine de l'environnement.

Art. 14. — Le plan national d'action environnementale et de développement durable est établi pour une durée de cinq (5) ans.

Il est initié, élaboré et adopté selon des modalités fixées par voie réglementaire.

Chapitre 4

Du système d'évaluation des incidences environnementales des projets de développement : Etudes d'impact

Art. 15. — Les projets de développement, infrastructures, installations fixes, usines et autres ouvrages d'art et tous travaux et programmes de construction et d'aménagement, qui par leurs incidences directes ou indirectes, immédiates ou lointaines sur l'environnement et notamment sur les espèces, les ressources, les milieux et espaces naturels, les équilibres écologiques ainsi que sur le cadre et la qualité de la vie, sont soumis au préalable, selon le cas, à une étude d'impact ou à une notice d'impact sur l'environnement.

Les modalités d'application de cet article sont précisées par voie réglementaire.

Art. 16. — Le contenu de l'étude d'impact est déterminé par voie réglementaire et comprend au minimum :

- un exposé de l'activité envisagée ;
- une description de l'état initial du site et de son environnement qui risquent d'être affectés par l'activité envisagée ;
- une description de l'impact potentiel sur l'environnement et sur la santé humaine de l'activité envisagée et des solutions de remplacement proposées ;
- un exposé des effets sur le patrimoine culturel de l'activité envisagée et de ces incidences sur les conditions socio-économiques ;
- un exposé des mesures d'atténuation permettant de réduire, supprimer et si possible, compenser les effets nocifs sur l'environnement et la santé.

Sont également déterminés par voie réglementaire :

- les conditions dans lesquelles l'étude d'impact est rendue publique ;
- le contenu de la notice d'impact ;
- la liste des ouvrages qui, en raison de l'importance de leur impact sur l'environnement sont soumis à la procédure de l'étude d'impact ;
- la liste des ouvrages qui en raison de leur faible impact sur l'environnement sont soumis à la procédure de la notice d'impact.

Chapitre 5

Des régimes juridiques particuliers

Art. 17. — Il est institué au titre de la présente loi des régimes juridiques particuliers pour les établissements classés et les aires protégées.

Section 1

Des établissements classés

Art. 18. — Sont soumis aux dispositions de la présente loi, les usines, ateliers, chantiers, carrières et mines et, d'une manière générale, les installations exploitées ou détenues par toute personne physique ou morale, publique ou privée, qui peuvent présenter des dangers pour la santé, l'hygiène, la sécurité, l'agriculture, les écosystèmes, les ressources naturelles, les sites, les monuments et les zones touristiques ou qui peuvent porter atteinte à la commodité du voisinage.

Art. 19. — Les installations classées sont soumises, selon leur importance et les dangers ou inconvénients que leur exploitation génère, à autorisation du ministre chargé de l'environnement et du ministre concerné lorsque cette autorisation est prévue par la législation en vigueur, du wali ou du président de l'assemblée populaire communale.

Les installations dont l'implantation ne nécessite ni étude d'impact ni notice d'impact, sont soumises à déclaration auprès du président de l'assemblée populaire communale concernée.

Les modalités d'application du présent article sont fixées par voie réglementaire.

Art. 20. — Pour les installations relevant de la défense nationale, les dispositions de l'article 19 ci-dessus sont mises en œuvre par le ministre chargé de la défense nationale.

Art. 21. — La délivrance de l'autorisation prévue à l'article 19 ci-dessus est précédée d'une étude d'impact ou d'une notice d'impact, d'une enquête publique et d'une étude relatives aux dangers et incidences éventuels du projet pour les intérêts mentionnés à l'article 18 ci-dessus, ainsi que, le cas échéant, de l'avis des ministères et collectivités locales concernés.

Cette autorisation n'est accordée qu'après réalisation des mesures prévues à l'alinéa ci-dessus.

Art. 22. — L'étude d'impact ou la notice d'impact sur l'environnement sont réalisées, à la charge du promoteur du projet, par des bureaux d'études, des bureaux d'expertise ou des bureaux de consultations agréés par le ministre chargé de l'environnement.

Art. 23. — Sont déterminées par voie réglementaire au titre des installations classées :

- la nomenclature de ces installations ;
- les modalités de délivrance, de suspension et de retrait de l'autorisation prévue à l'article 19 ci-dessus ;
- les prescriptions générales applicables à ces installations ;
- les prescriptions techniques spécifiques applicables à certaines catégories de ces installations ;
- les conditions et modalités dans lesquelles s'effectue le contrôle de ces installations et l'ensemble des mesures suspensives ou conservatoires qui permettent l'accomplissement de ce contrôle.

Art. 24. — Les dispositions de l'article 23 ci-dessus s'appliquent aux installations nouvelles.

Les conditions d'application des dispositions de l'article 23 ci-dessus aux installations existantes sont fixées par voie réglementaire.

Art. 25. — Lorsque l'exploitation d'une installation non comprise dans la nomenclature des installations classées, présente des dangers ou des inconvénients graves pour les intérêts mentionnés à l'article 18 ci-dessus, le wali, sur la base d'un rapport établi par les services de l'environnement, met l'exploitant en demeure de prendre les mesures nécessaires pour faire disparaître les dangers ou les inconvénients constatés.

Faute par l'exploitant de se conformer à cette injonction dans le délai imparti, le fonctionnement de l'installation est suspendu jusqu'à exécution des conditions imposées, avec prise des dispositions provisoires nécessaires y compris celles d'assurer à son personnel le paiement des dus quelle que soit leur nature.

Art. 26. — Lorsqu'une installation soumise à autorisation a été ou est exploitée sur un terrain, le vendeur de ce terrain est tenu d'en informer par écrit l'acheteur des dangers ou incidences importants qui résultent de l'exploitation, qu'il s'agisse du terrain ou de l'installation.

Art. 27. — Les dépenses correspondant à l'exécution des analyses et des expertises nécessaires pour l'application des dispositions du présent chapitre sont à la charge de l'exploitant.

Les modalités d'application du présent article sont fixées par voie réglementaire.

Art. 28. — Chaque exploitant d'une installation classée soumise à autorisation désigne un délégué pour l'environnement.

Les modalités d'application de cet article sont fixées par voie réglementaire.

Section 2

Des aires protégées

Art. 29. — Sont considérées au titre de la présente loi aires protégées, les zones soumises à des régimes particuliers de protection des sites, des sols, de la flore, de la faune, des écosystèmes ou de façon générale, de l'environnement.

Art. 30. — Les régimes particuliers prévus à l'article 29 ci-dessus sont constitués de règles restrictives en matière d'établissements humains, d'activités économiques de toute nature et de toute mesure destinée à garantir la conservation des composants de l'environnement que le classement au titre de ces régimes particuliers vise à protéger.

Art. 31. — Les aires protégées comprennent :

- les réserves naturelles intégrales ;
- les parcs nationaux ;
- les monuments naturels ;
- les aires de gestion des habitats ou des espèces ;
- les paysages terrestres ou marins protégés ;
- les aires protégées de ressources naturelles gérées.

Art. 32. — Sur rapport du ministre chargé de l'environnement, sont précisées, pour chaque catégorie d'aire protégée, les mesures de protection qui leur sont propres, les règles de surveillance et de contrôle des prescriptions qui les concernent, ainsi que les modalités et conditions de leur classement ou de leur déclassement dans chacune des catégories concernées.

Les modalités d'application de cet article sont fixées par voie réglementaire.

Art. 33. — L'acte de classement visé ci-dessus, peut soumettre à un régime particulier et, le cas échéant, interdire à l'intérieur de l'aire protégée, toute action susceptible de nuire à la biodiversité et, plus généralement, d'altérer le caractère de l'aire protégée,

notamment la chasse et la pêche, les activités agricoles, forestières et pastorales, industrielles, minières, publicitaires et commerciales, l'exécution de travaux, l'extraction de matériaux concessibles ou non, l'utilisation des eaux, la circulation du public quel que soit le moyen employé, la divagation des animaux domestiques et le survol de l'aire protégée.

Des sujétions particulières à des zones dites "réserves intégrales" peuvent être déterminées afin d'assurer, dans un but scientifique sur une ou plusieurs parties d'une aire protégée, une protection plus grande de certains éléments de la diversité biologique.

Les modalités d'application de cet article sont fixées par voie réglementaire.

Art. 34. — Les effets de classement suivent le territoire classé, en quelque main qu'il passe.

Quiconque aliène, loue ou concède un territoire classé au titre de la présente loi, est tenu de faire connaître à l'acquéreur, au locataire ou au concessionnaire l'existence du classement, sous peine de nullité.

Toute aliénation, location ou concession doit, dans un délai ne dépassant pas quinze (15) jours, être notifiée à l'administration chargée de l'aire protégée concernée, par celui qui l'a consentie.

Chapitre 6

De l'intervention des individus et des associations en matière de protection de l'environnement

Art. 35. — Les associations légalement constituées et exerçant leurs activités dans le domaine de la protection de l'environnement et de l'amélioration du cadre de vie, sont appelées à contribuer, à être consultées et à participer à l'action des organismes publics concernant l'environnement conformément à la législation en vigueur.

Art. 36. — Sans préjudice des dispositions légales en vigueur, les associations visées à l'article 35 ci-dessus sont habilitées à agir devant les juridictions compétentes pour toute atteinte à l'environnement même pour des cas ne concernant pas leurs membres régulièrement affiliés.

Art. 37. — Les associations légalement agréées peuvent exercer les droits reconnus à la partie civile en ce qui concerne les faits portant un préjudice direct ou indirect aux intérêts collectifs qu'elles ont pour objet de défendre et constituant une infraction aux dispositions législatives relatives à la protection de l'environnement, à l'amélioration du cadre de vie, à la protection de l'eau, de l'air et de l'atmosphère, des sols et sous-sols, des espaces naturels, à l'urbanisme ou ayant pour objet la lutte contre les pollutions.

Art. 38. — Lorsque des personnes physiques ont subi des préjudices individuels qui ont été causés par le fait d'une même personne et qui ont une origine commune, dans les domaines mentionnés à l'article 37 ci-dessus, toute association agréée au titre de l'article 35 ci-dessus peut, si elle a été mandatée par au moins deux (2) des personnes physiques concernées, agir en réparation devant toute juridiction au nom de celles-ci.

Le mandat doit être donné par écrit par chaque personne concernée.

L'association qui exerce une action en justice en application des alinéas précédents peut exercer devant toute juridiction pénale les droits reconnus à la partie civile

TITRE III

DES PRESCRIPTIONS DE PROTECTION ENVIRONNEMENTALE

Art. 39. — La présente loi institue les prescriptions de protection :

- de la diversité biologique ;
- de l'air et de l'atmosphère ;
- de l'eau et des milieux aquatiques ;
- de la terre et du sous-sol ;
- des milieux désertiques ;
- du cadre de vie.

Chapitre 1

Des prescriptions de protection relatives à la diversité biologique

Art. 40. — Nonobstant les dispositions des lois relatives à la chasse et à la pêche et lorsqu'un intérêt scientifique particulier ou que les nécessités ayant trait au patrimoine biologique national justifient la conservation d'espèces animales non domestiques ou végétales non cultivées, sont interdits :

- la destruction ou l'enlèvement des oeufs ou des nids, la mutilation, la destruction, la capture ou l'enlèvement, la naturalisation d'animaux de ces espèces ou, qu'ils soient vivants ou morts, leur transport, leur colportage, leur utilisation, leur mise en vente, leur vente ou leur achat ;

- la destruction, la coupe, la mutilation, l'arrachage, la cueillette ou l'enlèvement de végétaux de ces espèces ou de leurs fructifications, ou de toute autre forme prise par ces espèces au cours de leur cycle biologique, leur transport, leur colportage, leur utilisation, leur mise en vente, leur vente ou leur achat, ainsi que la détention des spécimens prélevés dans le milieu naturel ;

- la destruction, l'altération ou la dégradation du milieu particulier à ces espèces animales ou végétales.

Art. 41. — La liste des espèces animales non domestiques et des espèces végétales non cultivées protégées est fixée, en tenant compte des conditions de reconstitution des populations naturelles en cause ou de leurs habitats et des exigences de protection de certaines espèces animales pendant les périodes et les circonstances où elles sont particulièrement vulnérables .

Il est précisé également pour chaque espèce :

- la nature des interdictions mentionnées à l'article 40 ci-dessus qui lui sont applicables ;

- la durée de ces interdictions, les parties du territoire et les périodes de l'année auxquelles elles s'appliquent.

Les modalités d'application de cet article sont fixées par voie réglementaire.

Art. 42. — Sans préjudice des dispositions de la présente loi et des textes législatifs en vigueur, toute personne a le droit de détenir un animal, sous réserve des droits des tiers, des exigences du cadre de vie, de santé, de sécurité et d'hygiène, et dans des conditions qui excluent toute atteinte à la vie ou à la santé de celui-ci.

Art. 43. — Sans préjudice des dispositions législatives en vigueur relatives aux installations classées pour la protection de l'environnement, l'ouverture des établissements d'élevage d'animaux d'espèces non domestiques, de vente, de location, de transit ainsi que l'ouverture des établissements destinés à la présentation au public de spécimens vivants de la faune locale ou étrangère, doivent faire l'objet d'une autorisation.

Les modalités et les conditions de délivrance de cette autorisation ainsi que les règles applicables aux établissements existants sont fixées par voie réglementaire.

Chapitre 2

Des prescriptions de protection de l'air et de l'atmosphère

Art. 44. — Constitue une pollution atmosphérique au sens de la présente loi, l'introduction, directement ou indirectement, dans l'atmosphère et les espaces clos, de substances de nature à :

- mettre en danger la santé humaine ;
- influencer sur les changements climatiques ou appauvrir la couche d'ozone ;
- nuire aux ressources biologiques et aux écosystèmes ;
- compromettre la sécurité publique ;
- incommoder la population ;
- provoquer des nuisances olfactives ;
- nuire à la production agricole et aux produits agro-alimentaires ;
- altérer les constructions et porter atteinte au caractère des sites ;
- détériorer les biens matériels.

Art. 45. — Les immeubles, les établissements industriels, commerciaux, artisanaux ou agricoles ainsi que les véhicules ou autres objets mobiliers sont construits, exploités ou utilisés selon les exigences de protéger l'environnement, d'éviter et de réduire les pollutions atmosphériques.

Art. 46. — Lorsque les émissions polluantes de l'atmosphère constituent une menace pour les personnes, l'environnement ou les biens, leurs auteurs doivent mettre en œuvre toutes dispositions nécessaires pour les supprimer ou les réduire.

Les unités industrielles doivent prendre toutes les dispositions nécessaires visant à réduire ou éliminer l'utilisation des substances provoquant l'appauvrissement de la couche d'ozone.

Art. 47. — Conformément aux articles 45 et 46 ci-dessus, sont déterminées par voie réglementaire les prescriptions concernant notamment :

1°) les cas et conditions dans lesquels doit être interdite ou réglementée l'émission dans l'atmosphère de gaz, fumées, vapeurs, particules liquides ou solides, ainsi que les conditions dans lesquelles s'exerce le contrôle ;

2°) les délais dans lesquels il doit être satisfait à ces dispositions pour les immeubles, les véhicules et autres objets mobiliers existant à la date de promulgation des textes réglementaires y afférents ;

3°) les conditions dans lesquelles sont réglementés et contrôlés, en application de l'article 45 ci-dessus, la construction des immeubles, l'ouverture des établissements non compris dans la nomenclature des installations classées, prévues à l'article 23 ci-dessus, l'équipement des véhicules, la fabrication des objets mobiliers et l'utilisation des combustibles et carburants ;

4°) les cas et conditions dans lesquels les autorités compétentes doivent, avant l'intervention de toute décision judiciaire, prendre, en raison de l'urgence, toutes mesures exécutoires destinées d'office à faire cesser le trouble.

Chapitre 3

Des prescriptions de protection de l'eau et des milieux aquatiques

Section 1

Protection de l'eau douce

Art. 48. — Sans préjudice des dispositions législatives en vigueur, la protection des milieux hydriques et aquatiques a pour objet de satisfaire et de concilier les exigences :

- de l'alimentation en eau, de ses usages et de ses effets sur la santé publique et l'environnement conformément à la législation en vigueur ;
- de l'équilibre des écosystèmes aquatiques et des milieux récepteurs et spécialement de la faune aquatique ;
- des loisirs, des sports nautiques et de la protection des sites ;
- de la conservation et de l'écoulement des eaux.

Art. 49. — Les eaux superficielles ou souterraines, les cours d'eau, lacs et étangs, les eaux littorales ainsi que l'ensemble des milieux aquatiques font l'objet d'un inventaire établissant leur degré de pollution.

Des documents particuliers sont établis pour chacune de ces eaux d'après des critères physiques, chimiques, biologiques et bactériologiques pour déterminer l'état de chacune d'elles.

La réglementation définit :

- la procédure d'établissement des documents et de l'inventaire cités à l'alinéa ci-dessus, ainsi que les modalités et délais de contrôle ;
- les spécifications techniques et les critères physiques, chimiques, biologiques et bactériologiques auxquels les cours d'eaux, sections de cours d'eau, lacs et étangs et les eaux littorales et souterraines doivent répondre ;
- les objectifs de qualité qui leur sont fixés ;
- les mesures de protection ou de régénération qui doivent être engagées pour lutter contre les pollutions constatées.

Art. 50. — Les installations de déversement doivent, dès leur mise en service, fournir des effluents conformes aux conditions qui sont fixées par voie réglementaire.

En outre, la réglementation détermine notamment :

1) les conditions dans lesquelles doivent être réglementés ou interdits les déversements, écoulements, rejets, dépôts directs ou indirects d'eau, et de matières, et plus généralement, tout fait susceptible d'altérer la qualité des eaux superficielles ou souterraines et des eaux du littoral ;

2) les conditions dans lesquelles sont effectués les contrôles des caractéristiques physiques, chimiques, biologiques et bactériologiques des eaux de déversement et les conditions dans lesquelles il est procédé aux prélèvements et aux analyses d'échantillons.

Art. 51. — Tout déversement ou rejet d'eaux usées ou de déchets de toute nature dans les eaux destinées à la réalimentation des nappes souterraines, dans les puits, forages, ou galeries de captage désaffectés est interdit.

Section 2

Protection de la mer

Art. 52. — Nonobstant les dispositions législatives en vigueur relatives à la protection de l'environnement marin, sont interdits le déversement, l'immersion et l'incinération dans les eaux maritimes sous juridiction algérienne, de substances et matières susceptibles :

- de porter atteinte à la santé publique et aux écosystèmes marins ;
- de nuire aux activités maritimes, y compris la navigation, l'aquaculture et la pêche ;
- d'altérer la qualité des eaux maritimes du point de vue de leur utilisation ;
- de dégrader les valeurs d'agrément de la mer et des zones côtières et de porter atteinte à leur potentiel touristique.

La liste des substances et matières visées dans cet article est précisée par voie réglementaire.

Art. 53. — Le ministre chargé de l'environnement peut, après enquête publique, proposer des règlements et autoriser le déversement, l'immersion ou l'incinération en mer, dans des conditions telles que ces opérations garantissent l'innocuité et l'absence de nuisance du déversement, de l'incinération ou de l'immersion.

Art. 54. — Les dispositions de l'article 53 ci-dessus ne s'appliquent pas en cas de force majeure, due aux intempéries ou toute autre cause, lorsque la vie humaine ou la sécurité d'un navire ou d'un aéronef est menacée.

Art. 55. — L'embarquement ou le chargement de tous matériaux, substances ou déchets destinés à être immergés en mer est subordonné à l'obtention d'une autorisation délivrée par le ministre chargé de l'environnement.

Les autorisations d'immersion délivrées valent autorisation d'embarquement ou de chargement au sens du présent article.

Les conditions de délivrance, d'utilisation, de suspension et de retrait de ces autorisations sont fixées par voie réglementaire.

Art. 56. — Dans le cas d'avaries ou d'accidents dans les eaux sous juridiction algérienne survenus à tout navire, aéronef, engin ou plate-forme transportant ou ayant à son bord des substances nocives, dangereuses ou des hydrocarbures et pouvant créer des dangers graves et imminents susceptibles de porter atteinte au littoral ou aux intérêts connexes, le propriétaire dudit navire, aéronef, engin ou plate-forme est mis en demeure de prendre toutes les mesures nécessaires pour mettre fin à ces dangers.

Dans le cas où cette mise en demeure reste sans effet ou n'a pas les effets attendus dans le délai imparti ou, en cas d'urgence, l'autorité compétente fait exécuter les mesures nécessaires aux frais du propriétaire.

Art. 57. — Le capitaine de tout navire transportant des marchandises dangereuses, toxiques ou polluantes naviguant à proximité ou à l'intérieur des eaux sous juridiction algérienne, est tenu de signaler tout événement en mer survenu à son bord et qui pourrait être de nature à constituer des menaces de pollution ou de contamination du milieu marin, des eaux et des côtes nationales.

Les modalités d'application du présent article sont précisées par voie réglementaire.

Art. 58. — Tout propriétaire d'un navire transportant une cargaison d'hydrocarbures en vrac est responsable des dommages par pollution résultant d'une fuite ou de rejets d'hydrocarbures de ce navire dans les conditions et limites déterminées par la convention internationale sur la responsabilité civile pour les dommages dus à la pollution par les hydrocarbures.

Chapitre 4

Des prescriptions de protection de la terre et du sous-sol

Art. 59. — La terre, le sol et le sous-sol et les richesses qu'ils contiennent en tant que ressources limitées, renouvelables ou non, sont protégés contre toute forme de dégradation ou de pollution.

Art. 60. — La terre doit être affectée à des usages conformes à sa vocation, l'utilisation des terres pour des usages non réversibles doit être limitée.

L'affectation et l'aménagement des sols à des fins agricoles, industrielles, urbanistiques ou autres se font conformément aux documents d'urbanisme et d'aménagement et dans le respect des prescriptions environnementales.

Art. 61. — L'exploitation des ressources du sous-sol doit obéir aux principes qui fondent la présente loi, et en particulier au principe de la rationalité.

Art. 62. — Sont fixées par voie réglementaire :

1) les conditions et mesures particulières de protection environnementale destinées à lutter contre la désertification, l'érosion, les pertes de terres arables, la salinisation et la pollution de la terre et de ses ressources par les produits chimiques ou tout autre matière pouvant altérer les sols à court ou à long terme ;

2) les conditions dans lesquelles peuvent être utilisés les engrais, et autres substances chimiques dans les travaux agricoles, notamment :

- la liste des substances autorisées,

- les quantités autorisées et les modalités d'utilisation afin que les substances ne portent pas atteinte à la qualité du sol ou des autres milieux récepteurs.

Chapitre 5

De la protection des milieux désertiques

Art. 63. — Les plans de lutte contre la désertification doivent intégrer les préoccupations environnementales.

Les modalités d'initiation, d'élaboration et d'adoption de ces plans ainsi que leur contenu et les modalités de leur mise en œuvre sont fixées par voie réglementaire.

Art. 64. — Les modalités et les mesures de préservation des écosystèmes et de la diversité biologique des milieux désertiques, et de compensation de la fragilité et de la vulnérabilité des composants de leur environnement ainsi que les zones concernées par cette protection, sont fixées par voie réglementaire.

Chapitre 6

De la protection du cadre de vie

Art. 65. — Sans préjudice des dispositions législatives en vigueur relatives à l'urbanisme, et sous réserve des considérations de protection de l'environnement, les bosquets, les jardins publics, les espaces de loisirs et tout espace d'intérêt collectif concourant à l'amélioration du cadre de vie, sont classés.

Les modalités de ce classement sont fixées par voie réglementaire.

Art. 66. — Toute publicité est interdite :

- 1) sur les immeubles classés parmi les monuments historiques,
- 2) sur les monuments naturels et les sites classés,
- 3) dans les aires protégées,
- 4) sur les édifices des administrations publiques,
- 5) sur les arbres.

La publicité sur les immeubles présentant un caractère esthétique ou historique, peut être interdite selon des modalités définies par voie réglementaire.

Art. 67. — Sous réserve des dispositions de l'article 66 ci-dessus, la publicité est admise dans les agglomérations; elle doit toutefois satisfaire, notamment en matière d'emplacement, de surface, de hauteur et d'entretien aux prescriptions fixées par la réglementation en vigueur.

Art. 68. — L'installation des préenseignes est soumise aux dispositions qui régissent la publicité.

Les prescriptions générales relatives à l'installation des enseignes et des préenseignes et à leur entretien sont fixées par voie réglementaire.

TITRE IV

PROTECTION CONTRE LES NUISANCES

Chapitre 1

Des prescriptions de protection contre les substances chimiques

Art. 69. — Les prescriptions de protection contre les substances chimiques ont pour objet de protéger l'homme et son environnement contre les risques qui peuvent résulter des substances, préparations et produits chimiques, tels qu'ils se présentent à l'état naturel ou qu'ils sont produits par l'industrie tant en l'état qu'incorporés dans les préparations.

Les dispositions du présent chapitre ne s'appliquent pas :

- 1) aux substances chimiques pour leur utilisation à des fins de recherche ou d'analyse ;

2) aux substances chimiques pour leur utilisation dans les médicaments, les produits cosmétiques et d'hygiène corporelle, les matériaux au contact de denrées alimentaires, les produits phytosanitaires à usage agricole, les matières fertilisantes et supports de culture, les matières utilisées à titre d'additifs dans les aliments, les explosifs et d'une manière générale, aux substances qui font l'objet d'une autre procédure de déclaration, d'homologation ou d'autorisation préalable à la mise sur le marché, visant à protéger l'homme et son environnement ;

3) aux substances radioactives.

Art. 70. — La mise sur le marché de substances chimiques est soumise à des conditions, critères et modalités déterminés.

Est fixée la liste des produits dangereux ainsi que toutes les mesures s'y rapportant y compris les interdictions totales ou partielles ainsi que toutes les limitations requises et les mesures de destruction, de naturalisation ou de réexportation.

Les modalités d'application de cet article sont fixées par voie réglementaire.

Art. 71. — Eu égard aux dangers que présentent les substances chimiques, l'autorité compétente peut subordonner la mise sur le marché de substances chimiques, inscrites ou non sur la liste prévue à l'article 70 ci-dessus, à la fourniture, par le producteur ou l'importateur, de l'un ou de plusieurs des éléments suivants :

- 1) la composition des préparations mises sur le marché et contenant la substance ;
- 2) les échantillons de la substance ou les préparations en contenant ;
- 3) les données chiffrées précises sur les quantités de substances pures ou en préparation qui ont été mises sur le marché ou diffusées, ventilées suivant les différents usages ;
- 4) toutes les informations complémentaires sur les effets vis-à-vis de l'homme et de l'environnement.

Chapitre 2

Des prescriptions de protection contre les nuisances acoustiques

Art. 72. — Les prescriptions de protection contre les nuisances acoustiques ont pour objet, de prévenir, supprimer ou limiter l'émission ou la propagation des bruits ou des vibrations de nature à présenter des dangers nuisibles à la santé des personnes, à leur causer un trouble excessif ou à porter atteinte à l'environnement.

Art. 73. — Sans préjudice des dispositions législatives en vigueur, les activités bruyantes exercées dans les entreprises, les établissements, les centres d'activités ou les installations publiques ou privées établis à titre permanent ou temporaire et ne figurant pas dans la nomenclature des installations classées pour la protection de l'environnement, ainsi que les activités bruyantes sportives et de plein air susceptibles de causer des nuisances sonores, sont soumises à des prescriptions générales.

Art. 74. — Lorsque les activités visées à l'article 73 ci-dessus sont susceptibles, par le bruit qu'elles provoquent, de présenter les dangers ou causer les troubles mentionnés à l'article 72 ci-dessus, elles sont soumises à autorisation.

La délivrance de cette autorisation est soumise à la réalisation de l'étude d'impact et de la consultation du public conformément aux conditions déterminées.

Sont fixées par voie réglementaire la liste des activités soumises à autorisation, les modalités de délivrance de l'autorisation, les prescriptions générales de protection, les prescriptions imposées à ces activités, les mesures de prévention, d'aménagement et d'isolation phonique, les conditions d'éloignement de ces activités des habitations ainsi que les méthodes selon lesquelles sont effectués les contrôles.

Art. 75. — Les dispositions de l'article 74 ci-dessus ne sont pas applicables aux activités et installations relevant de la défense nationale, des services publics de protection civile et de lutte contre l'incendie, ainsi qu'aux aménagements et infrastructures de transports terrestres soumis aux dispositions de textes législatifs spécifiques.

TITRE V

DISPOSITIONS PARTICULIERES

Art. 76. — Les entreprises industrielles qui importent des équipements leur permettant d'éliminer ou de réduire dans leur processus de fabrication ou dans leurs produits les gaz à effet de serre ou de réduire toute forme de pollution, bénéficient d'incitations financières et douanières qui seront précisées par la loi des finances.

Art. 77. — Les personnes physiques ou morales qui entreprennent des actions de promotion de l'environnement bénéficient d'une déduction sur le bénéfice imposable.

Cette déduction est fixée par la loi de finances.

Art. 78. — Il est créé un prix national en matière de protection de l'environnement.

Les modalités d'application de cet article sont fixées par voie réglementaire.

Art. 79. — L'enseignement de l'environnement est introduit dans les programmes d'enseignement.

Art. 80. — En matière de protection contre les risques majeurs, sont définies :

- les procédures d'évaluation des risques au niveau des zones et des pôles industriels, ainsi qu'au niveau des grands ouvrages ;

- les procédures de développement d'espaces verts dans les grands centres urbains.

Les modalités d'application de cet article sont fixées par voie réglementaire.

TITRE VI

DISPOSITIONS PENALES

Chapitre 1

Des sanctions relatives à la protection de la diversité biologique

Art. 81. — Quiconque a, sans nécessité, abandonné et, publiquement ou non, exercé des sévices graves ou commis un acte de cruauté envers un animal domestique ou apprivoisé ou tenu en captivité, est puni d'un emprisonnement de dix (10) jours à trois (3) mois et d'une amende de cinq mille dinars (5.000 DA) à cinquante mille dinars (50.000 DA) ou de l'une de ces deux peines seulement.

En cas de récidive, la peine est portée au double.

Art. 82. — Sont punies d'une amende de dix mille dinars (10.000 DA) à cent mille dinars (100.000 DA), les infractions aux dispositions de l'article 40 de la présente loi.

Sera punie de la même peine toute personne qui :

- exploite un établissement d'élevage d'animaux d'espèces non domestiques, et procède à leur vente, leur location, leur transit ou un établissement destiné à la présentation au public de spécimens vivants de la faune locale ou étrangère sans l'obtention de l'autorisation requise en vertu de l'article 43 ci-dessus ;

- détient un animal domestique, un animal sauvage ou apprivoisé sans respecter les règles de détention mentionnées à l'article 42 ci-dessus.

En cas de récidive, la peine est portée au double.

Chapitre 2

Des sanctions relatives aux aires protégées

Art. 83. — Sont punies d'un emprisonnement de dix (10) jours à deux (2) mois et d'une amende de dix mille dinars (10.000 DA) à cent mille dinars (100.000 DA) ou de l'une de ces deux peines seulement, les infractions à l'article 34 de la présente loi .

En cas de récidive, la peine est portée au double.

Chapitre 3

Des sanctions relatives à la protection de l'air et de l'atmosphère

Art. 84. — Est punie d'une amende de cinq mille dinars (5000 DA) à quinze mille dinars (15.000 DA), toute personne dont le comportement contrevenant aux prescriptions visées à l'article 47 de la présente loi, engendre une pollution atmosphérique.

En cas de récidive d'une peine d'emprisonnement de deux (2) mois à six (6) mois et d'une amende de cinquante mille dinars (50.000 DA) à cent cinquante mille dinars (150.000DA) ou de l'une de ces deux peines seulement.

Art. 85. — En cas de condamnation aux peines prévues à l'article 84 ci-dessus, le juge fixe le délai dans lequel les travaux ou les aménagements prévus par la réglementation devront être exécutés.

Le juge peut, en outre, ordonner que les travaux ou aménagements soient exécutés d'office aux frais du condamné et, le cas échéant, prononcer jusqu'à leur achèvement, l'interdiction d'utiliser les installations ou tout autre objet meuble ou immeuble qui sont à l'origine de la pollution atmosphérique.

Il peut, dans les cas où il n'y aurait pas lieu de procéder à des travaux ou aménagements, fixer un délai au condamné pour se soumettre aux obligations résultant de ladite réglementation.

Art. 86. — En cas de non respect du délai prévu à l'article 85 ci-dessus, le tribunal peut prononcer une amende de cinq mille dinars (5.000 DA) à dix mille dinars (10.000 DA), ainsi qu'une astreinte dont le montant par jour de retard ne peut être inférieur à mille dinars (1.000 DA).

En outre, l'interdiction d'utiliser les installations qui sont à l'origine de la pollution peut être prononcée jusqu'à l'achèvement des travaux ou aménagements ou l'exécution des obligations prescrites.

Art. 87. — Les dispositions pénales prévues dans le code de la route sont applicables en ce qui concerne les pollutions dues aux équipements de véhicules.

Chapitre 4

Des sanctions relatives à la protection de l'eau et des milieux aquatiques

Art. 88. — Lorsque les nécessités de l'enquête ou de l'information ainsi que la gravité de l'infraction l'exigent, le bâtiment, aéronef, engin ou plate-forme qui a servi à commettre l'une des infractions visées à l'article 52 de la présente loi, peut être immobilisé sur décision du procureur de la République et du magistrat saisi.

A tout moment, l'autorité judiciaire compétente peut ordonner la levée de l'immobilisation, s'il est fourni un cautionnement dont elle fixe le montant et les modalités de versement.

Les conditions d'affectation, d'emploi et de restitution du cautionnement sont réglées conformément aux dispositions du code de procédure pénale.

Art. 89. — Les infractions aux dispositions des articles 52, 53, 54, 55, 56, 57 et 58 de la présente loi sont jugées par le tribunal compétent du lieu de l'infraction.

Sont, en outre, compétents :

- s'il s'agit d'un bâtiment, engin ou plate-forme, le tribunal dans le ressort duquel il est immatriculé s'il est algérien.

- s'il s'agit d'un véhicule étranger ou non immatriculé, le tribunal dans le ressort duquel il est trouvé ;

- s'il s'agit d'un aéronef, le tribunal du lieu d'atterrissage, après le vol au cours duquel l'infraction a été commise.

Art. 90. — Est puni d'un emprisonnement de six (6) mois à deux (2) ans et d'une amende de cent mille dinars (100.000 DA) à un million de dinars (1.000.000 DA) ou de l'une de ces deux peines seulement, le capitaine d'un bâtiment algérien ou tout commandant de bord d'un aéronef algérien ou toute personne assurant la conduite des opérations d'immersion ou d'incinération en mer sur des engins algériens ou plates-formes fixes ou flottantes dans les eaux sous juridiction algérienne qui se sera rendu coupable d'infraction aux dispositions des articles 52 et 53 ci-dessus.

En cas de récidive, la peine est portée au double.

Art. 91. — Dans le cas prévu à l'article 53 ci-dessus, les immersions, les déversements ou les incinérations doivent être notifiés dans les plus brefs délais, par les personnes visées à l'article 90 ci-dessus aux administrateurs des affaires maritimes sous peine d'une amende de cinquante mille dinars (50.000 DA) à deux cent mille dinars (200.000 DA).

Cette notification devra mentionner, avec précision, les circonstances dans lesquelles sont intervenues ces opérations.

Art. 92. — Sans préjudice des peines prévues à l'article 90 ci-dessus, si l'une des infractions a été commise sur ordre du propriétaire ou de l'exploitant du navire, de l'aéronef, de l'engin ou de la plate-forme, ce propriétaire ou cet exploitant est puni des peines prévues au dit article, le maximum de ces peines étant toutefois porté au double.

Si ce propriétaire ou cet exploitant n'a pas donné au capitaine, au commandant de bord ou à la personne assumant la conduite des opérations d'immersion à partir de l'engin ou de la plate-forme, l'ordre écrit de se conformer aux dispositions de la présente loi relatives à la protection de la mer, il est poursuivi comme complice des infractions qui y sont prévues.

Lorsque le propriétaire ou l'exploitant est une personne morale, la responsabilité prévue aux deux alinéas ci-dessus incombe à celui ou à ceux des représentants légaux ou dirigeants de fait qui en assurent la direction ou l'administration ou toute personne habilitée par eux.

Art. 93. — Est puni d'un emprisonnement d'un (1) an à cinq (5) ans et d'une amende d'un million de dinars (1.000.000 DA) à dix millions de dinars (10.000.000 DA) ou de l'une de ces deux peines seulement, tout capitaine soumis aux dispositions de la convention internationale pour la prévention de la pollution des eaux de la mer par les hydrocarbures, signée à Londres le 12 mai 1954 et de ses modifications, qui se sera rendu coupable d'infraction aux dispositions relatives aux interdictions de rejet à la mer d'hydrocarbures ou de mélanges d'hydrocarbures.

En cas de récidive, la peine est portée au double.

Art. 94. — Est puni d'un emprisonnement de six (6) mois à deux (2) ans et d'une amende de cent mille dinars (100.000 DA) à un million de dinars (1.000.000 DA), ou de l'une de ces deux peines seulement, tout capitaine d'un bâtiment non soumis aux stipulations de la convention sus-mentionnée et qui se sera rendu coupable d'infraction aux dispositions de l'article 93 ci-dessus.

En cas de récidive, la peine est portée au double.

Art. 95. — Les dispositions de l'article 94 ci-dessus sont applicables aux bâtiments ci-après :

— navires citernes ;

— autres navires, lorsque la puissance installée de la machine propulsive est supérieure à une puissance installée fixée par le ministre chargé de la marine marchande ;

— engins portuaires, chalands et bateaux-citernes fluviaux qu'ils soient auto moteur, remorqués ou poussés.

Les bâtiments de la marine nationale sont exclus du champ d'application des dispositions de l'article 94 ci-dessus.

Art. 96. — Dans les eaux sous juridiction algérienne fréquentées normalement par les bâtiments de mer, les dispositions des articles 52, 53, 54, 55, 56, 57 et 58 de la présente loi s'appliquent aux bâtiments étrangers même immatriculés dans un pays non contractant à la convention de Londres susmentionnée, et y compris les catégories de bâtiments énumérés à l'article 95 ci-dessus.

Art. 97. — Est puni d'une amende de cent mille dinars (100.000 DA) à un million de dinars (1.000.000 DA) le capitaine qui, par maladresse, imprudence, inattention, négligence ou inobservation des lois et règlements a provoqué, n'a pas maîtrisé ou n'a pas évité un accident de mer, ayant entraîné un rejet de substances qui ont pollué les eaux sous juridiction algérienne.

Les mêmes peines sont applicables au propriétaire, à l'exploitant ou à toute autre personne que le capitaine, qui aura causé un rejet de substances dans les conditions prévues ci-dessus.

N'est pas punissable, en vertu du présent article, le rejet consécutif à des mesures justifiées par la nécessité d'éviter un danger grave et imminent menaçant la sécurité des navires, la vie humaine ou l'environnement.

Art. 98. — Toute infraction aux dispositions de l'article 57 ci-dessus est punie d'une amende de cent mille dinars (100.000 DA) à un million de dinars (1.000.000 DA) .

Art. 99. — Nonobstant les poursuites judiciaires en cas de dommages causés à toute personne, au milieu marin ou aux installations, est punie d'un emprisonnement d'un (1) an à cinq (5) ans et d'une amende de deux millions de dinars (2.000.000 DA) à dix millions de dinars (10.000.000 DA), l'infraction à l'article 57 de la présente loi, suivie d'un rejet à l'intérieur des eaux sous juridiction algérienne d'hydrocarbures ou de mélange d'hydrocarbures.

Art. 100. — Le fait de jeter, déverser ou laisser écouler dans les eaux superficielles ou souterraines ou les eaux de la mer dans la limite des eaux sous juridiction algérienne, directement ou indirectement, une ou des substances quelconques dont l'action ou les réactions entraînent, même provisoirement, des effets nuisibles sur la santé de l'homme ou des dommages à la flore ou à la faune, ou des délimitations d'usage des zones de baignade, est puni de deux (2) ans d'emprisonnement et de cinq cent mille dinars (500.000 DA) d'amende .

Lorsque l'opération de rejet est autorisée par arrêté, les dispositions de cet alinéa ne s'appliquent que si les prescriptions de cet arrêté ne sont pas respectées.

Le tribunal peut également imposer au condamné de procéder à la restauration du milieu aquatique.

Ces mêmes peines et mesures sont applicables au fait de jeter ou d'abandonner des déchets en quantité importante dans les eaux superficielles ou souterraines ou dans les eaux de la mer sous juridiction algérienne, sur les plages ou sur les rivages de la mer.

Chapitre 5

Des sanctions relatives aux établissements classés

Art. 101. — Les infractions sont constatées par les procès-verbaux des officiers de police judiciaire et des inspecteurs de l'environnement. Ces procès-verbaux sont dressés en double exemplaire dont l'un est adressé au wali et l'autre au procureur de la République.

Les inspecteurs de l'environnement prêtent serment comme suit :

« Je jure, par l'âme et par la conscience, de veiller à la protection de l'environnement, de la santé publique et de la sécurité des populations, conformément aux lois et règlements en vigueur, et de rendre compte de mon action au procureur de la République et au wali. »

Art. 102. — Le fait d'exploiter une installation sans l'autorisation requise à l'article 19 ci-dessus, est puni d'un (1) an d'emprisonnement et de cinq cent mille dinars (500.000 DA) d'amende.

Le tribunal peut interdire l'utilisation de l'installation, jusqu'à obtention de l'autorisation dans les conditions prévues par les articles 19 et 20 ci-dessus. L'exécution provisoire de l'interdiction peut être ordonnée.

Le tribunal peut également exiger la remise en état des lieux dans un délai qu'il détermine.

Art. 103. — Le fait d'exploiter une installation en infraction à une mesure de suspension ou de fermeture prise en application des articles 23 et 25 ci-dessus ou à une interdiction prise en application de l'article 102 ci-dessus, est puni de deux (2) ans d'emprisonnement et

d'un million de dinars (1.000.000 DA) d'amende.

Art. 104. — Le fait de poursuivre l'exploitation d'une installation classée sans se conformer à l'arrêté de mise en demeure d'avoir à respecter, au terme d'un délai fixé, les prescriptions techniques déterminées en application des articles 23 et 25 ci-dessus est puni de six (6) mois d'emprisonnement et de cinq cent mille dinars (500.000 DA) d'amende.

Art. 105. — Le fait de ne pas se conformer à l'arrêté de mise en demeure de prendre, dans un délai déterminé, les mesures de surveillance ou de remise en état d'une installation ou de son site lorsque l'activité a cessé, est puni de six (6) mois d'emprisonnement et de cinq cent mille dinars (500.000 DA) d'amende.

Art. 106. — Le fait de mettre obstacle à l'exercice des fonctions des personnes chargées de la surveillance, du contrôle ou de l'expertise des installations classées est puni d'un (1) an d'emprisonnement et de cent mille dinars (100.000 DA) d'amende.

Chapitre 6

Des sanctions relatives à la protection contre les nuisances

Art. 107. — Est puni de six (6) mois d'emprisonnement et de cinquante mille dinars (50.000 DA) d'amende le fait de mettre obstacle à l'accomplissement des contrôles par les agents chargés de procéder à la recherche et à la constatation des infractions aux dispositions de la présente loi.

Art. 108. — Est puni de deux (2) ans d'emprisonnement et de deux cent mille dinars (200.000 DA) d'amende le fait d'exercer une activité sans l'autorisation prévue à l'article 73 ci-dessus.

Chapitre 7

Des sanctions relatives à la protection du cadre de vie

Art. 109. — Est puni d'une amende de cent cinquante mille dinars (150.000 DA) le fait d'apposer, de faire apposer ou de maintenir, après mise en demeure une publicité, une enseigne ou une préenseigne dans les lieux ou sur des emplacements interdits prévus à l'article 66 ci-dessus.

Art. 110. — L'amende est appliquée autant de fois qu'il y a de publicité, d'enseignes ou de préenseignes en infraction.

TITRE VII

DE LA RECHERCHE ET DE LA CONSTATATION DES INFRACTIONS

Art. 111. — Outre les officiers et agents de police judiciaire agissant dans le cadre des dispositions du code de procédure pénale et des autorités de contrôle dans le cadre des pouvoirs qui leur sont conférés par la législation en vigueur, sont habilités à procéder à la recherche et à la constatation des infractions aux dispositions de la présente loi :

- les fonctionnaires et agents visés aux articles 21 et suivants du code de procédure pénale ;

- les fonctionnaires des corps techniques de l'administration chargée de l'environnement ;
- les officiers et agents de la protection civile ;
- les administrateurs des affaires maritimes ;
- les officiers des ports ;
- les agents du service national des garde-côtes ;
- les commandants des bâtiments de la marine nationale ;
- les ingénieurs du service de la signalisation maritime ;
- les commandants des navires océanographiques de l'Etat ;
- les agents techniques de l'institut de recherche scientifique, technique et océanographique ;
- les agents des douanes.

A l'étranger, les consuls algériens sont chargés de la recherche des infractions aux dispositions relatives à la protection de la mer, de recueillir à cet effet, tout renseignement en vue de découvrir les auteurs de ces infractions et d'en informer le ministre chargé de l'environnement et les ministres concernés.

TITRE VIII

DISPOSITIONS FINALES

Art. 112. — Les infractions aux dispositions de la présente loi et des textes pris pour son application sont constatées par des procès-verbaux qui font foi.

Les procès-verbaux doivent sous peine de nullité, être adressés, dans les quinze (15) jours qui suivent leur clôture au procureur de la République. Une copie en est également remise, dans le même délai, à l'intéressé.

Art. 113. — Sont abrogées les dispositions de la loi n° 83-03 du 5 février 1983 relative à la protection de l'environnement.

Les textes pris en application de la loi susvisée demeurent en vigueur jusqu'à la publication des textes réglementaires prévus par la présente loi et ce, dans un délai n'excédant pas vingt quatre (24) mois.

Art. 114. — La présente loi sera publiée au *Journal officiel* de la République algérienne démocratique et populaire.

Fait à Alger, le 19 Joumada El Oula 1424 correspondant au 19 juillet 2003.

Abdelaziz BOUTEFLIKA.



Loi n° 03-05 du 13 Rabie Ethani 1424 correspondant au 14 juin 2003 portant loi de finances complémentaire pour 2003 (Rectificatif).

JO N° 37 du 14 Rabie Ethani 1424 correspondant au 15 juin 2003.

Page 6 — Etat "c" ligne 44.

Le montant de 2.000.000 figurant dans la rubrique "contrepartie des dons de l'année 2003" est transféré de la première colonne "montant CP" à la deuxième colonne "montant AP".

(Le reste sans changement).

Décret exécutif n° 06-141 du 20 Rabie El Aouel 1427 correspondant au 19 avril 2006 définissant les valeurs limites des rejets d'effluents liquides industriels.

Le Chef du Gouvernement, Sur le rapport du ministre de l'aménagement du territoire et de l'environnement,

Vu la Constitution, notamment ses articles 85-4° et 125 (alinéa 2) ;

Vu la loi n° 90-08 du 7 avril 1990, complétée, relative à la commune ;

Vu la loi n° 90-09 du 7 avril 1990, complétée, relative à la wilaya ;

Vu la loi n° 03-10 du 19 Joumada El Oula 1424 correspondant au 19 juillet 2003 relative à la protection de l'environnement dans le cadre du développement durable ;

Vu la loi n° 04-04 du 5 Joumada El Oula 1425 correspondant au 23 juin 2004 relative à la normalisation ;

Vu la loi n° 05-07 du 19 Rabie El Aouel 1426 correspondant au 28 avril 2005 relative aux hydrocarbures ;

Vu le décret présidentiel n° 04-136 du 29 Safar 1425 correspondant au 19 avril 2004 portant nomination du Chef du Gouvernement ;

Vu le décret présidentiel n° 05-161 du 22 Rabie El Aouel 1426 correspondant au 1er mai 2005 portant nomination des membres du Gouvernement ;

Vu le décret exécutif n° 93-160 du 10 juillet 1993 réglementant les rejets d'effluents liquides industriels ;

Décrète :

Article 1. En application des dispositions de l'article 10 de la loi n° 03-10 du 19 juillet 2003, susvisée, le présent décret a pour objet de définir les valeurs limites des rejets d'effluents liquides industriels.

SECTION 1

DES DISPOSITIONS PRELIMINAIRES

Article 2. Au sens du présent décret on entend par rejet d'effluents liquides industriels tout déversement, écoulement, jet et dépôt d'un liquide direct ou indirect qui provient d'une activité industrielle.

Article 3. Les valeurs limites de rejets d'effluents liquides industriels sont celles fixées en annexe du présent décret. Toutefois, en attendant la mise à niveau des installations industrielles anciennes dans un délai de cinq (5) ans, les valeurs limites des rejets d'effluents liquides industriels prennent en charge l'ancienneté des installations industrielles en déterminant une tolérance pour les rejets d'effluents liquides industriels émanant de ces installations. Ces valeurs sont fixées et annexées au présent décret. Pour les installations pétrolières, le délai est de sept (7) ans conformément aux dispositions législatives en vigueur, et notamment celles de la loi n° 05-07 du 19 Rabie El Aouel 1426 correspondant au 28 avril 2005, susvisée,

En outre et en raison des particularités propres aux technologies utilisées, des tolérances particulières aux valeurs limites sont également accordées selon les catégories industrielles concernées. Ces tolérances sont annexées au présent décret.

SECTION 2

DES PRESCRIPTIONS TECHNIQUES RELATIVES AUX REJETS D'EFFLUENTS LIQUIDES INDUSTRIELS

Article 4. Toutes les installations générant des rejets d'effluents liquides industriels doivent être conçues, construites et exploitées de manière à ce que leurs rejets d'effluents liquides industriels ne dépassent pas à la sortie de l'installation les valeurs limites des rejets définies en annexe du présent décret et doivent être dotées d'un dispositif de traitement approprié de manière à limiter la charge de pollution rejetée.

Article 5. Les installations de traitement doivent être conçues, exploitées et entretenues de manière à réduire à leur minimum les durées d'indisponibilité pendant lesquelles elles ne peuvent assurer pleinement leur fonction. Si une indisponibilité est susceptible de conduire à un dépassement des valeurs limites imposées, l'exploitant doit prendre les dispositions nécessaires pour réduire la pollution émise en réduisant ou en arrêtant, si besoin, les activités concernées.

SECTION 3

DU CONTROLE DES REJETS D'EFFLUENTS LIQUIDES INDUSTRIELS

Article 6. Au titre de l'autocontrôle et de l'auto surveillance les exploitants d'installations générant des rejets d'effluents liquides industriels doivent tenir un registre où sont consignés la date et les résultats des analyses qu'ils effectuent selon des modalités fixées par arrêté du ministre chargé de l'environnement et, le cas échéant, du ministre chargé du secteur concerné. Les mesures sont effectuées sous la responsabilité de l'exploitant et à ses frais dans les conditions fixées par la réglementation en vigueur.

Article 7. Les résultats des analyses doivent être mises à la disposition des services de contrôle habilités.

Article 8. Les services habilités en la matière effectuent des contrôles périodiques et ou inopinés des caractéristiques physiques, chimiques et biologiques des rejets d'effluents liquides industriels visant à s'assurer de leur conformité aux valeurs limites fixés en annexe du présent décret.

Article 9. Le contrôle des rejets comporte un examen des lieux, des mesures et analyses opérées sur place et des prélèvements d'échantillons aux fins d'analyses.

Article 10. L'exploitant de l'installation concernée est tenu d'expliquer, commenter ou fonder tout dépassement éventuellement constaté et fournir les actions correctives mises en œuvre ou envisagées.

Article 11. Les opérations de contrôle, telles que définies ci-dessus, donnent lieu à la rédaction d'un procès-verbal établi à cet effet.

Le procès-verbal comporte :

- les noms, prénoms et qualité des personnes ayant effectué le contrôle,
- la désignation du ou des générateurs du rejet d'effluents liquides industriels et de la nature de leur activité,
- la date, l'heure, l'emplacement et les circonstances de l'examen des lieux et des mesures faites sur place,
- les constatations relatives à l'aspect, la couleur, l'odeur du rejet, l'état apparent de la faune et de la flore à proximité du lieu de rejet et les résultats des mesures et des analyses opérées sur place,

- l'identification de chaque échantillon prélevé, accompagné de l'indication de l'emplacement, de l'heure et des circonstances de prélèvement,
- le nom du ou des laboratoires destinataires de l'échantillon prélevé.

Article 12. Les méthodes d'échantillonnage, de conservation et de manipulation des échantillons ainsi que les modalités d'analyses sont effectuées selon les normes algériennes en vigueur.

Article 13. Toutes dispositions contraires au présent décret et notamment les dispositions du décret exécutif n° 93-160 du 10 juillet 1993, susvisé, sont abrogées.

Article 14. Le présent décret sera publié au Journal officiel de la République algérienne démocratique et populaire.

Fait à Alger, le 20 Rabie El Aouel 1427 correspondant au 19 avril 2006.

Ahmed OUYAHIA.

Loi n°83-03 du 5 février 1983 relative à la protection de l'environnement.

Le Président de la République,

- Vu la Charte nationale;
- Vu la Constitution et notamment ses articles 151 et 154;
- Vu l'ordonnance n° 66-62 du 26 mars 1966 relative aux zones et aux sites touristiques;
- Vu l'ordonnance n° 67-24 du 18 janvier 1967, modifiée, portant code communal;
- Vu l'ordonnance n° 67-281 du 20 décembre 1967 relative aux fouilles et à la protection des sites et monuments historiques;
- Vu l'ordonnance n° 69-38 du 23 mai 1969, modifiée, portant code de wilaya
- Vu l'ordonnance n° 73-38 du 25 août 1973 portant ratification de la convention de l'UNESCO sur la protection du patrimoine mondial, culturel et naturel;
- Vu l'ordonnance n° 74-55 du 13 mai 1974 portant ratification de la convention portant création d'un fonds international d'indemnisation pour les dommages dus à la pollution par les hydrocarbures;
- Vu l'ordonnance n° 76-4 du 20 février 1976 relative aux règles applicables en matière de sécurité contre les risques de l'incendie et de panique et à la création des commissions de prévention et de protection civile;
- Vu l'ordonnance n° 76-79 du 23 octobre 1976 portant code de la santé publique;

- Vu l'ordonnance n° 76-80 du 23 octobre 1976 portant code maritime;
- Vu la loi n° 82-02 du 6 février 1982 relative au permis de construire et au permis de lotir;
- Vu la loi n° 82-10 du 21 août 1982 relative à la chasse;
- Vu le décret n° 63-344 du 11 septembre 1963 portant adhésion à la convention de Londres sur la prévention de la pollution des eaux de la mer par les hydrocarbures;
- Vu le décret n° 80-14 du 26 janvier 1980 portant adhésion à la convention pour la protection de la mer Méditerranée contre la pollution, faite à Barcelone le 16 février 1976;
- Vu le décret n° 81-02 du 17 janvier 1981 portant ratification du protocole relatif à la prévention de la pollution de la mer Méditerranée par les opérations d'immersion effectuées par les navires et aéronefs, fait à Barcelone le 16 février 1976;
- Vu le décret n° 81-03 du 17 janvier 1981 portant ratification du protocole relatif à la coopération en matière de lutte contre la pollution de la mer Méditerranée par les hydrocarbures et autres substances nuisibles en cas de situations critiques, fait à Barcelone le 16 février 1976;
- Vu le décret n° 82-437 du 11 décembre 1982 portant ratification du protocole de coopération entre les pays d'Afrique du Nord en matière de lutte contre la désertification, signé au Caire le 5 février 1977;
- Vu le décret n° 82-439 du 11 décembre 1982 portant adhésion de l'Algérie à convention relative aux zones humides d'importance internationale, particulièrement comme habitat de la sauvagine, signée à Ramzar (Iran) le 2 février 1971;
- Vu le décret n° 82-440 du 11 décembre 1982 portant ratification de la convention africaine sur la conservation de la nature et des ressources naturelles, signée à Alger le 15 septembre 1968;
- Vu le décret n° 82-441 du 11 décembre 1982 portant adhésion de la République algérienne démocratique et populaire au protocole relatif à la protection de la mer Méditerranée contre la pollution d'origine tellurique, fait à Athènes le 17 mai 1980;
- Vu le décret n° 82-498 du 25 décembre 1982 portant adhésion de l'Algérie à la convention sur le commerce international des espèces de faune et de flore sauvages, menacées d'extinction, signée à Washington le 3 mars 1973;

Après adoption par l'Assemblée populaire nationale,

Promulgue la loi dont la teneur suit:

TITRE

DISPOSITIONS GENERALES

Article 1er: La présent loi a pour objet la mise en oeuvre d'une politique nationale de protection de l'environnement tendant à:

- la protection, la restructuration et la valorisation des ressources naturelles,
- la prévention et la lutte contre toute forme de pollution et nuisance,
- l'amélioration du cadre et de la qualité de la vie.

Chapitre I

Principes généraux

Article 2: La planification nationale prend en compte le facteur protection de l'environnement qui est une exigence fondamentale de la politique nationale de développement économique et social.

Article 3: Le développement national implique l'équilibre nécessaire entre les impératifs de la croissance économique et ceux de la protection de l'environnement et de la préservation du cadre de vie de la population.

Article 4: Dans le cadre de l'aménagement du territoire, l'Etat détermine les conditions d'insertion des projets dans l'environnement et définit les prescriptions techniques et réglementaires relatives au maintien des équilibres naturels.

Chapitre II

Organes d'application

Article 5: Le ministre chargé de la protection de l'environnement met en place les organes chargés de la mise en oeuvre de la présente loi.

Il associe les organismes concernés pour une meilleure coordination de l'action de protection de l'environnement.

Article 6: Conformément à l'article 5 ci-dessus, il est créé des corps spécialisés chargés de la protection de l'environnement.

Les modalités d'organisation et de fonctionnement de ces corps ainsi que leurs attributions sont déterminée par décret.

Article 7: Les collectivités locales constituent des institutions essentielles d'application des mesures de protection de l'environnement.

Des textes législatifs ou réglementaires déterminent les modalités de leur participation.

TITRE II

PROTECTION DE LA FAUNE

Chapitre I

De la faune et de la flore

Article 8: La protection de la nature, la préservation des espèces animales et végétales, le maintien des équilibres biologiques et la conservation des ressources naturelles contre toutes les causes de dégradation qui les menacent sont d'intérêt national. Il est du devoir de chacun de veiller à la sauvegarde du patrimoine naturel.

Article 9: La protection des terres contre la désertification, l'érosion et la remontée des sels dans les terres à vocation agricole est d'utilité publique. Des textes législatifs ou réglementaires en fixeront toutes les dispositions.

Article 10: Nonobstant les dispositions de la loi relative à la chasse et lorsqu'un intérêt scientifique particulier ou que les nécessités de la préservation du patrimoine biologique national justifient la conservation d'espèces animales non domestiques ou végétales non cultivées, sont interdites:

- la destruction ou l'enlèvement des oeufs ou des nids, la mutilation, la destruction, la capture ou l'enlèvement, la naturalisation d'animaux de ces espèces ou, qu'ils soient vivants ou morts, leur transport, leur vente ou leur achat;
- la destruction, la coupe, la mutilation, l'arrachage, la cueillette ou l'enlèvement de végétaux de ces espèces ou de leurs fructifications, leur transport, leur colportage, leur utilisation, leur mise en vente, leur vente ou leur achat;
- la destruction, l'altération ou la dégradation du milieu particulier à ces espèces animales ou végétales;
- la destruction des sites contenant des fossiles permettant d'étudier l'histoire du monde vivant ainsi que les premières activités humaines.

Article 11: Un décret, pris sur le rapport du ministre chargé de la protection de l'environnement, détermine notamment les conditions dans lesquelles sont fixées:

- la liste des espèces animales non domestiques ou végétales non cultivées ainsi protégées;
- la durée des interdictions permanentes ou temporaires prises en vue de permettre la reconstitution des populations naturelles en cause ou de leurs habitats ainsi que la

protection des espèces animales pendant les périodes ou les circonstances où elles sont particulièrement vulnérables;

- la partie du territoire national, y compris le domaine maritime et les eaux territoriales, sur laquelle elles s'appliquent;
- la délivrance d'autorisation de capture d'animaux ou de prélèvement d'espèces à des fins scientifiques;
- la réglementation de la recherche, de la poursuite et de l'approche, en vue de la prise de vues ou de son, et notamment de la chasse photographique des animaux de toutes espèces et les zones dans lesquelles s'applique cette réglementation ainsi que des espèces protégées en dehors de ces zones.

Article 12: La production, la détention, la cession, à titre gratuit ou onéreux, l'utilisation, le transport, l'introduction quelle qu'en soit l'origine, l'importation sous tous régimes douaniers, l'exportation, la réexportation de tout ou partie d'animaux, d'espèces non domestiques et de leurs produits ainsi que des végétaux d'espèces non cultivées et de leurs semences ou parties de plantes dont la liste est fixée par arrêté conjoint du ministre chargé de la protection de l'environnement et, en tant que de besoin, du ou des ministres concernés font l'objet d'une autorisation délivrée dans les conditions et selon les modalités fixées par décret.

Article 13: Sans préjudice des dispositions en vigueur relatives aux installations classées pour la protection d'élevage d'animaux d'espèces non domestiques de vente, de location, de transit ainsi que l'ouverture des établissements destinés à la présentation et à l'utilisation en public de spécimens vivants de la faune locale ou étrangère, font l'objet d'une autorisation délivrée dans les conditions et selon les modalités fixées par décret.

Les dispositions du présent article s'appliquent également aux établissements existant à la date de la promulgation de la présente loi dans les délais et selon les modalités fixées par décret.

Article 14: Sont soumis au contrôle de l'autorité administrative compétente les établissements détenant des animaux visés à l'article 12 ci-dessus dont, notamment:

- les établissements définis à l'article 13 de la présente loi,
- les établissements scientifiques,
- les établissements d'enseignement,
- les établissements et instituts spécialisés dans la recherche bio-médicale, dans le contrôle biologique et dans les productions biologiques.

-les établissements d'élevage.

Sans préjudice des poursuites pénales qui peuvent être exercées au titre de la présente loi, des mesures administratives pouvant aller jusqu'à la fermeture de l'établissement peuvent être prescrites par le ministre chargé de la protection de l'environnement.

Un décret précise les modalités d'application du présent article.

Article 15: Toute personne a le droit de détenir des animaux, sous réserve des droits des tiers, des exigences de sécurité et d'hygiène et des dispositions de la présente loi.

Article 16: Des associations peuvent être créées pour participer à la protection de l'environnement.

Les modalités de création, de fonctionnement et d'organisation de ces associations sont précisées par décret.

Chapitre II

Les réserves naturelles et les parcs nationaux

Article 17: Des parties du territoire d'une ou de plusieurs communes peuvent être classées par décret, pris sur rapport du ministre chargé de l'environnement, en parc national ou en réserves naturelles lorsqu'il y a nécessité de conserver la faune, la flore, le sol, le sous-sol, les gisements de minéraux et de fossiles, l'atmosphère, les eaux et, en général, lorsqu'un milieu naturel présente un intérêt particulier qu'il importe de préserver contre tout effet de dégradation naturelle et de la soustraire à toute intervention artificielle susceptible d'en altérer la composition et l'évolution.

Le territoire délimité peut s'étendre au domaine maritime national et aux eaux sous juridiction algérienne.

Article 18: La décision de classement ou de création de réserve naturelle ou de parc national ainsi que leurs modalités d'organisation et de gestion sont prises par décret.

Article 19: La décision de classement ou de création d'une réserve naturelle ou d'un parc national est sanctionnée par l'établissement d'un acte de classement publié par les soins du ministre chargé de la protection de l'environnement au bureau des hypothèques. Cet acte est

notifié aux propriétaires et aux titulaires de droits réels portant sur les immeubles classés, dans un délai ne dépassant pas deux mois, à partir de la date de publication.

Cette publication, qui ne donne lieu à aucune perception au profit du trésor, est faite dans les formes et de la manière prescrite par les lois et règlements concernant la publicité foncière.

La situation de l'immeuble classé est communiquée aux collectivités locales concernées de telle façon que l'acte de classement soit transcrit à chaque révision du cadastre.

Article 20: L'acte de classement visé à l'article 19, peut soumettre à un régime particulier et, le cas échéant, interdire à l'intérieur du parc ou de la réserve toute action susceptible de nuire au développement naturel de la faune et de la flore et, plus généralement, d'altérer le caractère du parc national ou de ladite réserve, notamment la chasse et la pêche, les activités agricoles, forestières et pastorales, industrielles, minières, publicitaires et commerciales, l'exécution de travaux publics ou privés, l'extraction de matériaux concessibles ou non, l'utilisation des eaux, la circulation du public quel que soit le moyen employé, la divagation des animaux domestiques et le survol de la réserve ou du parc.

Article 21: L'acte de classement est établi en tenant compte de l'intérêt du maintien des activités traditionnelles existantes dans la mesure où elles sont compatibles avec les intérêts définis à l'article 17 de la présente loi.

Des sujétions particulières à des zones dites « réserves intégrales » peuvent être édictées par décret afin d'assurer, dans un but scientifique sur une ou plusieurs parties déterminées d'un parc national ou d'une réserve naturelle, une protection plus grande de certains éléments de la faune et de la flore.

Article 22: Lorsque le classement comporte des prescriptions de nature à modifier la situation juridique ou l'utilisation antérieure des lieux déterminant un préjudice direct, matériel et certain, il donne droit à une indemnité au profit des propriétaires, des titulaires de droits réels ou de leurs ayants droit.

Dans ce cas, la demande d'indemnisation doit être produite dans un délai de douze (12) mois à dater de la notification de la décision de classement. A défaut d'accord amiable, l'indemnité est fixée par la juridiction compétente.

Article 23: A compter du jour où le ministre chargé de la protection de l'environnement notifie au propriétaire intéressé l'acte de classement, aucune modification ne peut être apportée à l'état des lieux ou à leur aspect, sans autorisation spéciale du ministre chargé de la protection de l'environnement sous réserve de l'exploitation de ses biens et selon les pratiques antérieures.

Article 24: Les effets de classement suivent le territoire classé, en quelque main qu'il passe.

Quiconque aliène, loue ou concède un territoire classé, au titre de la présente loi, est tenu de faire connaître à l'acquéreur, au locataire ou au concessionnaire l'existence du classement, à peine de nullité.

Toute aliénation, location ou concession doit, dans un délai ne dépassant pas quinze jours, être notifiée au ministre chargé de la protection de l'environnement par celui qui l'a consentie.

Article 25: Le décret de création d'un parc national délimite autour du parc une zone dite périphérique où les diverses administrations publiques prennent suivant un programme défini, toutes mesures pour permettre un ensemble de réalisations et d'améliorations d'ordre social, économique et culturel tout en rendant plus efficace la protection de la nature dans le parc.

A l'intérieur du parc, certaines réalisations et améliorations peuvent être, le cas échéant, également entreprises.

Article 26: Le déclassement total ou partiel d'un territoire classé est prononcé après enquête publique par décret.

Le déclassement est notifié aux intéressés communiqué aux présidents des assemblées populaires communales concernées et publié au bureau des hypothèques de la situation des biens dans les mêmes conditions que le classement.

Chapitre III

Des délits et des peines

Article 27: Quiconque a, sans nécessité, abandonné et publiquement ou non, exercé des sévices graves ou commis un acte de cruauté envers un animal domestique ou apprivoisé ou tenu en captivité, est puni d'une amende de 200 à 2000 D.A. et d'un emprisonnement de dix jours à trois mois ou de l'une de ces deux peines seulement. En cas de récidive, les peines sont portées au double.

Article 28: Sont punies d'une amende de 500 à 20.000 D.A., les infractions aux dispositions des articles 10 et 20 de la présente loi.

En cas de récidive, l'amende pourra être portée au double.

Les agents chargés de constater ces infractions peuvent procéder à la saisie des animaux vivants et de leurs produits ou de leurs dépouilles.

Article 29: Sont punies d'un emprisonnement de dix (10) jours à deux (2) mois et d'une amende de 500 à 5.000 D.A. ou de l'une des deux peines seulement, les infractions aux articles 23 et 24 de la présente loi.

En cas de récidive, les peines sont portées au double.

Article 30: Les dispositions de l'article 24 de la présente loi s'appliquent aux sites et monuments naturels créés en application du titre IV de l'ordonnance n° 67-281 du 20 décembre 1967 relative aux sites et monuments.

TITRE III

PROTECTION DES MILIEUX RECEPTEURS

Article 31: En cas de crise ou d'urgence de nature à constituer des menaces graves de pollution, de contamination des milieux récepteurs prévus au titre III de la présente loi, sont mis en oeuvre de plans nationaux d'urgence.

Les plans nationaux d'urgence sont établis en fonction des facteurs de risques de pollution potentielle.

Des décrets, pris sur le rapport du ministre chargé de la protection de l'environnement et des ministres concernés, instituent et déterminent les conditions d'application des plans nationaux d'urgence.

Chapitre I

Protection de l'atmosphère

Article 32: On entend par pollution de l'atmosphère au sens de la présente loi, l'émission dans l'atmosphère de gaz, de fumées ou de particules solides ou liquides, corrosifs, toxiques ou odorantes, de nature à incommoder la population, à compromettre la santé ou la sécurité publique ou à nuire aux végétaux à la production agricole et aux produits agro-alimentaires, à la conservation des constructions et monuments ou au caractère des sites.

Article 33: Les immeubles, établissements industriels, commerciaux, artisanaux ou agricoles, véhicules ou autre objets mobiliers possédés, exploité ou détenus par toutes personnes physiques ou morales sont construits, exploités ou utilisés de manière à satisfaire aux dispositions prises en application de la présente loi afin d'éviter les pollutions de l'atmosphère.

Article 34: Lorsque les émissions dans l'atmosphère sont susceptibles de constituer une menace pour les personnes ou pour les biens, leurs auteurs doivent mettre en oeuvre toutes dispositions utiles pour supprimer ou réduire leurs émissions polluantes.

Article 35: Les prescriptions visées aux articles 33 et 34 font l'objet d'un décret pris sur le rapport du ministre chargé de la protection de l'environnement et des ministres concernés qui déterminent notamment:

- 1° les cas et conditions dans lesquels doit être interdite ou réglementée l'émission dans l'atmosphère de fumées, suies, poussières ou gaz toxiques, corrosifs, odorants ou radio-actifs.
- 2° les délais dans lesquels il doit être satisfait à ces dispositions pour les immeubles, établissements, véhicules et autres objets mobiliers existants à la date de publication de chaque décret;
- 3° les conditions dans lesquelles sont réglementés et contrôlés, aux fins prévues par l'article 33 de la présente loi, la construction des immeubles, l'ouverture des établissements non compris dans la nomenclature des installations classées, prévue à l'article 75, l'équipement des véhicules, la fabrication des objets mobiliers et l'utilisation des combustibles et carburants;

- 4° les cas et conditions dans lesquels le Gouvernement doit, avant l'intervention de toute décision judiciaire, prendre, en raison de l'urgence, toutes mesures exécutoires destinées d'office à faire cesser le trouble.

Chapitre II

Protection de l'eau

Article 36: Les dispositions du présent chapitre ont pour objet la lutte contre la pollution des eaux et leur régénération, dans le but de satisfaire ou de concilier les exigences:

- de l'alimentation en eau potable et de la santé publique conformément à la législation en vigueur,
- de l'agriculture, de l'industrie, des transports et de toutes les autres activités humaines d'intérêt général,
- de la vie biologique du milieu récepteur et spécialement de la faune piscicole ainsi que des loisirs, des sports nautiques et de la protection des sites,
- de la conservation et de l'écoulement des eaux.

Ces dispositions s'appliquent aux déversements, écoulements, rejets, dépôts directs ou indirects de matières de toute nature et, plus généralement, à tout fait susceptible de provoquer ou d'accroître la dégradation des eaux en modifiant leurs caractéristiques physiques, chimiques, biologiques ou bactériologiques qu'il s'agisse d'eaux superficielles, souterraines ou des eaux du littoral.

Article 37: Les eaux superficielles, cours d'eau, lacs et étangs font l'objet d'un inventaire établissant leur degré de pollution.

- Des documents sont établis pour chacune de ces eaux d'après des critères physiques, chimiques, biologiques et bactériologiques pour déterminer l'état de chacune d'elles.
- Ces documents font l'objet d'une révision générale et d'une révision immédiate chaque fois qu'un changement exceptionnel ou imprévu affecte l'état de ces eaux.

Article 38: Un décret pris sur le rapport du ministre chargé de la protection de l'environnement et des ministres concernés, définit:

- la procédure d'établissement des documents et de l'inventaire visés à l'article 37 ci-dessus.
- les spécifications techniques et les critères physiques, chimiques, biologiques et bactériologiques auxquels les cours d'eaux, sections de cours d'eau, lacs ou étangs doivent répondre, notamment, pour les prises d'eau assurant l'alimentation des populations.

-le délai dans lequel la qualité du milieu récepteur doit être améliorée pour satisfaire ou concilier les intérêts définis à l'article 36 de la présente loi.

Article 39: Nonobstant les dispositions de la législation en vigueur, les propriétaires d'installations de déversement existant antérieurement à la promulgation de la présente loi, doivent prendre toutes les dispositions pour satisfaire, dans le délai fixé par le décret visé à l'article 38, aux conditions qui sont imposées à leurs effluents.

Article 40: Les installations de déversement établies postérieurement à la promulgation de la présente loi doivent, dès leur mise en service, fournir des effluents conformes aux conditions qui leur sont imposées.

Les prélèvements et déversements de ces installations sont subordonnés:

- à une approbation préalable, par le ministre chargé de l'environnement, du projet technique relatif aux dispositifs d'épuration correspondant auxdites installations;
- à une autorisation de mise en service délivrée par le ministre chargé de l'environnement après érections effectives des dispositifs d'épuration conformes au projet technique préalablement approuvé.

Article 41: Des décrets pris sur le rapport conjoint du ministre chargé de l'environnement et des ministres concernés, déterminent, notamment:

- 1° les conditions dans lesquelles peuvent être réglementés ou interdits compte-tenu des dispositions des articles 36, 37 et 38 de la présente loi, les déversements, écoulements, jets, dépôts directs ou indirects d'eau ou de matières et, plus généralement, tout fait susceptible d'altérer la qualité de l'eau superficielle ou souterraine et des eaux du littoral;
- 2° les conditions dans lesquelles peuvent être réglementées la mise en vente et la diffusion de certains produits susceptibles de donner naissance à des déversements qui ont fait l'objet d'une interdiction ou d'une réglementation en vertu du 1° alinéa ci-dessus ou d'accroître leur nocivité ou d'aggraver leur nuisance;
- 3° les conditions dans lesquelles sont effectués les contrôles des caractéristiques physiques, chimiques, biologiques et bactériologiques des eaux réceptrices et des déversements et notamment des conditions dans lesquelles il est procédé aux prélèvements et aux analyses d'échantillons;

- 4° les cas et conditions dans lesquels le ministre chargé de l'environnement peut prendre toutes mesures immédiatement exécutoires en vue de faire cesser tout trouble qui pourrait constituer un péril pour la sécurité et la salubrité publique.

Article 42: Des décrets fixent, en tant que de besoin, pour chacun des cours d'eau, sections de cours d'eau, lacs ou étangs, eaux souterraines, eaux du littoral les conditions particulières dans lesquelles s'appliquent les dispositions prévues à l'article 41 de la présente loi ainsi que les délais dans lesquels il doit être satisfait auxdites dispositions en ce qui concerne les installations existantes.

Article 43: Outre les dispositions du code de la santé publique et en vue d'assurer la protection de la qualité des eaux, l'acte portant déclaration d'utilité publique des travaux de prélèvement d'eau destinée à l'alimentation des collectivités humaines détermine autour du point de prélèvement:

- un périmètre de protection immédiate dont les terrains sont à acquérir en pleine propriété,
- un périmètre de protection rapproché à l'intérieur duquel doivent être interdits ou réglementés toutes activités et tous dépôts ou installations de nature à nuire, directement ou indirectement, à la qualité des eaux,
- un périmètre de protection éloigné à l'intérieur duquel peuvent être réglementés les activités, dépôts ou installations précités.

Article 44: L'acte portant déclaration d'utilité publique des travaux de prélèvement d'eau destinée à l'alimentation des collectivités humaines détermine, en ce qui concerne les activités, dépôts et installations existant à la date de sa publication, les délais dans lesquels il doit être satisfait aux conditions prévues à l'article 43 ci-dessus.

Des actes déclaratifs d'utilité publique doivent, dans les mêmes conditions, déterminer les périmètres de protection autour des points de prélèvements existants ainsi qu'autour des ouvrages d'adduction à écoulement libre et des réservoirs enterrés.

Article 45: Les collectivités locales, ainsi que les groupements de ces collectivités sont habilités à entreprendre l'étude, l'exécution de tous travaux d'utilité publique nécessaires à la lutte contre la pollution des eaux.

Article 46: Lorsque l'intérêt général le justifie, les collectivités locales ou leurs groupements, peuvent, par décret, être autorisés à prescrire ou tenus d'admettre le raccordement des effluents

qui ne satisfont pas aux caractéristiques du cours d'eau récepteur aux réseaux d'assainissement ou aux installations d'épuration qu'ils construisent ou exploitent.

Le décret fixe les conditions de raccordement et d'imposition à l'établissement de participer par des redevances aux charges supplémentaires de construction et d'exploitation résultant de ses eaux usées; le recouvrement de redevances est effectué comme en matière de contributions directes.

Faute par l'établissement d'exécuter, dans le délai qui lui est prescrit, les travaux qui lui incombent en vue du raccordement aux ouvrages publics, il est, après mise en demeure, procédé d'office et aux frais de l'intéressé aux travaux nécessaires.

Article 47: Tout déversement ou rejet d'eaux usées ou de déchets de toute nature dans les eaux destinées à la réalimentation des nappes d'eaux souterraines, dans les puits, forages ou galeries de captage désaffectés est interdit.

Les puits, forages et galeries de captage désaffectés font l'objet d'une déclaration et sont soumis, sans préjudice des droits des tiers, à la surveillance de l'administration.

Un décret pris sur rapport du ministre chargé de l'environnement fixe les conditions d'application des dispositions du présent article.

Chapitre III

Protection de la mer

Article 48: Nonobstant les dispositions des conventions et protocoles internationaux ratifiés par l'Algérie et portant sur la protection de la mer, sont interdits le déversement, l'immersion et l'incinération en mer de matières de toute nature susceptibles:

- de porter atteinte à la santé publique et aux ressources biologiques,
- d'entraver les activités maritimes, y compris la navigation et la pêche,
- d'altérer la qualité de l'eau de mer, du point de vue de son utilisation,
- de dégrader les valeurs d'agrément de la mer.

Des textes réglementaires préciseront, en tant que de besoin, la liste de ces matières.

Article 49: Le ministre chargé de l'environnement peut, après enquête publique, proposer des règlements et autoriser le déversement, l'immersion ou l'incinération en mer, dans des conditions telles que ces opérations garantissent l'innocuité et l'absence de nuisance du déversement, de l'incinération ou de l'immersion.

Article 50: Les dispositions de l'article 49 de la présente loi ne s'appliquent pas en cas de force majeure, due aux intempéries ou toutes autres causes lorsque la vie humaine ou la sécurité d'un navire ou d'un aéronef est menacée.

Article 51: En ce qui concerne les déversements et immersions délibérés existants, le ministre chargé de l'environnement détermine le délai dans lequel l'interdiction de l'article 49 de la présente loi leur est applicable.

Article 52: Les opérations de déversement, d'immersion ou d'incinération en mer de substances et matériaux non visés dans la liste prévue à l'article 48 ne peuvent être effectuées que sur autorisation délivrée par le ministre chargé de l'environnement, celle-ci est assortie, en tant que de besoin, des prescriptions relatives à la réalisation de l'opération projetée.

Un décret fixe les conditions de délivrance, d'utilisation et de suspension des autorisations visées à l'alinéa précédent.

Article 53: Dans le cas d'avaries ou d'accidents en mer territoriale survenus à tout navire, aéronef, engin ou plate-forme transportant ou ayant à son bord des substances nocives, dangereuses ou des hydrocarbures et pouvant créer des dangers graves et imminents susceptibles de porter atteinte au littoral ou aux intérêts connexes, le propriétaire dudit navire, aéronef, engin ou plate-forme peut être mis en demeure de prendre toutes les mesures nécessaires pour mettre fin à ces dangers.

Dans le cas où cette mise en demeure reste sans effet ou n'a pas produit les effets attendus dans un délai imparti ou d'office, en cas d'urgence, l'Etat peut faire exécuter les mesures nécessaires aux frais du propriétaire ou en recouvrir le montant du coût auprès de ce dernier.

Article 54: Le capitaine de tout navire transportant des marchandises dangereuses, toxiques ou polluantes naviguant à proximité ou à l'intérieur des eaux territoriales, est tenu de signaler tout événement de mer survenu à son bord et qui est ou pourrait être de nature à

constituer des menaces de pollution ou de contamination du milieu marin, des eaux et des côtes nationales algériennes.

Un décret précisera les modalités d'application du présent article.

Chapitre VI

Délits et peines

Article 55: Est punie d'une amende de 1.000 à 10.000 D.A. et en cas de récidive d'une peine d'emprisonnement de 2 mois à 6 mois et d'une amende de 10.000 à 100.000 D.A. ou de l'une de ces deux peines seulement, toute personne auteur de pollution de l'atmosphère, au sens des articles 32, 33 et 34 de la présente loi.

Article 56: En cas de condamnation aux peines prévues à l'article 55, le juge fixe le délai dans lequel les travaux ou les aménagements prévus par la réglementation devront être exécutés.

En cas de non exécution des travaux ou des aménagements dans les délais prescrits, une amende de 2.500 à 25.000 D.A. est prononcée.

Le juge peut, en outre, ordonner que les travaux ou aménagements soient exécutés d'office aux frais du condamné et, le cas échéant, prononcer jusqu'à leur achèvement, l'interdiction d'utiliser les installations ou tout autre objet meuble ou immeuble qui sont à l'origine de la pollution atmosphérique.

Article 57: Les dispositions prévues dans le code de la route sont applicables en ce qui concerne les pollutions dues aux équipements de véhicules.

Article 58: En cas de condamnation pour infraction aux dispositions du chapitre 2 du titre III de la présente loi, le tribunal fixe le délai dans lequel l'exécution des travaux d'aménagement rendus nécessaires par la réglementation doivent être achevés.

Si les circonstances l'exigent, il peut, dans les cas où il n'y aurait pas lieu de procéder à des travaux ou aménagements, fixer un délai au condamné pour se soumettre aux obligations résultant de ladite réglementation.

Article 59: En cas de non-respect du délai prévu à l'article 58 ci-dessus, le tribunal peut prononcer une amende de 1.000 à 10.000 D.A. et éventuellement une astreinte dont le montant par jour de retard ne peut être inférieur à 1.000 D.A.

En outre, l'interdiction d'utiliser les installations qui sont à l'origine de la pollution, peut être prononcée jusqu'à l'achèvement des travaux ou l'aménagement ou l'exécution des obligations prescrites.

Article 60: Est puni d'une peine d'emprisonnement de 1 à 6 mois et d'une amende de 5.000 à 50.000 D.A. ou de l'une de ces deux peines seulement, quiconque aura fait fonctionner une installation en infraction ou une interdiction prononcée en application de l'article 59 ci-dessus.

Le tribunal peut également autoriser le wali ou le président de l'assemblée populaire communale, sur sa demande, à exécuter d'office les travaux ou aménagements nécessaires pour faire cesser l'infraction.

Article 61: Lorsque les déversements, écoulements, jets, dépôts directs ou indirects de matières constituant l'infraction proviennent d'un établissement industriel, commercial, artisanal ou agricole, les chefs, directeurs ou gérants de ces établissements peuvent être déclarés solidairement responsables du paiement des amendes et frais de justice dus par les auteurs de ces infractions.

Le coût des travaux ordonnés en application des articles 58, 59 et 60 ci-dessus, incombe à la personne physique ou morale dont le condamné est le préposé ou le représentant.

Article 62: Les infractions aux articles 41, 42, 43, 44 et 47 de la présente loi sont punies d'une peine d'emprisonnement de 2 mois à 2 ans et d'une amende de 1.000 à 500.000 D.A. ou de l'une de ces deux peines seulement.

Article 63: Lorsque les nécessités de l'enquête ou de l'information ainsi que la gravité de l'infraction l'exigent, le bâtiment, aéronef, engin ou plate-forme qui a servi à commettre l'une des infractions visées à l'article 48 de la présente loi peut être immobilisé sur décision du procureur de la République et du magistrat saisi.

A tout moment, l'autorité judiciaire compétente peut ordonner la levée de l'immobilisation s'il est fourni un cautionnement dont elle fixe le montant et les modalités de versement.

Les conditions d'affectation, d'emploi et de restitution du cautionnement sont réglées conformément aux dispositions du code de procédure pénale.

Article 64: Les infractions aux dispositions du chapitre 3 du titre III de la présente loi sont jugées par le tribunal compétent du lieu de l'infraction. Sont en outre, compétentes:

- s'il s'agit d'un bâtiment, engin ou plate-forme, le tribunal dans le ressort duquel il est immatriculé, s'il est algérien ou celui dans le ressort duquel il est trouvé, s'il est étranger ou non immatriculé.
- s'il s'agit d'un aéronef, le tribunal du lieu d'atterrissage, après le vol au cours duquel l'infraction a été commise.

Dans les autres cas, le tribunal d'Alger est compétent.

Article 65: Dans tous les cas, les droits des tiers à l'égard des auteurs de pollution sont et demeurent réservés.

Article 66: Est puni d'une amende de 50.000 à 500.000 D.A. et d'un emprisonnement de 6 mois à 2 ans ou de l'une de ces deux peines seulement et en cas de récidive, du double de ces peines, le capitaine d'un bâtiment algérien ou tout commandant de bord d'un aéronef algérien ou toute personne assumant la conduite des opérations d'immersion ou d'incinération en mer sur des engins algériens ou plates-formes fixes ou flottantes sous juridiction algérienne qui se sera rendu coupable d'infraction aux dispositions des articles 48 et 49 de la présente loi.

Article 67: Dans le cas prévu à l'article 50 de la présente loi, les immersions doivent être notifiées dans les plus brefs délais, par l'une des personnes visées à l'article 66 ci-dessus aux administrateurs des affaires maritimes, sous peine d'une amende de 10.000 à 100.000 D.A.

Cette notification devra mentionner, avec précision, les circonstances dans lesquelles sont intervenus les déversements, les immersions ou les incinérations.

Article 68: Sans préjudice des peines prévues à l'article 66 de la présente loi, si l'une des infractions a été commise sur ordre du propriétaire ou de l'exploitant du navire, de l'aéronef, de l'engin ou de la plate-forme, ce propriétaire ou cet exploitant est puni des peines prévues audit article, le maximum de ces peines étant toutefois porté au double.

Tout propriétaire ou exploitant d'un navire, d'un aéronef, d'un engin ou d'une plate-forme qui n'a pas donné au capitaine, au commandant de bord ou à la personne assumant la conduite des opérations d'immersion sur l'engin ou la plate-forme, l'ordre écrit de se conformer aux dispositions du chapitre 3 titre III, peut être poursuivi comme complice des infractions qui y sont prévues.

Lorsque le propriétaire ou l'exploitant est une personne morale, la responsabilité prévue aux deux alinéas ci-dessus incombe à celui ou ceux des représentants légaux ou dirigeants de fait qui en assurent la direction ou l'administration ou toute personne habilitée par eux.

Article 69: Est puni d'une amende de 500.000 à 5 millions de D.A. et d'un emprisonnement de 1 an à 5 ans, ou de l'une de ces peines seulement, et en cas de récidive, au double de ces peines, tout capitaine soumis aux dispositions de la convention internationale pour la prévention de la pollution des eaux de la mer par les hydrocarbures, signée à Londres le 12 mai 1954 et de ces modifications, qui se sera rendu coupable d'infraction aux dispositions de l'article 3 de ladite convention relative aux interdictions de rejet à la mer d'hydrocarbures ou de mélanges d'hydrocarbures.

Article 70: Est puni d'une amende de 50.000 à 500.000 D.A. ou du double, en cas de récidive, et d'un emprisonnement de 6 mois à 2 ans ou de l'une de ces deux peines seulement, tout capitaine d'un bâtiment non soumis aux stipulations de la convention mentionnée à l'article 69 de la présente loi qui aura commis les actes interdits par l'article 69 de la présente loi.

En cas de récidive, les peines sont portées au double.

Les dispositions du présent article ne sont applicables qu'aux bâtiments ci-après, à l'exception des bâtiments de la marine nationale:

- a) navires citernes,
- b) autres navires, lorsque la puissance installée de la machine propulsive est supérieure à une puissance installée fixée par le ministre chargé de la marine marchande,
- c) engins portuaires, chalands et bateaux-citernes fluviaux qu'ils soient automoteurs, remorqués ou poussés.

Article 71: Dans les eaux sous juridiction algérienne fréquentées normalement par les bâtiments de mer, les dispositions du chapitre 3 du titre III de la présente loi s'appliquent aux bâtiments

étrangers même immatriculés dans un territoire relevant d'un Gouvernement non contractant, à la convention de Londres du 12 mai 1954, et y compris les catégories de bâtiments énumérés à l'article 70 de la présente loi.

Est puni d'une amende de 50.000 à 500.000D.A., le capitaine qui par maladresse, imprudence, inattention, négligence ou inobservation des lois et règlements a provoqué, n'a pas maîtrisé ou n'a pas évité un accident de mer, ayant entraîné un rejet qui a pollué les eaux sous juridiction algérienne.

Les mêmes peines sont applicables au propriétaire, à l'exploitant ou à toute autre personne que le capitaine d'un navire mentionné aux articles 69 et 70 de la présent loi et qui aura causé un rejet dans les conditions prévues à l'alinéa ci-dessus.

N'est par punissable, en vertu du présent article, le rejet consécutif à des mesures justifiées par la nécessité d'éviter un danger grave et imminent menaçant la sécurité des navires, la vie humaine ou l'environnement.

Article 72: Toute infraction aux dispositions de l'article 54 de la présente loi est punie d'une amende de 50.000 à 500.000 D.A.

Article 73: Nonobstant les poursuites judiciaires en cas de dommages causés à toute personne, au milieu marin et aux installations, est puni d'un emprisonnement de 1 à 5 ans et d'une amende de 1 à 5 millions de D.A., l'infraction à l'article 54 de la présente loi suivie d'un rejet à l'intérieur des eaux territoriales d'hydrocarbures ou de mélanges d'hydrocarbures.

TITRE IV

PROTECTION CONTRE LES NUISANCES

Chapitre I

Des installations classées

Article 74: Sont soumis aux dispositions de la présente loi les usines, ateliers, chantiers, carrières et, d'une manière générale, les installations exploitées ou détenues par toute personne physique ou morale, publique ou privée, qui peuvent présenter des dangers ou des inconvénients soit pour la commodité du voisinage, soit pour la santé, la sécurité, la salubrité publique, soit pour l'agriculture, soit pour la protection de la nature et de l'environnement, soit pour la conservation des sites et monuments.

Article 75: Les installations visées à l'article 74 ci-dessus sont définies dans la nomenclature des installations classées, établie par décret.

Ce décret soumet les installations à autorisation ou à déclaration suivant la gravité des dangers ou des inconvénients que peuvent présenter les exploitations.

Article 76: Sont soumises à autorisation du ministre chargé de la protection de l'environnement, du wali ou du président de l'assemblée populaire communale et, selon leur importance, les installations qui présentent des dangers ou des inconvénients pour les intérêts visés à l'article 74 de la présente loi.

L'autorisation n'est accordée que si ces dangers ou inconvénients sont supprimés ou empêchés par les mesures que spécifie l'arrêté pris par le ministre chargé de la protection de l'environnement.

Le décret prévu à l'article 75 fixe les catégories d'installations soumises à l'autorisation du ministre, du wali ou du président de l'assemblée populaire communale.

Article 77: Sont soumises à une déclaration adressée au président de l'assemblée populaire communale concerné, les installations qui ne présentent pas des dangers ou des inconvénients aux intérêts visés à l'article 74 ci-dessus et qui doivent néanmoins, en raison de leurs activités, respecter les prescriptions générales édictées par la réglementation en vue d'assurer la protection desdits intérêts.

Article 78: Pour la protection des intérêts mentionnés à l'article 74 de la présente loi, un décret pris sur rapport du ministre chargé de la protection de l'environnement et des ministres concernés détermine les règles techniques visant certaines catégories d'installations soumises aux dispositions de la présente loi.

Ce décret s'impose de plein droit aux installations nouvelles. Il précise, après avis des ministères intéressés et consultation des organisations professionnelles concernées, les délais et les conditions dans lesquels il s'applique aux installations existantes.

Article 79: La demande d'autorisation est adressée à l'autorité compétente.

Lorsqu'il est exigé un permis de construire pour une installation nouvelle, l'exploitant est tenu d'adresser sa demande d'autorisation ou sa déclaration en même temps que la demande dudit permis.

Il doit renouveler sa demande d'autorisation ou sa déclaration soit en cas de transfert, soit en cas d'extension ou de transformation de ses installations ou de changement dans ses procédés de fabrication, entraînant des dangers ou inconvénients mentionnés à l'article 74 de la présente loi.

Article 80: L'autorisation prévue à l'article 76 de la présente loi est accordée, après enquête publique relative aux incidences éventuelles du projet pour les intérêts mentionnés à l'article 74 de la présente loi et en cas de besoin, après avis des ministères et collectivités locales intéressés.

Article 81: Les conditions d'installation et d'exploitation jugées indispensables pour la protection des intérêts mentionnés à l'article 74 de la présente loi, les moyens d'analyse et de mesure et les moyens d'intervention en cas de sinistre sont fixés par l'arrêté d'autorisation et éventuellement par des arrêtés complémentaires pris postérieurement à cette autorisation par l'autorité compétente, conformément aux prescriptions de l'article 78 de la présente loi.

Article 82: Les installations existantes soumises aux dispositions de la présente loi et qui, avant l'entrée en vigueur de celle-ci, étaient sous l'empire de l'ordonnance n° 76-04 du 20 février 1976 et du décret n° 76-34 du 20 février 1976 relatif aux établissements dangereux, insalubres ou incommodes susvisés, peuvent continuer sans autorisation ou déclaration prévue à l'article 76 de la présente loi.

Toutefois, avant une date fixée par décret et dans un délai qui ne pourra excéder deux ans à compter de l'entrée en vigueur de la présente loi, toute personne morale responsable de ces installations doit se faire connaître auprès des services de l'autorité compétente qui doit lui imposer les mesures propres à sauvegarder les intérêts mentionnés à l'article 74 de la présente loi.

Article 83: Lorsque l'exploitation d'une installation non comprise dans la nomenclature des installations classées, présente des dangers ou des inconvénients graves pour les intérêts mentionnés à l'article 74 de la présente loi, le wali met l'exploitant en demeure de prendre les mesures nécessaires pour faire disparaître les dangers ou les inconvénients dûment

constatés. Faute par l'exploitant de se conformer à cette injonction dans le délai imparti, il est fait application des mesures prévues à l'article 81 de la présente loi.

Article 84: Le ministre chargé de la protection de l'environnement dispose des pouvoirs d'autorisation d'enquête et de contrôle en matière de protection des intérêts visés à l'article 74 de la présente loi sur les installations classées, hormis celles dépendant du ministre de la défense nationale, qui dispose des mêmes pouvoirs pour les installations qui relèvent de son département.

Les procédures d'enquête et d'autorisation ainsi que les conditions de surveillance et de contrôle sont fixées par décret.

Article 85: Un décret pris sur le rapport du ministre chargé de la protection de l'environnement, peut ordonner la suppression de toute installation figurant ou non à la nomenclature prévue à l'article 75 de la présente loi qui présente, pour les intérêts mentionnés à l'article 74 de la présente loi, des dangers ou des inconvénients tels que les mesures prévues par la présente loi ne puissent les faire disparaître.

Article 86: Les personnes chargées de l'inspection des installations classées ou d'expertises sont assermentées et astreintes au secret professionnel dans les conditions et sous les sanctions prévues aux articles 301 et 302 du code pénal.

Elles peuvent visiter, conformément au code de procédure pénale, les installations soumises à leur surveillance.

Article 87: Sans préjudice des poursuites pénales qui peuvent être exercées et lorsqu'un inspecteur des installations classées ou un expert désigné par l'autorité compétente, a constaté l'inobservation des conditions imposées à l'exploitant d'une installation classée, celle-ci met en demeure l'exploitant de satisfaire à ces conditions dans un délai déterminé en informant, le cas échéant, le ministre de tutelle.

Si, à l'expiration du délai fixé pour l'exécution, l'exploitant n'a pas obtempéré à cette injonction l'autorité compétente peut:

- soit faire procéder d'office, aux frais de l'exploitant, à exécution des mesures prescrites,
- soit obliger l'exploitant à consigner entre les mains d'un comptable public une somme répondant au montant des travaux à réaliser, laquelle sera restituée à l'exploitant au fur et à mesure de l'exécution des travaux,

- soit suspendre par arrêté, le fonctionnement de l'installation jusqu'à l'exécution des conditions imposées, après information, le cas échéant, du ministre de tutelle.

Article 88: Pendant la durée de la suspension de fonctionnement prononcée en application de l'article 87 ci-dessus, l'exploitant est tenu d'assurer à son personnel le paiement des salaires, indemnités et rémunérations de toute nature auxquels il avait droit jusqu'alors.

Chapitre II

Des déchets

Article 89: Est un déchet au sens de la présente loi, tout résidu d'un processus de production, de transformation ou d'utilisation, toute substance, matériau, produit ou, plus généralement, tout bien, meuble abandonné ou que son détenteur destine à l'abandon.

Article 90: Toute personne physique ou morale qui produit ou détient des déchets, dans les conditions de nature à produire des effets nocifs sur le sol, la flore et la faune, à dégrader les sites ou les paysages, à polluer l'air ou les eaux, à engendrer des bruits et des odeurs et, d'une façon générale, à porter atteinte à la santé de l'homme et à l'environnement, est tenue d'en assurer ou d'en faire assurer l'élimination conformément aux dispositions de la présente loi, dans des conditions propres à éviter lesdits effets.

L'élimination des déchets comporte notamment: les opérations de collecte, transport, stockage, tri et traitement nécessaires à la récupération de l'énergie ou des éléments et matériaux réutilisables, ainsi qu'au dépôt ou au rejet dans le milieu naturel de tous autres produits dans des conditions propres à éviter les nuisances mentionnées à l'alinéa précédent.

Article 91: Les déchets de ménages sont traités conformément à la législation en vigueur, aux textes réglementaires et aux dispositions de la présente loi.

Article 92: Au cas où des déchets sont abandonnés, déposés ou traités contrairement aux prescriptions de la présente loi et des règlements pris pour son application, il est procédé d'office à l'élimination desdits déchets aux frais des responsables.

Les sommes dues, en conséquence, sont recouvrées sous les mêmes garanties et sanctions qu'en matière de contributions directes. Les litiges concernant la liquidation et le recouvrement de ces sommes relèvent de la chambre administrative compétente.

Est réputé abandon tout acte tendant, sous le couvert d'une cession à titre gratuit ou onéreux, à soustraire son auteur aux prescriptions de la présente loi et des règlements pris pour son application.

Article 93: Les dispositions de la présente loi appliquent sans préjudice des dispositions spéciales concernant notamment les installations classées aux déchets radio-actifs, aux eaux usées, aux effluents gazeux, aux cadavres d'animaux, aux épaves d'aéronefs, aux épaves maritimes, aux immersions ainsi qu'aux rejets provenant des navires.

Elles ne font pas échec à la responsabilité que toute personne encourt en raison des dommages causés à autrui notamment du fait de l'élimination des déchets qu'elle a détenus ou transportés ou provenant de produits qu'elle a fabriqués.

Article 94: Les producteurs ou importateurs doivent justifier que les déchets engendrés, à quelque stade que ce soit, par les produits qu'ils fabriquent ou importent sont de nature à être éliminés dans les conditions prescrites à l'article 90 de la présente loi.

Le ministre chargé de l'environnement est fondé à leur réclamer toutes informations utiles sur les modes d'élimination et sur les conséquences de leur mise en oeuvre.

Article 95: La fabrication, la détention en vue de la vente, la mise en vente, la vente et la mise à la disposition de l'utilisateur, sous quelque forme que ce soit, de produits générateurs de déchets peuvent être réglementés en vue de faciliter l'élimination desdits déchets ou en cas de nécessité interdites.

Il est faite obligation aux producteurs, importateurs et distributeurs de ces produits ou des éléments et matériaux entrant dans leur fabrication de pourvoir ou de contribuer à l'élimination des déchets qui en proviennent.

Il peut être faite obligation à ces mêmes producteurs, importateurs et distributeurs de prêter leur concours moyennant une juste rémunération, à l'élimination des déchets provenant de produits dès l'entrée en vigueur de la présente loi.

Il est prescrit aux détenteurs des déchets desdits produits de les remettre aux établissements ou aux services désignés par le ministre chargé de l'environnement dans les conditions qu'il définit.

Article 96: Les dispositions relatives aux installations classées prévues au chapitre 1, titre IV de la présente loi sont applicables aux installations d'élimination des déchets quel qu'en soit l'exploitant.

Article 97: Les entreprises qui produisent, importent transportent ou éliminent des déchets appartenant aux catégories définies par décret pris sur le rapport du ministre chargé de la protection de l'environnement et des ministres concernés comme pouvant soit en l'état, soit lors de leur élimination, causer des nuisances telles que celles qui sont mentionnées à l'article 90 de la présente loi sont tenues de fournir au ministre chargé de l'environnement toutes informations concernant l'origine, la nature, les caractéristiques, les quantités, la destination et les modalités d'élimination des déchets qu'elles produisent, remettent à un tiers ou prennent en charge.

Article 98: Pour certaines catégories de déchets visées à l'article 93 et précisées par décret, le ministre chargé de l'environnement fixe , sur tout ou partie du territoire national, les conditions d'exercice de l'activité d'élimination telle qu'elle est définie à l'article 93 de la présente loi et en particulier celles de transporteur de déchets.

Ces mêmes catégories de déchets ne peuvent être traitées que dans les installations prévues ou agréées.

Un décret pris sur le rapport du ministre chargé de l'environnement et les ministres concernés fixe les modalités d'application du présent article.

Article 99: Des plans approuvés par décret après enquête publique, définissent dans les limites territoriales qu'ils précisent les conditions dans lesquelles il doit être procédé à l'élimination de certaines catégories de déchets.

Article 100: Toute personne qui remet ou fait remettre des déchets appartenant aux catégories visées à l'article 97 de la présente loi, à tout autre personne que l'exploitant d'une installation d'élimination agréée est responsable avec cette dernière des dommages causés par ces déchets.

Article 101: L'élimination des déchets doit être assurée, aux stades correspondant à toutes les opérations mentionnées à l'article 90 de la présente loi dans les conditions propres à faciliter la récupération des matériaux ou formes d'énergie réutilisable.

Des décrets pris sur rapport du ministre chargé de l'environnement et des ministres concernés réglementent les modes d'utilisation de certains matériaux et celles des matériaux qui leur sont associés dans certaines fabrications.

La réglementation peut porter notamment sur l'utilisation de certains traitements, mélanges ou associations avec d'autres matériaux ou sur l'obligation de se conformer à certains modes de fabrication et de réutilisation.

Chapitre III

De la radio-activité

Article 102: Le présent chapitre a pour but de fixer les principes généraux de protection contre les dangers pouvant résulter de rayonnements ionisants.

Il s'applique à toute activité impliquant la protection de la population et de l'environnement, l'importation, la production, la fabrication, la détention, le transit, le transport, l'offre en vente, la vente, la cession à titre onéreux ou gratuit, la distribution et l'emploi à des fins commerciales, industrielles, scientifiques, médicales ou autres, d'appareils ou de substances capables d'émettre des rayonnements ionisants.

Il s'applique également aux opérations d'élimination ou d'évacuation des substances radioactives.

Article 103: Les dispositions du chapitre 1 du titre III de la présente loi ainsi que les dispositions pénales y afférentes sont applicables aux pollutions de tous ordres causées par les substances radioactives.

Des décrets déterminent les conditions de création, de fonctionnement et de surveillance des installations nucléaires.

Article 104: L'exercice des activités visées à l'article 102 de la présente loi, est soumis à un régime de dispense d'autorisation ou d'habilitation.

Article 105: Les conditions d'octroi des dispenses, autorisations et habilitations sont fixées par décret.
Le même décret détermine également les conditions de suspensions ou de suppressions de ces autorisations et habilitations.

Article 106: Sous réserve des dispenses prévues aux articles 104 et 105 ci-dessus, nul ne peut utiliser des substances radioactives ou un appareil d'irradiation.

Article 107: Quiconque détient lors de l'entrée en vigueur de la présente loi, des substances radioactives ou des appareils d'irradiations, est tenu d'envoyer au ministre chargé de la protection de l'environnement, dans le délai de trois (3) mois à compter de la promulgation de cette loi, une déclaration spécifiant la quantité, la qualité et la localisation de chaque type de substance détenue et d'appareils d'irradiation.

Article 108: Sous réserve des sanctions pénales, toute personne titulaire d'une dispense, d'une autorisation ou d'une habilitation, qui ne se conforme pas aux dispositions législatives relatives à la radio protection, peut faire l'objet d'une suspension ou d'un retrait de la dispense, de l'autorisation ou de l'habilitation.

Chapitre IV

Des substances chimiques

Article 109: Les dispositions du présent chapitre tendent à protéger l'homme et son environnement contre les risques qui peuvent résulter des substances chimiques tels qu'ils se présentent à l'état pur qu'incorporés dans les préparations.

Article 110: Le présent chapitre ne s'applique pas:

- 1° aux substances chimiques pour leur utilisation à des fins de recherche;
- 2° aux substances radio-actives.

Toutefois, des décrets doivent fixer les conditions dans lesquelles les dispositions réglementaires applicables au présent article déterminent les mesures propres à parer aux dangers que peut présenter leur dispersion dans l'environnement.

Article 111: Préalablement à la fabrication à des fins commerciales ou à l'importation d'une substance chimique qui n'a pas déjà fait l'objet d'une mise sur le marché algérien, tout producteur ou importateur doit adresser une déclaration au ministre chargé de l'environnement.

Si la substance présente des dangers pour l'homme et son environnement, il indique les précautions à prendre pour y parer.

Pour les substances chimiques ayant fait l'objet d'une mise sur le marché, tout producteur ou importateur doit adresser au ministre chargé de l'environnement, une déclaration lorsqu'un danger nouveau peut résulter soit des quantités mises sur le marché, soit du changement du procédé de fabrication, soit des conditions de la distribution ou de l'utilisation de la substance, en particulier des préparations auxquelles elles est incorporée, soit de sa dispersion dans l'environnement.

Les déclarations visées aux alinéas précédents sont assorties d'un dossier technique fournissant les éléments d'appréciation des dangers et des risques inacceptables que peut présenter les substances pour l'homme et son environnement.

Un décret pris sur le rapport du ministre chargé de l'environnement et des ministres concernés fixes les modalités d'application du présent article.

Article 112: Le ministre chargé de l'environnement après consultation des autorités et organismes concernés, peut inscrire la substance objet de la déclaration prévues à l'article 111 de la présente loi, sur une liste des produits dangereux pour l'homme et son environnement.

Article 113: Le fabricant ou l'importateur de substances chimiques autres que celles prévues à l'article 110 et destinées à la commercialisation est tenu de fournir au ministre chargé de l'environnement l'un ou plusieurs des éléments suivants:

1. la composition des préparations mises sur le marché et contenant la substance,
2. les échantillons de la substance ou les préparations en contenant,
3. les données chiffrées sur les quantités de substances pures ou en préparations qui ont été mises sur le marché ou diffusées, ventilées suivant les différents usages,
4. toutes les informations complémentaires sur les effets vis-à-vis de l'homme et de l'environnement.

Article 114: La fabrication à des fins commerciales ou l'importation des substances chimiques inscrites sur la liste prévue à l'article 112 de la présente loi peut être interdite ou subordonnée aux obligations ci-après:

1. mesure d'interdiction provisoire ou partielle de fabrication, de transport, de mise sur le marché ou de certains usages;

2. prescriptions tendant à restreindre ou réglementer, pour la substance ou ses préparations, la fabrication, la composition, le stockage, l'emploi pour certains usages, la mise sur le marché, la dénomination commerciale, la publication et l'élimination ainsi que toute autre condition nécessaire à la préservation de la santé publique ou de l'environnement.

Article 115: Les autorités administratives tiennent secrètes les informations relatives à l'exploitation et à la fabrication des substances et préparations tout en assurant, sous une forme appropriée, la publicité des renseignements d'ordre toxicologique recueillis à l'occasion de l'examen des dossiers desdites substances ou préparations.

Les personnes ayant accès aux dossiers ou aux renseignements au titre du présent chapitre sont tenues au secret professionnel selon les modalités prévues aux articles 301 et 302 du code pénal, sauf à l'égard des autorités judiciaires.

Un décret pris sur le rapport conjoint du ministre chargé de l'environnement et des ministres concernés, fixe les conditions permettant la protection, notamment dans les centres de traitement des intoxications, du secret de la formule intégrale des préparations.

Article 116: Les substances chimiques mises sur le marché avant l'entrée en vigueur de la présente loi et présentant des dangers pour l'homme ou son environnement, notamment en raison de leur incorporation dans certaines préparations ou celles qui ont déjà fait l'objet d'une déclaration mais pour lesquelles les informations nouvelles disponibles concernant ces dangers le justifieraient peuvent être examinées ou réexaminées à la diligence des ministres concernés. Ces derniers peuvent exiger de la part des producteurs ou importateurs la fourniture des dossiers techniques nécessaires à l'examen ou au réexamen de ces substances, lesquelles peuvent faire l'objet d'une inscription sur la liste prévue à l'article 112 et des mesures prévues à l'article 113 de la présente loi.

Les producteurs ou importateurs de substances chimiques ou de préparations sont tenus d'indiquer, au ministre chargé de l'environnement, les faits nouveaux découlant soit de l'amélioration des connaissances scientifiques et techniques, soit de l'observation des effets de ces substances et faisant apparaître de nouveaux dangers pour l'homme ou pour son environnement.

Article 117: Tous renseignements complémentaires ou essais de vérification peuvent être demandés par le ministre chargé de l'environnement aux producteurs ou importateurs et à leur charge.

Article 118: Les substances chimiques et les préparations fabriquées, importées ou mises sur le marché en infraction aux dispositions de la présente loi et qui présentent un danger pour l'homme ou son environnement, peuvent être saisies sur ordre du wali, par les fonctionnaires et agents énumérés à l'article 134 de la présente loi. Elles peuvent être laissées en dépôt dans les locaux où elles se trouvent, sous la garde de l'auteur de l'infraction; toutefois, si le danger le justifie, elles doivent être détruites ou neutralisées aux frais de l'auteur de l'infraction, dans les meilleurs délais.

Chapitre V

Du bruit

Article 119: Les immeubles, les établissements industriels, artisanaux ou agricoles et autres édifices, les animaux, les véhicules et autres objets mobiliers possédés, exploités ou détenus par toute personne physique ou morale sont construits, exploités ou utilisés de manière à satisfaire aux dispositions prises en application de la présente loi afin d'éviter l'émission de bruits susceptibles de causer une gêne excessive de nature à incommoder la population ou à nuire à sa santé.

Article 120: Lorsque les émissions de bruits sont susceptibles de constituer une gêne excessive pour la population ou de nuire à sa santé, les personnes visées à l'article 119 doivent mettre en oeuvre toutes les dispositions utiles pour les supprimer.

Article 121: Les prescriptions visées aux articles 119 et 120 font l'objet de décrets qui déterminent notamment:

1. les cas et conditions dans lesquels doit être interdite ou réglementée l'émission des bruits;
2. les délais dans lesquels il doit être satisfait à ces dispositions pour les immeubles, établissements, autres édifices, animaux, véhicules et autres objets mobiliers existants à la date de publication de chaque décret;
3. les cas et conditions dans lesquels le ministre chargé de l'environnement doit, avant l'intervention de la décision judiciaire, prendre, en raison de l'urgence, toutes les mesures exécutoires destinées d'office à faire cesser le trouble.

Chapitre VI

Des délits et des peines

Article 122: Quiconque exploite sciemment une installation sans l'autorisation ou la déclaration requise aux articles 76 et 77 de la présente loi ou en méconnaissant les conditions imposées par l'autorisation prévue, est puni d'une amende de 2.000 à 20.000 D.A.

En cas de récidive, il sera prononcé une peine d'emprisonnement de 2 à 6 mois et d'une amende de 20.000 à 100.000 D.A. ou l'une de ces deux peines seulement.

Article 123: En cas de condamnation conformément à l'article 122 ci-dessus, le jugement fixe, s'il y a lieu, le délai dans lequel doivent être respectées les dispositions légales auxquelles il a été contrevenu.

En cas de non-exécution dans le délai prescrit, une amende de 2.500 à 25.000 D.A. est prononcée.

Le tribunal peut prononcer l'interdiction d'utiliser les installations jusqu'à l'achèvement des travaux. Il peut, en outre, ordonner que ces derniers soient exécutés d'office aux frais de l'exploitant condamné.

Article 124: Quiconque fait fonctionner une installation en infraction à une mesure de fermeture ou de suspension de fonctionnement prise en application des dispositions des articles 87 et 123 de la présente loi, est puni d'une peine d'emprisonnement de 2 mois à 6 mois et d'une amende de 10.000 à 100.000 D.A. ou de l'une de ces deux peines seulement.

Article 125: Est puni d'une amende de 2.000 à 100.000 D.A. ou d'un emprisonnement de 2 mois à 2 ans ou de l'une de ces deux peines seulement, quiconque aura:

- refusé de fournir aux représentants assermentés du ministre chargé de l'environnement, les informations visées aux articles 94 et 97 de la présente loi ou fourni des informations inexactes;
- remis ou fait remettre les déchets définis à l'article 97, à tout autre exploitant d'une installation agréée;
- éliminé ou récupéré des déchets ou matériaux, sans satisfaire aux prescriptions fixées en application des articles 98, 99 et 101 de la présente loi;
- mis obstacle à l'accomplissement des contrôles ou à l'exercice des fonctions des agents chargés de la protection de l'environnement;
- enfreint les prescriptions des articles 90 et 91 de la présente loi.

Article 126: Toute omission ou négligence entraînant l'inobservation des dispositions du chapitre III du titre IV de la présente loi, tout acte ou tentative faits en violation desdites dispositions ou toute infraction aux conditions et restrictions dont est assortie une dispense, habilitation ou autorisation au titre de la présente loi, constitue un délit.

Ce délit, nonobstant toute autre sanction entraîne pour son auteur une amende de 2.000 à 20.000 D.A. et d'un emprisonnement de 1 à 6 mois, ou de l'une de ces deux peines seulement.

Article 127: Sans préjudice de l'application des dispositions de l'article 128 ci-dessous, toute personne qui a omis d'adresser la déclaration prévue à l'article 111 sera punie d'une amende de 1.000 à 30.000 D.A.

Article 128: Est puni d'un emprisonnement de 2 mois à 2 ans et d'une amende de 2.000 à 500.000 D.A. ou de l'une de ces deux peines seulement, toute personne:

1. qui a sciemment fourni des renseignements inexacts, susceptibles d'entraîner pour la substance considérée des prescriptions moins contraignantes que celles auxquelles elle aurait normalement dû être soumise ou dissimulé des renseignements dont elle pouvait avoir connaissance;
2. qui a omis de faire connaître, conformément à l'article 116, alinéa 2, les faits nouveaux visés à cet article;
3. qui n'a pas respecté les mesures d'interdiction ou les prescriptions édictées en application de l'article 114.

En outre, le tribunal peut ordonner la confiscation des substances et préparations mises sur le marché en infraction avec les mesures d'interdiction ou les prescriptions ci-dessus évoquées, l'interdiction totale de la mise sur le marché et de l'emploi de ces substances ou préparations ainsi que la fermeture temporaire ou définitive des installations de production en cause.

Le tribunal pourra également ordonner que le jugement de condamnation soit publié intégralement ou par extrait dans les journaux qu'il désignera, aux frais du condamné, sans toutefois que les frais de cette publication puissent dépasser le maximum de la peine d'amende encourue. Il peut, de plus, ordonner la diffusion, aux frais du condamné, d'une ou de plusieurs annonces de mise en garde. Le jugement fixe les termes des annonces et les modalités de leur diffusion et impartit au condamné un délai pour y faire procéder; en cas de carence, il est procédé à cette diffusion à la diligence du ministère public, aux frais du condamné.

Article 129: Est punie de 10 jours à 2 mois d'emprisonnement et d'une amende de 500 à 10.000 D.A. ou de l'une de ces deux peines seulement, toute personne auteur d'émission de bruits au sens des articles 119 et 120 de la présente loi.

En cas de récidive, les peines sont portées au double.

TITRE V

LES ETUDES D'IMPACT

Article 130: L'étude d'impact est un outil de base pour la mise en oeuvre de la protection de l'environnement.

Elle vise à faire connaître et évaluer les incidences directes et/ou indirectes des projets sur l'équilibre écologique ainsi que sur le cadre et la qualité de la vie de la population.

Article 131: Les travaux et projets d'aménagement qui nécessitent une autorisation ou une décision d'approbation définie par la présente loi, doivent respecter les préoccupations d'environnement.

Les études préalables à la réalisation de l'aménagement ou d'ouvrages qui, par l'importance de leurs dimensions ou de leurs incidences sur le milieu naturel, peuvent porter atteinte à ce dernier, doivent comporter une étude d'impact permettant d'en apprécier les conséquences.

Un décret pris sur le rapport du département ministériel chargé de l'environnement et des ministres concernés précise les modalités d'application du présent article.

Il fixe notamment:

- d'une part, les conditions dans lesquelles les préoccupations d'environnement sont prises en compte dans les procédures réglementaires existantes;
- d'autre part, le contenu de l'étude d'impact qui comprend au minimum une analyse de l'état initial du site et de son environnement, l'étude des modifications que le projet y engendrerait et les mesures envisagées pour supprimer, réduire et, si possible, compenser les conséquences dommageables pour l'environnement.

Les conditions dans lesquelles l'étude d'impact sera rendue publique;

La liste limitative des ouvrages qui, en raison de la faiblesse de leurs répercussions sur l'environnement, ne sont pas soumis à la procédure de l'étude d'impact;

Il fixe également les conditions dans lesquelles le ministre chargé de l'environnement pourra se saisir ou être saisi pour avis de toute étude d'impact.

Article 132: Quiconque engage la réalisation d'aménagement ou d'ouvrage en infraction des dispositions de l'article 131 de la présente loi est puni d'une amende de 2.000 à 20.000 D.A.

Le juge saisi peut ordonner, lorsqu'il y a atteinte grave à l'environnement, l'arrêt des travaux et même la remise des lieux en l'état.

Article 133: Quiconque engage la réalisation d'aménagement ou d'ouvrage après le refus de l'autorisation prévue à l'article 131 de la présente loi, est puni d'un emprisonnement de 2 mois à 2 ans et d'une amende de 5.000 à 500.000 D.A. ou à l'une des deux peines seulement.

En cas de récidive, les peines et amendes sont portées au double.

Le juge ordonne l'arrêt des travaux et la remise des lieux en l'état.

TITRE VI

DE LA RECHERCHE ET DE LA CONSTATATION DES INFRACTIONS

Chapitre I

De la police chargée de la protection de l'environnement

Article 134: Ont qualité de police de protection de environnement:

1. les officiers et agents de police judiciaire,
2. les fonctionnaires et agents chargés de certaines fonctions de police judiciaire prévues aux articles 21 et suivants du code de procédure pénale.
3. les officiers et agents de la protection civile,
4. les inspecteurs chargés de la protection de l'environnement,
5. les différents agents chargés de la protection de l'environnement et prévus par la législation en vigueur.

Article 135: Indépendamment des agents prévus à l'article 134, sont habilités à rechercher et à constater les infractions aux dispositions du chapitre III du titre III de la présente loi:

- les administrateurs des affaires maritimes.
- les inspecteurs de la navigation et des travaux maritimes.
- les contrôleurs de la navigation et des travaux maritimes,
- les officiers des ports,
- les agents de service national des gardes-côtes,
- les commandants des bâtiments de la marine nationale,
- les syndics des gens de mer,
- les fonctionnaires des corps techniques de la navigation aérienne,
- les ingénieurs du service de la signalisation maritime,
- les commandants des navires océanographiques de l'Etat,
- les agents techniques de l'institut de recherche scientifique, technique et océanographique,
- les agents des douanes.

Et à l'étranger, les consuls algériens sont chargés de rechercher les infractions aux dispositions du chapitre III du titre III de la présente loi, de recueillir, à cet effet, tout renseignement en vue de découvrir les auteurs de ces infractions et d'en informer le ministre chargé de la protection de l'environnement et les ministres concernés.

Article 136: Les corps d'inspecteurs chargés de la protection de l'environnement sont créés par décrets pris sur rapport du ministre chargé de la protection de l'environnement.

Les inspecteurs de la protection de l'environnement exercent les mêmes pouvoirs que ceux accordés aux fonctionnaires et agents prévus à l'article 21 du code de procédure pénale.

Chapitre II

Procédure

Article 137: Les actes de procédures des inspecteurs chargés de la protection de l'environnement sont les mêmes que ceux définis par le code de procédure pénale.

Article 138: Les procès-verbaux dressés par les inspecteurs chargés de la protection de l'environnement font foi jusqu'à preuve du contraire.

Article 139: Quiconque met les agents de la police chargés de la protection de l'environnement dans l'impossibilité d'accomplir leurs fonctions ou y a mis obstacle est puni conformément aux articles 184 et suivants du code pénal.

Article 140: La présente loi sera publiée au *journal officiel* de la République algérienne démocratique et populaire.

Faite à Alger, le 5 février 1983.

Chadli BENDJEDID

27 juin 1996 Décret relatif aux déchets

Le Conseil régional wallon a adopté et Nous, Gouvernement, sanctionnons ce qui suit:

Art. 2.

Au sens du présent décret, on entend par: 1° déchet: toute matière ou tout objet qui relève des catégories figurant à l'annexe I dont le détenteur se défait ou dont il a l'intention ou l'obligation de se défait;

2° déchets ménagers: les déchets provenant de l'activité usuelle des ménages et les déchets assimilés à des déchets par arrêté du Gouvernement;

3° déchets agricoles: tous déchets résultant de l'activité agricole, horticole ou d'élevage;

4° déchets industriels: les déchets provenant d'une activité à caractère industriel, commercial ou artisanal non assimilés aux déchets ménagers;

5° déchets dangereux: les déchets qui représentent un danger spécifique pour l'homme ou l'environnement parce qu'ils sont composés d'un ou plusieurs constituants et qu'ils possèdent une ou plusieurs caractéristiques, énumérées par le Gouvernement, conformément aux prescriptions européennes en vigueur;

6° déchets inertes: les déchets qui, de par leurs caractéristiques physico-chimiques, ne peuvent à aucun moment altérer les fonctions du sol, de l'air ou des eaux ni porter atteinte à l'environnement ou à la santé de l'homme;

7° déchets d'activités hospitalières et de soins de santé: les déchets provenant des hôpitaux, des hôpitaux psychiatriques, des maisons de soins psychiatriques, des maisons de repos et des maisons de repos et de soins, des laboratoires médicaux, des dispensaires médicaux, des cabinets de médecin, de dentiste ou de vétérinaire et de prestations de soins à domicile;

8° gestion: la collecte ou le transport ou la valorisation ou l'élimination des déchets, y compris la surveillance de ces opérations, ainsi que la surveillance et la remise en état des sites d'élimination ou de valorisation après leur fermeture; En vigueur du 02/08/96 au 31/12/96 page 2 / 29

9° élimination: toute opération prévue à l'annexe II du présent décret et toute autre opération définie par le Gouvernement conformément aux prescriptions européennes en vigueur;

10° valorisation: toute opération prévue à l'annexe III du présent décret et toute opération définie par le Gouvernement conformément aux prescriptions européennes en vigueur;

11° recyclage: valorisation, y compris le compostage, consistant en la récupération de matières premières ou de produits des déchets, à l'exclusion de l'énergie;

12° regroupement: toute opération prévue à l'annexe IV du présent décret et toute opération définie par le Gouvernement conformément aux prescriptions européennes en vigueur;

13° prétraitement: processus physique, chimique, thermique ou biologique qui modifie les caractéristiques des déchets de manière à réduire leur volume ou leur caractère dangereux, à faciliter la manipulation, à favoriser la valorisation ou à permettre l'élimination;

14° collecte: activité de ramassage, de regroupement et/ou de tri des déchets;

15° transport: ensemble des opérations de chargement, d'acheminement et de déchargement des déchets;

16° transfert: activité visant à transférer des déchets à l'intérieur, vers l'intérieur ou vers l'extérieur de la Région wallonne, à l'exclusion des déchets en transit;

17° installation: site aménagé pour la collecte, la valorisation ou l'élimination des déchets;

18° établissement temporaire: site ou appareillage utilisé à des fins d'opérations ou activités occasionnelles et dont les dangers, nuisances ou inconvénients directs sont limités à la durée de l'autorisation;

19° centre d'enfouissement technique: installation d'élimination contrôlée où des déchets sont définitivement entreposés sur ou dans le sol;

20° remise en état: ensemble d'opérations en vue de la réintégration du site dans l'environnement eu égard à la réaffectation de celui-ci à un usage fonctionnel et/ou en vue de la suppression des risques de pollution à partir de ce site;

21° producteur: toute personne dont l'activité produit des déchets (« producteur initial ») et/ou toute personne qui effectue des opérations de prétraitement, de mélange ou autres conduisant à un changement de nature ou de composition de ces déchets;

22° détenteur: toute personne en possession des déchets ou les contrôlant légalement;

23° administration: le Directeur général de la Direction générale des ressources naturelles et de l'environnement du Ministère de la Région wallonne, ou son délégué;

24° Office: l'Office wallon des déchets;

25° fonctionnaire chargé de la surveillance: le fonctionnaire désigné comme tel par le Gouvernement.

Décret n° 84-378 du 15 décembre 1984 fixant les conditions de nettoyage, d'enlèvement et du traitement des déchets solides urbains

Le Président de la République,
Sur le rapport du ministre de l'intérieur et des collectivités locales,
Vu la Constitution et notamment ses articles 111-10° et 152;
Vu l'ordonnance n° 66-156 du 8 juin 1966, modifiée et complétée, portant code pénal;
Vu l'ordonnance n° 67-24 du 18 janvier 1967, modifiée et complétée, portant code communal;
Vu l'ordonnance n° 67-281 du 20 décembre 1967 relative aux fouilles et à la protection des sites et monuments historiques et naturels;
Vu l'ordonnance n° 69-38 du 23 mai 1969, modifiée et complétée, portant code de la wilaya;
Vu l'ordonnance n° 75-58 du 26 juin 1975, modifiée et complétée, portant code civil;
Vu l'ordonnance n° 76-4 du 20 février 1976 relative aux règles applicables en matière de sécurité contre les risques d'incendie et de panique et à la création de commissions de prévention et de protection civile;
Vu l'ordonnance n° 76-79 du 23 octobre 1976 portant code de la santé publique;
Vu la loi n° 82-02 du 6 février 1982 relative au permis de construire et au permis de lotir;
Vu la loi n° 83-03 du 05 février 1983 relative à la protection de l'environnement;
Vu la loi n° 83-17 du 16 juillet 1983 portant code des eaux;
Vu le décret n° 76-34 du 20 février 1976 relatif aux établissements dangereux, insalubres ou incommodes;
Vu le décret n° 80-288 du 20 décembre 1980 portant statut particulier du corps des inspecteurs des services publics locaux;
Vu le décret n° 81-267 du 10 octobre 1981 relatif aux attributions du président de l'assemblée populaire communale en matière de voirie, de salubrité et de tranquillité publique;
Vu le décret n° 83-666 du 12 novembre 1983 fixant les règles relatives à la copropriété et à la gestion des immeubles collectifs;
Décrète:

Article 1er. - Le présent décret a pour objet de déterminer les conditions dans lesquelles il sera procédé au nettoyage, à l'enlèvement et au traitement des déchets solides urbains.

CHAPITRE I

Dispositions générales

Art. 2. - Les déchets solides urbains s'entendent aux termes du présent décret des déchets domestiques et ceux qui leur sont assimilables par la nature et le volume. Il s'agit notamment:

- a) des ordures ménagères individuelles ou collectives,
- b) des produits provenant du nettoyage tels que balayage, curage des égouts,
- c) des déchets encombrants, objets volumineux, ferrailles, gravats, décombres, carcasses automobiles,
- d) les déchets anatomiques ou infectieux provenant des hôpitaux, cliniques ou centre de soins,
- e) les déchets et issues d'abattoirs,
- f) les cadavres de petits animaux,
- g) des déchets commerciaux, emballages et autres résidus générés par les activités commerciales.

Cette liste peut, en tant que de besoin et en fonction des conditions particulières à chaque commune, être complétée par arrêté du wali et inclure les déchets assimilables par leur caractéristique ou leur volume aux catégories visées ci-dessus.

Art. 3. - L'assemblée populaire communale organise, dans les conditions définies dans le présent chapitre, sur son territoire soit directement,

soit en association, par l'intermédiaire, d'organismes intercommunaux et/ou appropriés, un service de collecte et d'élimination des déchets solides urbains, à l'exclusion des déchets mentionnés ci-après et qui feront l'objet d'une réglementation particulière:

- les déchets industriels,
- les déchets radio-actifs,
- les matières fécales.

CHAPITRE II

Collecte et évacuation des déchets solides urbains

Section I

Collecte des ordures ménagères

Art. 4. - Dans les chefs-lieux de communes et les zones agglomérées sises sur le territoire de la commune et dont le nombre d'habitants atteint ou dépasse mille (1.000), l'assemblée populaire communale procède de manière régulière et permanente à la collecte et au transport des déchets solides vers les lieux destinés à leur traitement. Dans les agglomérations présentant un centre ville et une banlieue, le président de l'assemblée populaire communale organise une collecte dans les conditions suivantes:

- au centre ville, au minimum une fois par jour,
- en banlieue, au minimum tous les deux jours,

Pour chaque cas, l'assemblée populaire communale détermine la fréquence et les horaires de collectes à même de préserver le maintien du bon état de propreté dans les agglomérations.

Art. 5. - L'assemblée populaire communale fait procéder à une collecte des ordures ménagères, tous les deux (2) jours au moins dans les zones d'habitations agglomérées groupant plus de cinq cents (500) habitants. Dans les autres zones, l'assemblée populaire communale organise une collecte appropriée des ordures ménagères de façon à ce que les résidus soient enlevés toutes les fois que leur volume est susceptible d'engendrer nuisances ou inconvénients.

Art. 6. - L'assemblée populaire communale maintient la propreté au niveau des plages autorisées et dont la gestion relève de sa compétence.

Art. 7. - L'assemblée populaire communale fait procéder à l'enlèvement des ordures ménagères moyennant une redevance à la charge du gérant et dont le montant est fixé, dans le cadre des lois et règlements en vigueur:

- durant la saison estivale dans les zones groupant plus de cent (100) habitants,
- en saison, dans les communes balnéaires thermales ou de tourisme,
- en saison, dans les communes comportant des terrains aménagés pour le camping.

Art. 8. - Le président de l'assemblée populaire communale définit par arrêté, en conformité avec les dispositions du présent décret, les modalités de la collecte des ordures ménagères. Ledit arrêté précise en particulier:

- la fréquence d'enlèvement,
- l'horaire de passage des véhicules,
- les récipients à utiliser pour la présentation des déchets,
- les emplacements des bacs de reprises ou dépôts intermédiaires,
- l'horaire de mise sur la voie publique des récipients contenant les ordures ménagères en vue de leur enlèvement par le service de collecte.

L'arrêté indique également l'emplacement du lieu de traitement ou des décharges publiques autorisées ainsi que la ou les distances qui les séparent du centre ville.

Section 2

Collecte des déchets encombrants

Art. 9. - En matière de collecte des déchets encombrants, l'assemblée populaire communale informe, par tous les moyens appropriés, le public des lieux spécialement aménagés à l'effet d'acheminer et de déposer, en vue de leur collecte, les déchets encombrants définis à l'article 2 ci-dessus.

Elle assure également l'enlèvement de tout déchet encombrant abandonné sur le territoire de la commune. Dans le cas où l'auteur du déchet encombrant

abandonné est identifié, il sera mis en demeure de procéder par ses moyens à son enlèvement, et ce, sans préjudice des sanctions prévues par la législation en vigueur.

Art. 10. - L'assemblée populaire communale assure l'enlèvement des biens mobiliers usagers provenant des habitations dans les communes, chefs-lieux de wilaya ainsi que dans les communes sièges de daïra et celles dont le nombre d'habitants dépasse vingt milles (20.000).

L'assemblée populaire communale organise sur son territoire, au moins une (1) fois par mois et par quartier, un enlèvement des biens mobiliers usagés provenant des habitations.

La date, les horaires ainsi que les conditions d'entreposage en vue de l'enlèvement, par le service public communal, des déchets encombrants ménagers définis à l'alinéa cidessus, sont fixés par le service de nettoyage et portés à la connaissance des habitants par tous moyens appropriés.

Art. 11. - Dans le cas où l'assemblée populaire communale organise elle-même l'enlèvement des déchets encombrants, elle fixe les modalités par arrêté de son président et informe le public par tous moyens appropriés.

A l'exclusion des biens mobiliers usagés provenant des habitations, l'enlèvement des déchets encombrants constitue un service communal rémunéré. La redevance y afférente est fixée, compte tenu des charges supportées par l'assemblée populaire communale et conformément aux lois et règlements en vigueur, par délibération.

Section 3

Collecte des déchets hospitaliers et assimilés

Art. 12. - En matière de déchets solides générés par les établissements hospitaliers et assimilés, l'assemblée populaire communale assure l'enlèvement des déchets non contaminés assimilables aux déchets ménagers.

Art. 13. - Les déchets contaminés ci-dessous désignés sont éliminés par les moyens propres aux établissements hospitaliers et centres de soins et à leurs frais par incinération:

- les déchets anatomiques, cadavres d'animaux, fumiers putrescibles,
- tout objet, aliment, matériau souillé, milieu de culture porteur de germes pathogènes tels qu'objets à usage unique, plâtres, textiles souillés de caractère non putrescible,
- les produits liquides et déchets d'autopsie.

Section 4

Collecte des déchets d'abattoirs

Art. 14. - Le transport et la destruction des déchets d'abattoirs sont effectués par le service communal gestionnaire ou, le cas échéant, par l'adjudicataire. Dans tous les cas, la destruction se fait soit par incinération dans des fours spécialisés, soit par enfouissement aux endroits désignés par l'assemblée populaire communale et après recouvrement à la chaux vive.

Section 5

Collecte des produits du nettoyage des voies publiques

Art. 15. - L'assemblée populaire communale assure la collecte et l'évacuation des produits du nettoyage des voies publiques ou assimilées. L'assemblée populaire communale indique les points de dépôts intermédiaires où sont entreposés les produits du balayage. Ces points sont conçus et réalisés de manière à ne présenter aucune incommodité ou nuisance pour le voisinage, l'environnement, la santé publique ou l'esthétique des lieux. L'emplacement des points de dépôts intermédiaires est maintenu en état de propreté permanente par le service communal de nettoyage.

Section 6

Collecte des produits du nettoyage des halles, marchés et foires

Art. 16. - L'assemblée populaire communale est chargée de l'enlèvement des résidus urbains provenant des halles, marchés, foires et, de manière générale, des points de rencontres commerciales.

Toutefois, les gérants des surfaces commerciales sus-indiquées rassemblent dans des récipients adéquats les résidus urbains devant être évacués par les services communaux de nettoyage.

Section 7

Collecte sélective

Art. 17. - L'assemblée populaire communale met en place, de manière progressive, un procédé de collecte sélective de matériaux et déchets réutilisables en vue de leur récupération et de leur recyclage dans le circuit industriel.

Cette collecte sélective est mise en oeuvre, en fonction du volume des déchets solides recyclables et des avantages inhérents à chacun des systèmes, soit:

- par collecte spéciale en porte à porte venant en supplément ou en substitution de la collecte ordinaire,
- par collecte simultanée, également effectuée en porte à porte, mais dans le cadre de la collecte normale, ou de celles des déchets encombrants.

Art. 18. - Dans le cas où l'assemblée populaire communale organise une collecte sélective de déchets solides réutilisables, il sera passé une convention avec l'organisme chargé du retraitement des déchets récupérés.

Ladite convention passée entre l'assemblée populaire communale et l'organisme chargé du retraitement des déchets recyclables spécifié, en conformité avec une convention-type définie par arrêté conjoint du ministre de l'intérieur et des collectivités locales et du ministre dont relève l'organisme concerné, les conditions et modalités dans lesquelles s'effectuent l'enlèvement et l'acheminement des déchets récupérables vers les unités de recyclage et les tarifs appliqués.

Section 8

Collecte des cadavres d'animaux

Art. 19. - L'assemblée populaire communale assure l'enlèvement de tout cadavre d'animal trouvé sur la voie publique située à l'intérieur ou à proximité des agglomérations sises sur son territoire. En l'absence d'installation spécialisée, les cadavres sont enterrés dans les cimetières d'animaux créés à cet effet, après constat par les services vétérinaires, d'absence de maladie contagieuse.

Section 9

Collecte des déchets industriels

Art. 20. - L'assemblée populaire communale établit un inventaire des déchets industriels après déclaration de chaque industrie sise sur son territoire.

Elle indique à ces industries le lieu de traitement où sont obligatoirement acheminés, aux frais des intéressés, les déchets industriels.

L'assemblée populaire communale effectue la collecte des déchets générés par les activités industrielles déployées sur son territoire, après accord préalable des parties, donnant lieu à rémunération.

Art. 21. - Le dépôt des déchets industriels acheminés par leurs propriétaires vers les décharges communales exploitées en décharges contrôlées ou dans les unités communales de compostage ou d'incinération est soumis à une redevance fixée dans le cadre des lois et règlements en vigueur, par délibération de l'assemblée populaire communale concernée.

CHAPITRE III

TRAITEMENT DES DECHETS SOLIDES URBAINS

Section 1

Mode de traitement

Art. 22. - Nonobstant le nombre d'habitants l'assemblée populaire communale assure ou fait assurer le traitement des déchets solides urbains.

Le traitement est effectué au moyen des procédés suivants:

- la décharge surveillée,
- la décharge contrôlée,
- la décharge compostée,
- la décharge broyée,
- le compostage,

- l'incinération,

Art. 23. - Le choix du mode de traitement des déchets doit rechercher le procédé le plus indiqué au plan de la préservation de l'hygiène, de la facilité d'exploitation et de la récupération des déchets.

Art. 24. - Nonobstant le ou les modes de traitement des résidus urbains, l'assemblée populaire communale crée un lieu de décharge pour les déchets provenant de son territoire.

Elle prend toutes mesures à l'effet de proscrire les décharges sauvages sur son territoire.

Section 2

Choix du site

Art. 25. - Outre les dispositions générales et particulières en matière de protection de l'environnement prévues par les lois et règlements en vigueur, tout choix de site pour le traitement des déchets solides, est soumis à autorisation du wali.

La demande de réalisation d'une décharge contrôlée ou d'une unité de traitement des déchets solides urbains et industriels est accompagnée d'études d'impact et de faisabilité ainsi que de toutes informations utiles se rapportant aux prévisions d'exploitation sur une période de quinze (15) années.

Ladite demande est soumise à l'avis de chacun des directeurs des exécutifs concernés.

Art. 26. - Quel que soit le type de traitement retenu par l'assemblée populaire communale, l'emplacement choisi devra satisfaire aux conditions suivantes:

- a) être le plus rapproché possible du centre du secteur de collecte de manière à réduire les charges de transport, mais cependant, assez éloigné des habitations les plus proches;
- b) la distance minimale à respecter entre le site de traitement et l'habitation la plus proche devra obligatoirement être supérieure à deux cents (200) mètres;
- c) la distance d'éloignement du lieu de traitement par rapport au cours ou plans d'eau est fixée par l'étude hydrogéologique;
- d) tenir compte aussi bien du projet d'extension et d'aménagement de l'agglomération tels qu'ils sont définis dans les documents du plan directeur d'urbanisme, ou le cas échéant, du plan provisoire d'urbanisme, que de la nécessité de réduire au minimum et en tout lieu les nuisances que peuvent engendrer les déchets;
- e) tenir compte de l'impératif et des possibilités de récupération et du traitement des déchets recyclables;
- f) procéder à une enquête hydrogéologique pour s'assurer que les eaux de ruissellement ou d'infiltrations ne pourront rejoindre une nappe souterraine;
- g) proscrire l'utilisation de caractères souterraines puits gouffres comme décharges de déchets et résidus urbains;
- h) proscrire la décharge des déchets et résidus urbains dans les points d'eau de toute nature.

Art. 27. - Une décharge contrôlée à faible distance d'habitation peut être exceptionnellement autorisée sur un terrain vague insalubre pouvant être rapidement comblé.

Art. 28. - Dans tous les cas où il est établi l'existence d'une nappe phréatique sous le site prévu pour l'emplacement d'un lieu de traitement des déchets solides urbains, l'autorisation prévues à l'article 25 ci-dessus spécifie les précautions devant être prises pour une protection absolue de la nappe phréatique.

Celles-ci concernent notamment:

- le drainage du sol;
- l'imperméabilisation de la base de la décharge par un compostage d'argile ou de marne d'épaisseur suffisante ou la réalisation d'un fond étanche par la mise en place d'un film plastique. Dans les deux cas précités,

l'effluent qui s'écoule à la base est traité avant rejet dans le milieu naturel.

Section 3

Aménagement du site

Art. 29. - Le site de traitement est aménagé comme suit:

- a) entourer par une clôture en matériaux résistants d'une hauteur minimale de deux (2) mètres;
- b) les issues sont fermées par un portail ou une barrière et sont surveillées et gardées pendant les heures d'ouverture et fermées en dehors de ces heures;
- c) des voies intérieures sont aménagées pour assurer une circulation facile par tous les temps aux véhicules appelés à circuler;
- d) tous les locaux construits sur le site sont aménagés conformément aux dispositions de la législation du travail et de la santé publique en vigueur.

En outre, dans les décharges contrôlées, l'aménagement prévoit en fonction du tonnage admis, la limitation comparative du front de décharge soit:

- 10 mètres pour les petites décharges,
- 50 mètres pour les grandes décharges.

Section 4

Exploitation

Art. 30. - En liaison avec les horaires de collecte et les horaires de traitement, des heures d'ouverture du lieu de traitement sont précisées pour les apports des déchets générés par les particuliers.

Art. 31. - Pour les décharges contrôlées, l'exploitant doit recouvrir quotidiennement les déchets mis en place selon les techniques appropriées.

Art. 32. - Sont admis dans les décharges publiques communales autorisées et autres unités de traitement, les déchets solides urbains suivants:

- les ordures ménagères et assimilées,
- les déblais et gravats,
- les cendres et mâchefers refroidis,
- les déchets encombrants,
- les boues pelletables des stations d'épuration.

Ne sont pas admis dans les décharges

publiques communales autorisées et autres unités de traitement, les déchets solides industriels et urbains suivants:

- les liquides contenant des produits chimiques, même s'ils sont en bidons clos,
- les déchets industriels solides divers, susceptibles à s'enflammer spontanément,
- les produits solides pulvérulents ou boues présentant un risque de pollution chimique ou de toxicité,
- les résidus industriels solubles, présentant un risque sérieux du fait qu'ils sont susceptibles de passer directement dans les eaux traversant la décharge, ainsi que ceux présentant des particularités susceptibles de réagir défavorablement avec les autres résidus admis à la décharge ou le milieu ambiant,
- les matières colorantes,
- les matières radioactives.

L'enlèvement, le transport et le traitement des déchets visés à l'alinéa 2 ci-dessus seront réalisés conformément aux dispositions de la loi n° 83-03 du 5 février 1983 susvisée.

Art. 33. - L'assemblée populaire communale informe par tous moyens appropriés, les administrés, les conditions et des moyens de nettoyage, l'enlèvement et de traitement des différents types de déchets mis à leur disposition.

Art. 34. - Les lieux de dépôt ou de traitement des déchets solides sont signalés au moyen de panneaux.

Les dits panneaux comportent, de manière lisible l'indication du lieu dit où se situe le dépôt ou l'unité de traitement et une indication significative de l'itinéraire qui y mène ainsi que la distance.

Section 5

Contrôle et protection du site

Art. 35. - Les services sanitaires compétents de la wilaya effectuent des contrôles mensuels de l'exploitation des lieux de traitement des déchets solides urbains et s'assurent de la non prolifération des vecteurs de maladies.

Art. 36. - Les services de l'hydraulique compétents de la wilaya effectueront des contrôles tous les trois mois au moins, des lieux de traitement des déchets solides urbains, et vérifient la non existence de pollution des nappes souterraines et des eaux de surface avoisinantes.

Art. 37. - Les contrôles prévus aux articles 35 et 36 ci-dessus donnent lieu à un rapport adressé au président de l'assemblée populaire communale et au wali à l'effet d'arrêter, éventuellement, chacun en ce qui le concerne, les mesures qui s'imposent.

Art. 38. - Dans le cadre fixé à l'article 8 ci-dessus, un arrêté du président de l'assemblée populaire communale définit les conditions suivant lesquelles les personnes physiques ou morales desservies par un service de collecte déposent ou présentent leurs déchets.

Art. 39. - L'assemblée populaire communale met en oeuvre toutes mesures de natures à proscrire le chiffonnage à tous les stades de la collecte des déchets.

Art. 40. - Les administrateurs des immeubles collectifs veillent au maintien en bon état de propreté des lieux.

Ils sont notamment chargés:

- de faire procéder au balayage quotidien des parties communes des immeubles,
- de veiller à l'entreposage des déchets aux endroits et heures indiqués suivant le cadre fixé à l'article 8 ci-dessus.

CHAPITRE IV

Dispositions particulières

Art. 41. - Dans les deux mois qui suivent la publication du présent décret au Journal officiel de la République algérienne démocratique et populaire, les walis élaborent, en conformité avec les dispositions du présent décret et compte tenu des particularités propres à leurs wilaya respectives, un règlement type déterminant les conditions dans lesquelles il est procédé, sur le territoire de la wilaya, à la gestion des résidus urbains.

Art. 42. - Le président de l'assemblée populaire communale prend, dans les conditions définies par le code communal, un arrêté réglementant, en conformité avec le règlement de wilaya institué à l'article précédent, les modalités de collecte et l'élimination des déchets solides urbains et industriels.

L'arrêté visé à l'alinéa ci-dessus fait l'objet d'une large diffusion par les moyens appropriés.

Art. 43. - Le présent décret sera publié au Journal officiel de la République algérienne démocratique et populaire.

Loi n° 2001-19 du 27 Ramadhan 1422 correspondant au 12 décembre 2001 relative à la gestion, au contrôle et à l'élimination des déchets

Article 3 Au sens de la présente loi on entend par: Déchets: tout résidu d'un processus de production, de transformation ou d'utilisation, et plus généralement toute substance, ou produit et tout bien meuble dont le propriétaire ou le détenteur se défait, projette de se défaire, ou dont il a l'obligation de se défaire ou de l'éliminer. Déchets ménagers et assimilés: tous déchets issus des ménages ainsi que les déchets similaires provenant des activités industrielles, commerciales, artisanales et autres qui, par leur nature et leur composition, sont assimilables aux déchets ménagers. Déchets encombrants: tous déchets issus des ménages qui en raison de leur caractère volumineux ne peuvent être collectés dans les mêmes conditions que les déchets ménagers et assimilés. Déchets spéciaux: tous déchets issus des activités industrielles, agricoles, de soins, de services et toutes autres activités qui, en raison de leur nature et de la composition des matières qu'ils contiennent, ne peuvent être collectés, transportés et traités dans les mêmes conditions que les déchets ménagers et assimilés et les déchets inertes. Déchets spéciaux dangereux: tous déchets spéciaux qui, par leurs constituants ou par les caractéristiques des matières nocives qu'ils contiennent, sont susceptibles de nuire à la santé publique et/ou à l'environnement. Déchets d'activité de soins: tous déchets issus des activités de diagnostic, de suivi et de traitement préventif ou curatif, dans les domaines de la médecine humaine et vétérinaire. Déchets inertes: tous déchets provenant notamment de l'exploitation des carrières, des mines, des travaux de démolition, de construction ou de rénovation, qui ne subissent aucune modification physique,

chimique ou biologique lors de leur mise en décharge, et qui ne sont pas contaminés par des substances dangereuses ou autres éléments générateurs de nuisances, susceptibles de nuire à la santé et/ou à l'environnement. Générateur de déchets: toute personne physique ou morale dont l'activité génère des déchets. Détenteur des déchets: toute personne physique ou morale qui détient des déchets. Gestion des déchets: toute opération relative à la collecte, au tri, au transport, au stockage, à la valorisation et à l'élimination des déchets, y compris le contrôle de ces opérations. Collecte des déchets: le ramassage et/ou le regroupement des déchets en vue de leur transfert vers un lieu de traitement. Tri des déchets: toutes les opérations de séparation des déchets selon leur nature en vue de leur traitement. Traitement écologiquement rationnel des déchets: toute mesure pratique permettant d'assurer que les déchets sont valorisés, stockés et éliminés d'une manière garantissant la protection de la santé publique et/ou de l'environnement contre les effets nuisibles que peuvent avoir ces déchets. Valorisation des déchets: toutes les opérations de réutilisation, de recyclage ou de compostage des déchets. Elimination des déchets: toutes les opérations de traitement thermique, physico-chimique et biologique, de mise en décharge, d'enfouissement, d'immersion et de stockage des déchets, ainsi que toutes autres opérations ne débouchant pas sur une possibilité de valorisation ou autre utilisation du déchet. Immersion des déchets: tout rejet de déchets dans le Milieu aquatique. Enfouissement des déchets: tout stockage des déchets en sous-sol. Installation de traitement des déchets: toute installation de

valorisation, de stockage, de transport et d'élimination des déchets. Mouvement des déchets: toute opération de transport, de transit, d'importation et d'exportation des déchets.

RESUME

Les lixiviats des sites d'enfouissement contiennent divers types de composés organiques et inorganiques susceptibles de polluer les milieux aquatiques s'ils ne sont pas convenablement traités.

La présente étude a pour objectif le traitement de lixiviat de décharge par couplage de traitements physico-chimiques et biologiques, afin d'augmenter les performances épuratoires tout en réduisant les coûts et les temps de traitement et d'optimiser ces couplages et d'éclaircir l'influence du traitement biologique sur le traitement physico-chimique et vice-versa.

Dans le cadre de traitement de lixiviats faites par Mr MARZOUKI a investigué avec deux méthode qui sont les suivante :

- * Traitement coagulation- floculation couplé avec traitement biologique (SBR) qui avait donné des résultats pertinents en termes de réduction des paramètres physico-chimiques, avec des taux d'abattements relativement élevés (DCO ; 98 %et la DBO₅ 99 %).
- * traitement par filtration sur colonne qui a fait preuve d'une performance épuratoire très satisfaisante (DCO ; 96,13% de la DBO₅ ; 90,23% d'abattement).

Mot clé : lixiviats, site d'enfouissement, traitement physico-chimique, traitement biologique

ABSTRACT

Landfill leachate contains various types of organic and inorganic compounds that can pollute aquatic environments if not properly treated.

The objective of this study is to treat landfill leachate by coupling physicochemical and biological treatments, in order to increase purification performance while reducing costs and treatment times and to optimize these couplings and to clarify the 'influence of biological treatment on physico-chemical treatment and vice versa.

As part of the leachate treatment made by Mr MARZOUKI investigated with two methods which are as follows:

- * Coagulation-flocculation treatment coupled with biological treatment (SBR) which had given relevant results in terms of reduction of physico-chemical parameters, with relatively high reduction rates (COD; 98% and BOD₅ 99%).
- * column filtration treatment which has shown very satisfactory purification performance (COD; 96.13% of BOD₅; 90.23% reduction).

Key word : landfill leachate, treatement physicochemical, biological treatement