



الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية  
République Algérienne Démocratique et Populaire  
وزارة التعليم العالي والبحث العلمي

Ministère de l'Enseignement Supérieure et de la Recherche Scientifique

جامعة وهران 2 محمد بن أحمد

Université d'Oran 2 Mohamed  
Ben Ahmed

معهد الصيانة والأمن الصناعي

Institut de Maintenance et de Sécurité Industrielle

Département de Sécurité Industrielle et Environnement

## MÉMOIRE

Pour l'obtention du diplôme de Master

Filière : Hygiène et Sécurité Industrielle

Spécialité : Sécurité Industrielle et Environnement

### Thème

## Collecte et Tri des déchets des équipements électriques et électroniques (D3E)

Présenté et soutenu publiquement par :

**Mr. AOUALI Habib**

Devant le jury composé de

Nom et Prénoms	Grade	Etablissement	Qualité
TAHRAOUI Mohammed	MAA	IMSI	Président
HEBBAR CHAFIKA	Professeur	IMSI	Encadrante
NADJI MED EL AMINE	MAA	IMSI	Examineur

Année Universitaire :2023-2024

## ***Remerciements***

*Je tiens tout d'abord à remercier Dieu le tout puissant et miséricordieux, qui m'a donné la force et la volonté d'accomplir ce modeste travail.*

*La première personne que je tiens à remercier est mon encadrante Mme le professeur HEBBAR Chafika pour l'orientation, la confiance, la patience et ses bonnes explications qui ont constitué un apport considérable sans lequel ce travail n'aurait pas pu être mené au bon port.*

*Mes vifs remerciements vont également aux membres du jury pour l'intérêt qu'ils ont porté à mon travail en acceptant d'examiner mon travail et de l'enrichir par leurs remarques.*

*Je tiens à exprimer mes sincères remerciements à tous les Enseignants de l'IMSI qui m'ont enseigné et qui, par leurs compétences, nous ont soutenu dans la poursuite de nos études.*

*Enfin, je tiens également à remercier toutes les personnes qui ont participé de près ou de loin à la réalisation de ce mémoire.*

## ***Dédicaces***

*Je tiens à dédier cet humble travail*

*À ma chère maman qui m'a aidé dans chaque étape dans mes études par ses sacrifices, prières et soutiens.*

*À mon cher frère Mohammed et ma sœur.*

*À mes proches Amira; Walid; Rachid; Yacine ; Nadir;  
Fayçal*

*À ma deuxième famille BASMAT MUHANDIS CLUB qui m'ont donné la chance d'apprendre à donner, partager, leader et exploiter l'environnement universitaire ainsi que se développer sur l'échelle personnelle et professionnelle.*

*À mon encadreur Mme HEBBAR Je vous remercie du fond du cœur pour votre soutien inconditionnel, votre patience infinie et votre dévouement sans faille. Votre encadrement était une bonne nouvelle. Ce travail ne peut être soutenu sans votre soutien, votre aide et vos conseils précieux à moi, je vous ai toujours considéré comme un mentor pour moi. Merci d'être toujours là pour moi.*

***Habib***

# SOMMAIRE

**Remerciements**  
**Dédicaces**  
**Liste des abréviations**  
**Liste des figures**  
**Liste des tableaux**  
**Résumé, Abstract, ملخص**

**Page**

## **Introduction**

### **Chapitre I : Synthèse bibliographique sur les déchets d'équipements électriques et électroniques (D3E)**

I.1 Définition d'un déchet.....	3
I.2 Classification des déchets.....	3
I.3 Définition et classement d'un DEEE.....	4
I.4 Composition des DEEE.....	5
I.4.1 Métaux ferreux et non ferreux.....	5
I.4.2 Matériaux inertes.....	5
I.4.3 Plastiques contenant ou non des retardateurs de flamme halogénés.....	6
I.5 Classification des D3E.....	6
I.6 Production des DEEE dans le monde et en Algérie.....	8
I.6.1 Production mondiale des DEEE.....	8
I.6.2 Production de déchet en Afrique.....	11
I.6.3 Production DEEE en Algérie.....	12

### **Chapitre II : Recyclage et valorisation des déchets d'équipements électriques et électroniques (D3E)**

II.1 Recyclage informel et formel.....	15
II.2 Métaux dans l'environnement.....	15
II.3 Sources naturelles et anthropiques des éléments métalliques.....	16
II.3.1 Sources naturelles.....	16
II.3.2 Sources anthropiques.....	17
II.4 Matériaux utilisés en fabrication électronique.....	17
II.5 Phases de recyclage des déchets.....	20
II.5.1 Phase de la collecte des déchets recyclables.....	20
II.5.2 Phase de tri.....	22
II.5.3 Transformation.....	22
II.5.4 Fabrication.....	22
II.5.5 Commercialisation.....	23
II.5.6 Réutilisation.....	23

II.6 Procédés de recyclage des déchets électriques et électroniques.....	23
II.6.1 Démantèlement.....	23
II.6.2 Vérification technique.....	24
II.6.3 Broyage.....	24
II.6.4 Traitement des matériaux.....	24
II.6.5 Recyclage des composants spécifiques.....	24
II.6.6 Élimination des résidus.....	24
II.6.7 Réintégration dans le cycle de production.....	24
II.7 Extraction des métaux.....	25
II.7.1 Pyroméallurgie.....	25
II.7.1.1 Combustion.....	25
II.7.1.2 Pyrolyse.....	26
II.7.1.3 Traitement d'eau supercritique.....	27
II.7.2 Hydroméallurgie.....	27
II.8 Réutilisation et réemploi des D3E.....	29
<b>Chapitre III : Gestion des déchets d'équipements électriques et électroniques</b>	
III.1 Collecte D3E comparaison entre l'Europe, l'Asie et l'Afrique.....	31
III.2 Tri des DEEE.....	33
III.3 Recyclage des DEEE en Algérie.....	34
III.4 Recyclage des DEEE et le développement durable.....	34
III.5 Création d'une entreprise de recyclage des DEEE en Algérie.....	36
III.5.1 Étude de Marché.....	36
III.5.2 Constitution Juridique de l'Entreprise.....	37
III.5.3 Acquisition des Infrastructures et Équipements.....	39
III.5.4 Mise en Place du Système de Collecte.....	39
III.5.5 Gestion des Déchets et des Substances Dangereuses.....	39
III.5.6 Conformité et Réglementation.....	39
III.5.7 Formation et Recrutement.....	39
III.5.8 Sensibilisation et Communication.....	40
III.5.9 Surveillance et Amélioration Continue.....	40
III.6 Risques liés à la gestion des DEEE.....	40
III.6.1 Risques Environnementaux.....	40
III.6.2 Risques pour la santé et la sécurité des travailleurs.....	41
III.6.3 Non-conformité aux réglementations et normes.....	41
III.6.4 Risques Opérationnels.....	42
III.6.5 Risques Financiers.....	42

**Chapitre IV : Impacts sanitaires et environnementaux des déchets d'équipements électriques et électroniques**

IV.1 Impact sanitaire des éléments métalliques.....	43
IV.1.1 Exposition et toxicité des éléments métalliques.....	43
IV.1.2 Accumulation des éléments métalliques dans les plantes.....	45
IV.2 Évaluation du risque sanitaire des éléments métalliques.....	46
IV.2.1 Identification des risques.....	46
IV.2.2 Évaluation de la toxicité.....	47
IV.2.3 Estimation des expositions.....	47
IV.2.4 Caractérisation des risques.....	47
IV.3 Impacts des déchets sur l'entreprise.....	47
IV.4 Impacts environnementaux des D3E.....	48
IV.4.1 Contamination du sol.....	49
IV.4.2 Contamination atmosphérique.....	49
IV.4.3 Contamination des eaux.....	50

**Chapitre V : Législation mondiale et nationale des déchets d'équipements électriques et électroniques**

V.1 Règlementation mondiale relative à la gestion des déchets.....	51
V.2 Textes législatifs algériens relatifs à la gestion des déchets.....	53

<b>Conclusion.....</b>	<b>65</b>
------------------------	-----------

<b>Références bibliographiques.....</b>	<b>67</b>
---	-----------

*Liste des abréviations*

*Liste des figures*

*Liste des tableaux*

## Liste des abréviations

**ANADE** : Agence nationale d'appui et de développement de l'entrepreneuriat

**ANGEM** : Agence nationale de gestion du micro-crédit

**AND** : Agence nationale des déchets

**CNAC** : Caisse nationale d'assurance chômage

**CMA** : Concentration maximale admissible

**DEEE (D3E)** : Déchet d'équipement électrique et électronique

**DD** : Déchets dangereux

**DL** : Dose létale

**DSD** : Déchets spéciaux dangereux

**EEE** : Équipements électroniques et électriques

**ETM** : Éléments traces métalliques

**FINALEP** : Financière Algérienne de Participation

**ISO** : Organisme international de standardisation

**OfN** : Old for New

**OMS** : Organisation mondiale de santé

**PNAE-DD** : Plan National d'Actions Environnementales et du Développement Durable

**PNGDS** : Plan National de Gestion des Déchets Spéciaux

**RoHS** : Restriction des substances dangereuses

**SOFINANCE** : Société Financière d'Investissements, de Participations et de placement

**SNE** : Stratégie Nationale Environnementale

## Liste des figures

	<b>Page</b>
<b>Figures du chapitre 1</b>	
<b>Figure I.1</b> : Déchets électriques et électroniques (DEEE).....	4
<b>Figure I.2</b> : Déchets électriques et électroniques en 2030.....	9
<b>Figure I.3</b> : Développement des Déchets électriques et électroniques.....	9
<b>Figure I.4</b> : Quantité de déchets générés et collectés par des continents.....	10
<b>Figure I.5</b> : Total des déchets d'équipements électriques et électroniques (EEE).....	11
<b>Figure I.6</b> : Répartition spatiale de la quantité D3E en Algérie.....	12
<b>Figure I.7</b> : Répartition de la quantité des D3E par catégorie en Algérie.....	13
<b>Figure I.8</b> : Evolution quantitative des D3E à l'échelle nationale.....	14
<b>Figures du chapitre 2</b>	
<b>Figure II.1</b> : Classification périodique des éléments chimiques.....	16
<b>Figure II.2</b> : Exemple de matière utilisée dans un smartphone.....	20
<b>Figure II.3</b> : Schéma récapitulatif du procédé de recyclage des DEEE.....	25
<b>Figure II.4</b> : Schéma de recyclage des éléments spéciaux (PCB.....)	26
<b>Figure II.5</b> : Schéma des phases du procédé d'hydrométallurgie.....	28

# Liste des tableaux

Page

## Tableaux du chapitre I

**Tableau I.1** : Ratio par catégorie de D3E en Algérie.....13

## Tableaux du chapitre II

**Tableau II.1** : Sources industrielles et agricoles des métaux présents dans l'environnement18

**Tableau II.2** : Matériaux couramment utilisés et leurs spécifications d'utilisation.....18

**Tableau II.3** : Code couleur utiliser pour la collecte des déchets.....21

**Tableau II.4** : Comparaison de l'hydrométallurgie et Pyrométallurgie.....30

## Tableaux du chapitre III

**Tableau III.1** : Taux de collecte dans le cadre du programme pilote « Old for New ».....33

**Tableau III.2** : Statistiques clés sur les D3E par pays.....35

**Tableau III.3** : Exemple d'entreprises de recyclage de déchets en Algérie.....37

**Tableau III.4** : Différentes sources de financement des startups en Algérie.....37

**Tableau III.5** : Caractéristiques spécifiques pour chaque entreprise.....38

## Tableau du chapitre IV

**Tableau IV.1** : Classification des produits chimiques selon leurs toxicités.....44

*Résumé*

*Abstract*

ملخص

## Résumé

Avec l'augmentation considérable des quantités de déchets et leur mauvaise gestion, l'obtention de bonnes solutions est devenue une nécessité pour protéger la santé et l'avenir des générations et l'environnement. Ce mémoire aborde la gestion des déchets d'équipements électriques et électroniques (D3E) en phase de collecte, de tri et de recyclage, avec une analyse de données des EEE utilisés et des D3E générés au niveau mondial, africain et algérien. Une comparaison des stratégies de gestion des D3E dans les pays développés et en développement, mettant en évidence les défis spécifiques de l'Algérie. L'étude offre une vision sur les méthodes d'extraction des métaux précieux contenus dans ces déchets tout en respectant les législations réglementaires internationales et nationales. Enfin, il propose un modèle d'entreprise spécialisé en gestion des D3E en Algérie, avec des recommandations pour développer des infrastructures adaptées et encourager des pratiques responsables.

**Mots clefs :** Collecte, Entreprise, EEE, D3E, Tri, Recyclage

## Abstract

With the considerable increase in the quantities of waste and its mismanagement, obtaining good solutions has become a necessity to protect the health and future of generations and the environment. This thesis addresses the management of waste electrical and electronic equipment (WEEE) in the collection, sorting and recycling phases, with a data analysis of used EEE and WEEE generated at the global, African and Algerian levels. A comparison of WEEE management strategies in developed and developing countries, highlighting the specific challenges of Algeria. The study offers a vision on the methods of extracting precious metals contained in this waste while respecting international and national regulatory legislation. Finally, it proposes a business model specialized in WEEE management in Algeria, with recommendations for developing suitable infrastructures and encouraging responsible practices.

**Keywords:** Collection, Company, WEEE, WEEE, Sorting, Recycling

## ملخص

مع الزيادة الكبيرة في كميات النفايات وسوء إدارتها، أصبح الحصول على حلول جيدة ضرورة لحماية صحة ومستقبل الأجيال والبيئة. تتناول هذه الأطروحة إدارة نفايات المعدات الكهربائية والإلكترونية (W3E) في مرحلة الجمع والفرز وإعادة التدوير، مع تحليل بيانات المعدات الكهربائية والإلكترونية المستخدمة وW3E المتولدة على المستوى العالمي والإفريقي والجزائري. مقارنة بين استراتيجيات إدارة مخلفات المعدات الكهربائية والإلكترونية في البلدان المتقدمة والنامية، مع تسليط الضوء على التحديات المحددة التي تواجهها الجزائر. وتقدم الدراسة رؤية حول طرق استخراج المعادن الثمينة التي تحتويها هذه النفايات مع احترام التشريعات التنظيمية الدولية والوطنية. وأخيراً، يقترح نموذج عمل متخصص في إدارة D3E في الجزائر، مع توصيات لتطوير البنى التحتية المناسبة وتشجيع الممارسات المسؤولة.

**كلمات مفتاحية:** التجميع، الشركة، EEE، D3E، الفرز، إعادة التدوير

# *Introduction*

## *Introduction*

Depuis 1990, la protection de l'environnement est devenue une préoccupation collective. La question des déchets est quotidienne et touche chaque individu tant sur le plan familial que professionnel. L'union européenne est à l'origine de nombreuses directives portant sur la protection de l'environnement, parmi lesquelles nous pouvons citer : Directive sur les Déchets d'Équipements Électriques et Électroniques (DEEE mise à jour en 2012 à la publication de la directive 2012/19/UE) et Restriction of Hazardous Substances (RoHS) et la Directive (2002/96/CE) concernant leur gestion.

Le développement technologique rapide a engendré une augmentation exponentielle des déchets d'équipements électriques et électroniques (DEEE), également appelés e-déchets. Ces résidus comprennent une large gamme de produits électroniques usagés, allant des téléphones portables aux réfrigérateurs, en passant par les ordinateurs et les téléviseurs. Ce type de déchets représente une source potentielle de matières premières réutilisables, S'ils sont mal gérés, ils posent de graves défis sanitaires et environnementaux.

La gestion des déchets apparaît comme une question d'organisation et d'optimisation des techniques déjà connues, dont les effets sur l'environnement sont peu maîtrisés; elle se présente comme un enjeu environnemental majeur et une question économique et de gestion.

À l'échelle mondiale, la production de DEEE a atteint des niveaux alarmants, particulièrement dans les pays développés, où la consommation de biens électroniques est la plus élevée. Cependant, ce phénomène touche également les pays en développement, où les infrastructures de gestion des déchets sont souvent insuffisantes. En Afrique, et particulièrement en Algérie, la question des DEEE est devenue un enjeu majeur. L'absence de systèmes efficaces de collecte, de tri, et de recyclage exacerbe les problèmes liés à l'accumulation des DEEE, augmentant ainsi les risques pour la santé publique et l'environnement.

La quantité annuelle des déchets industriels en Algérie est estimée à 2 547 000 tonnes selon une étude de la GIZ répartie en : Déchets d'emballages et de plastique (environ 1.2 million de tonnes/an); Pneus usagés (plus 2 millions d'unités/an); Déchets des huiles et des huiles lubrifiantes (110 000 tonnes/an); Déchets électroniques, électriques et électroménagers (173 800 tonnes/an). En effet, la présence des D3E dans les décharges représente une menace pour la santé et l'environnement d'où leur collecte et recyclage sont utiles et intéressants. La

## *Introduction*

valorisation des déchets industriels par leur recyclage et leur réemploi constitue une préoccupation majeure des autorités algériennes.

Les procédés de recyclage des DEEE, qui incluent des technologies bien distinctes pour extraire des métaux précieux et d'autres matériaux réutilisables, sont essentiels pour atténuer ces impacts négatifs; il nous permet de récupérer divers métaux précieux et autres matériaux électroniques, d'économiser les ressources naturelles (énergie), de réduire la pollution, de conserver l'espace d'enfouissement et de créer des emplois. Cependant, un procédé de recyclage de déchets électroniques avec l'eau à l'état supercritique (eau portée à 500°C sous une pression de 250 bars) permet de récupérer les métaux précieux contenus dans les appareils électroniques grâce aux propriétés étonnantes de l'eau chauffée dans un réacteur. Par ailleurs, la gestion efficace des DEEE commence dès les premières étapes de collecte et de tri, où une organisation structurée est indispensable pour assurer un traitement approprié de ces déchets.

Dans ce contexte, la création d'entreprises spécialisées dans le recyclage des DEEE représente non seulement une opportunité économique, mais aussi une nécessité pour répondre aux enjeux écologiques actuels. Ces entreprises jouent un rôle crucial dans la chaîne de gestion des DEEE, en contribuant à la réduction de la pollution et en créant de la valeur à partir des matériaux récupérés.

Par ailleurs, la régulation de la gestion des DEEE, tant au niveau mondial qu'en Algérie, est essentielle pour assurer une gestion durable et responsable de ces déchets. Les réglementations (lois et décrets) visent à encadrer les pratiques de traitement des DEEE, en promouvant des méthodes respectueuses de l'environnement et en protégeant la santé publique.

Ce mémoire débute par une introduction au sujet lui-même. Le chapitre 1 dresse un bilan de connaissances bibliographiques sur les équipements des déchets électriques et électroniques. Le chapitre 2 exposera les modes de recyclage disponibles et la valorisation de ces déchets ainsi que l'extraction de certains métaux et autres matériaux précieux. Dans le chapitre 3, nous exposons les processus de gestion tels que la collecte et le tri, les différents risques liés à la gestion de ces DEEE ainsi que le mode de création d'une entreprise de recyclage des DEEE en Algérie. Le chapitre 4 explorera leurs impacts sanitaires et environnementaux. Le chapitre 5 et le dernier définit la législation mondiale et nationale spécifique aux déchets d'équipements électriques et électroniques. Enfin une conclusion et quelques recommandations.

*Chapitre I*

*Synthèse bibliographique sur  
les déchets d'équipements  
électriques et électroniques  
(D3E)*

# **Chapitre I : Synthèse bibliographique sur les déchets d'équipements électriques et électroniques (D3E)**

## **I.1 Définition d'un déchet**

Plusieurs définitions sont adoptées aux déchets.

La définition environnementale et écologique atteste que le déchet constitue une menace du moment où l'on envisage son contact direct ou après traitement avec l'environnement (ADDOU, 2009). D'un point de vue économique, le déchet est une matière ou un objet dont la valeur économique est nulle ou négative pour son détenteur à un moment donné et dans un lieu précis (ROGAUME, 2006).

Selon la loi n°75-633 du 15.07.1975, modifié par la loi n° 92-646 du 13.07.1992, un déchet est « Tout résidu d'un processus de production, de transformation ou d'utilisation, Toute substance, matériaux, produit ou plus généralement tout bien meuble abandonné ou que son détenteur destine à l'abandon ».

La politique de gestion des déchets s'inscrit dans la Stratégie Nationale Environnementale (SNE), ainsi que dans le Plan National d'Actions Environnementales et du Développement Durable (PNAE-DD) qui se sont concrétisés par la promulgation de la loi n°01-19 du 12.12.2001 qui définit le déchet comme « tout résidu d'un processus de production, de transformation ou de consommation, dont le propriétaire ou le détenteur a l'obligation de se défaire ou de l'éliminer ».

## **I.2 Classification des déchets**

La classification des déchets est un processus essentiel pour identifier, gérer et traiter les différents types de déchets en fonction de leur nature, leur origine et leur impact environnemental.

- ✓ Déchets ménagers et assimilés (DMA)
- ✓ Déchets spéciaux (DS)
- ✓ Déchets spéciaux dangereux (DSD)
- ✓ Déchets inertes (DI)
- ✓ Déchets d'activités de soins (DAS)
- ✓ Déchets agricoles (DA)
- ✓ Déchets organiques (DO)

## Chapitre I : Synthèse bibliographique sur les déchets d'équipements électriques et électroniques (D3E)

- ✓ Déchets inorganiques (DiO)
- ✓ Déchets radioactifs (DRad)

### I.3 Définition et classement d'un déchet d'équipement électrique et électronique (DEEE ou D3E)

Un DEEE (Fig.1.1), est le déchet d'un équipement fonctionnant grâce à des courants électriques ou à des champs électromagnétiques, c'est à dire tous les équipements fonctionnant avec une prise électrique, une pile ou un accumulateur (rechargeable). Ainsi que les équipements de production, de transfert et de mesure de ces courants et champs, conçus pour être utilisés à une tension ne dépassant pas 1000 volts en courant alternatif et 1500 volts en courant continu. Ils sont classés par la réglementation environnementale en vigueur comme étant des déchets dangereux (**DD**), déchets spéciaux dangereux (**DSD**) car ils contiennent des substances réglementées.(Ecologic, n.d.; l'encyclopédie écologique, n.d.).



*Figure I.1 : Déchets électriques et électroniques.*

Si les équipements électriques et électroniques sont devenus indispensables dans les sociétés modernes et améliorent les conditions de vie, leur production et utilisation peuvent nécessiter une grande quantité de ressources et constituer par la suite des déchets appelés DEEE. Cette appellation est due à certaines raisons :

- ✓ Hors d'usage ;
- ✓ Réparable mais le coût de la réparation est prohibitif ;
- ✓ Fait partie d'un tout dont un élément est hors d'usage ;

## **Chapitre I : Synthèse bibliographique sur les déchets d'équipements électriques et électroniques (D3E)**

- ✓ Fonctionne mais est obsolète et remplacé par un équipement plus récent.

Un déchet électronique est défini comme « tout produit mis au rebut qui a une batterie ou une prise et contient des substances toxiques et dangereuses telles que le mercure, le plomb, lithium, cadmium, etc. et peuvent présenter de graves risques pour la santé humaine et l'environnement (Baldé et al., 2017).

La gestion des DEEE est devenue un enjeu logistique, environnemental et sociétal majeur. Progressivement, les DEEE ont été reconnus comme une source de déchet distincte (à cause de la quantité énorme de produits chimiques qu'ils contiennent) et importante parmi les nombreux déchets solides. De nombreuses études scientifiques ont paru dans la première décennie du XXIème siècle sur le recyclage des DEEE, motivées par des directives gouvernementales.

### **I.4 Composition des DEEE**

Les DEEE, hautement toxiques, contiennent une part importante de substances dangereuses ou toxiques. Leur composition est complexe et variée (Ecologic, n.d.). Les matériaux présents dans ce type de déchets sont cités ci-dessous :

#### **I.4.1 Métaux ferreux et non ferreux (10 à 85 %)**

- ✓ Métaux ferreux constitués de fer pur ou faiblement allié (fonte ou acier).
- ✓ Métaux non ferreux comprenant tous les métaux principalement l'aluminium, le cuivre, le plomb, le zinc, l'étain, le nickel et le chrome à l'exception du fer.

Parmi les métaux non ferreux, on peut distinguer deux catégories particulières de métaux : les métaux précieux (or, argent, platine, palladium...) et les métaux rares et semi-précieux (titane, cobalt, vanadium, molybdène...).(DJOUDI, 2022).

#### **I.4.2 Matériaux inertes (0 à 20 %)**

- ✓ Verre : C'est un matériau solide transparent, homogène et cassant qui résiste bien au feu ;
- ✓ Bois : C'est le matériau obtenu à partir du tronc et des branches des arbres qui possède des propriétés chimiques et mécaniques remarquables.

## **Chapitre I : Synthèse bibliographique sur les déchets d'équipements électriques et électroniques (D3E)**

- ✓ Béton : C'est un matériau de construction composé d'un mélange de granulats, de sable, et d'eau aggloméré par un liant hydraulique (le plus souvent du ciment) qui sert de « colle ».

### **I.4.3 Plastiques contenant ou non des retardateurs de flamme halogénés (1 à 70 %)**

Les plastiques (contenant ou non des halogènes retardateurs de flamme (SHR), sont un type de plastique qui contient des produits chimiques, qui agissent comme un bouclier, empêchent rapidement la propagation des incendies et réduisent les dégâts considérables. Leur réaction chimique la plus courante consiste à libérer un gaz qui enveloppe le feu, privant ainsi le feu de l'oxygène nécessaire à sa propagation.(Houlder, 2022)

Mais également des :

- ✓ Fluides frigorigènes (Fréon, Forane, ...)
- ✓ Piles et accumulateurs ;
- ✓ Tubes cathodiques (environ 65 % sur un téléviseur) ;
- ✓ Condensateurs pouvant contenir des PCB ;
- ✓ Cartes électroniques ;
- ✓ Écrans à cristaux liquides ;
- ✓ Relais ou commutateurs au mercure ;
- ✓ Câbles ;
- ✓ Cartouches et toners d'imprimante.

### **I.5 Classification des D3E**

Les équipements électriques et électroniques sont classés en 7 catégories (Code de l'environnement, 2021)

- ✓ Équipements d'échange thermique;
- ✓ Écrans, moniteurs d'une surface supérieure à 100cm<sup>2</sup>;
- ✓ Lampes;
- ✓ Gros équipements;
- ✓ Petits équipements;
- ✓ Petits équipements informatiques et de télécommunications;

## **Chapitre I : Synthèse bibliographique sur les déchets d'équipements électriques et électroniques (D3E)**

- ✓ Panneaux photovoltaïques.

Ce classement fut valable jusqu'au 14 août 2018. Depuis, il convient d'utiliser le classement détaillé plus haut. Les équipements électriques et électroniques étaient alors classés en 11 catégories et 6 sous-catégories.

1. Gros appareils.
  - ✓ Équipements d'échange thermique comme les appareils de chauffage.
  - ✓ Autres gros appareils ménagers comme les lave-linges, réfrigérateur ou lave-vaisselle.
2. Petits appareils ménagers comme les aspirateurs ou les sèche-cheveux.
3. Équipements informatiques et de télécommunications comme les ordinateurs, les imprimantes ou les téléphones.
  - ✓ Écrans, moniteurs et équipements comprenant des écrans d'une surface supérieure à 100 cm<sup>2</sup>.
  - ✓ Autres équipements informatiques et de télécommunications.
4. Matériel grand public comme les télévisions, les vidéoprojecteurs ou les webcams.
  - ✓ Écrans, moniteurs et équipements comprenant des écrans d'une surface supérieure à 100 cm<sup>2</sup>.
  - ✓ Autres matériels grand public.
5. Matériel d'éclairage comme les lampes halogène (à l'exception des appareils d'éclairage domestique et des ampoules à filament auxquels s'appliquent néanmoins les articles R. 543-175 et R. 543-176).
6. Outils électriques et électroniques (à l'exception des gros outils industriels fixes) comme les tronçonneuses ou les scies sauteuses.
7. Jouets, équipements de loisir et de sport comme les steppers ou les vélos d'appartement.
8. Dispositifs médicaux (à l'exception de tous les produits implantés ou infectés) comme les scanners ou les moniteurs cardiaques.
9. Instruments de surveillance et de contrôle comme les caméras de surveillance.
10. Distributeurs automatiques comme les distributeurs de boissons ou de friandises.
11. Panneaux photovoltaïques.

## **Chapitre I : Synthèse bibliographique sur les déchets d'équipements électriques et électroniques (D3E)**

Pour faciliter la communication et la compréhension, il existe une autre classification qui regroupe le déchet électrique et électronique en fonction de sa couleur ou de sa fonction. Nous détectons trois catégories :(Vedura, n.d.)

- ✓ **Produits blancs** (ou électroménager) : machine à laver, réfrigérateur, grille-pain, appareil de chauffage, fer à repasser.
- ✓ **Produits bruns** (ou matériel audiovisuel) : télévision, radio, chaînes hi-fi, magnétoscope, caméscope.
- ✓ **Produits gris** (ou matériel informatique) : ordinateur, imprimante, photocopieur, scanner, téléphone, ainsi que les consommables pour imprimantes (cartouches d'encre, bidon et bouteilles d'encre, tambours).

### **I.6 Production mondiale, africaine et algérienne des DEEE**

#### **I.6.1 Production mondiale des DEEE**

Selon un rapport des Nations Unies publié mercredi 20 mars 2024, la production mondiale a enregistré une quantité de 62 millions de tonnes de déchets électroniques en 2022. Entre 2010 et 2022, le volume de déchets électroniques (e-waste ou D3E) a augmenté de 82 %. À peine un cinquième (22,3 %) de ces déchets sont collectés pour être recyclés d'après le Global E-waste Monitor 2024 de l'Institut des Nations unies pour la formation et la recherche (UNITAR) et de l'Union internationale des télécommunications (UIT).(Forti et al., 2020).

Le rapport E-waste monitor 2020 précise également que les DEEE au niveau mondial – soit des produits hors d'usage comportant une batterie ou une prise électrique - atteindront 74 millions de tonnes d'ici 2030. Presque le double de DEEE en seulement 16 ans. La cause est rendue à l'augmentation des taux de consommation d'appareils électriques et électroniques, la réduction des cycles de vie des équipements et de la limitation des possibilités de réparation. Le rapport E-Monitor 2020 prévoit également un record de 53,6 millions de tonnes de déchets électroniques ont été générés dans le monde en 2019 (Fig. I.2), soit une hausse de 9,2 Mt en 5ans.(Forti et al., 2020).

## Chapitre I : Synthèse bibliographique sur les déchets d'équipements électriques et électroniques (D3E)



Figure I.2 : Développement DEEE (Forti et al., 2020)

D'ici 2030, le volume annuel de déchets électroniques dans le monde devrait engloutir le plus haut bâtiment de l'Occident : le One World Trade Center (Fig. I.3).

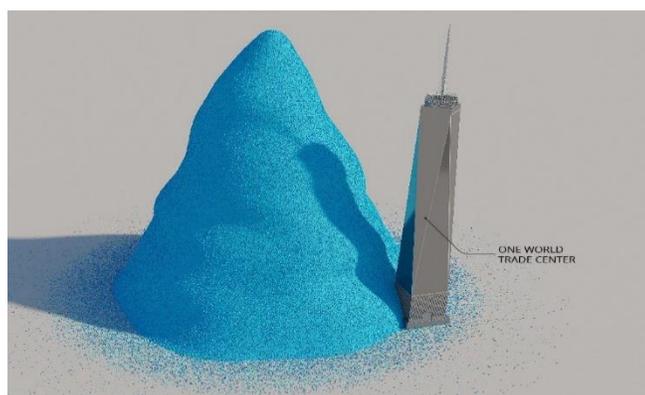


Figure I.3 : DEEE en l'an 2030 (Farid L, 2022).

Les pays africains génèrent des taux plus faibles de déchets électroniques, mais peinent à les recycler (taux de recyclage inférieur à 1%). Les pays d'Asie génèrent près de la moitié des déchets électroniques mondiaux (30 milliards de kg), mais n'ont fait que des progrès limités en matière de gestion des déchets électroniques. De plus, peu d'entre eux ont adopté une législation ou fixé des objectifs clairs de collecte des déchets électroniques. En 2022, les régions qui ont généré le plus de déchets électroniques par habitant étaient l'Europe (17,6 kg), l'Océanie (16,1 kg) et les Amériques (14,1 kg). Comme ce sont les régions disposant des infrastructures de collecte et de recyclage les plus avancées, elles affichent également les taux

## Chapitre I : Synthèse bibliographique sur les déchets d'équipements électriques et électroniques (D3E)

de collecte et de recyclage par habitant les plus élevés documentés (7,53 kg par habitant en Europe, 6,66 kg par habitant en Océanie et 4,2 kg par habitant dans les Amériques).

Environ un tiers (20 milliards de kg) des déchets électroniques mondiaux se compose de petits équipements tels que des jouets, des fours à micro-ondes, des aspirateurs et des cigarettes électroniques, mais les taux de recyclage pour cette catégorie d'équipements restent très faibles (seulement 12 % à l'échelle mondiale). Un autre segment de 5 milliards de kg de déchets électroniques est constitué de petits équipements informatiques et de télécommunication, qui comprennent les ordinateurs portables, les téléphones portables, les GPS et les routeurs ; seulement 22 % de ces derniers sont collectés et recyclés officiellement. En général, les taux de collecte et de recyclage sont plus élevés pour les catégories d'équipements plus lourds et encombrants, tels que les gros appareils, les équipements d'échange thermique et les écrans et moniteurs. En 2024, les travaux de Baldé et al. enregistrent la quantité de déchets générés et collectés par les continents et le type de déchets d'équipements électriques et électroniques générés par type (Figs. I.4 et I.5).

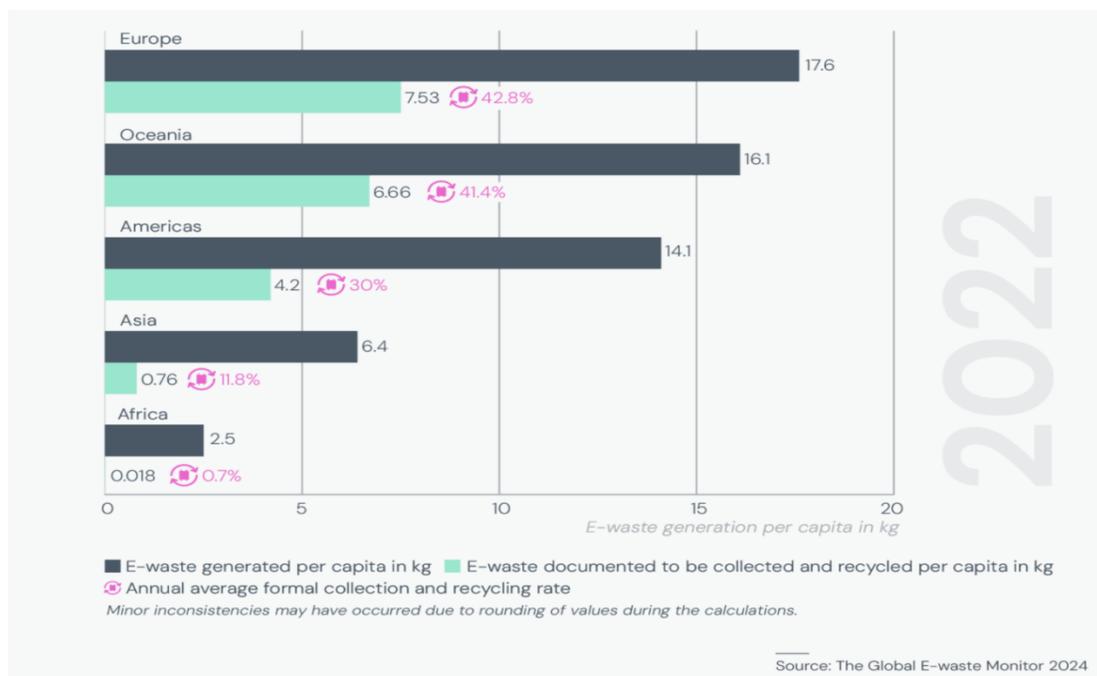
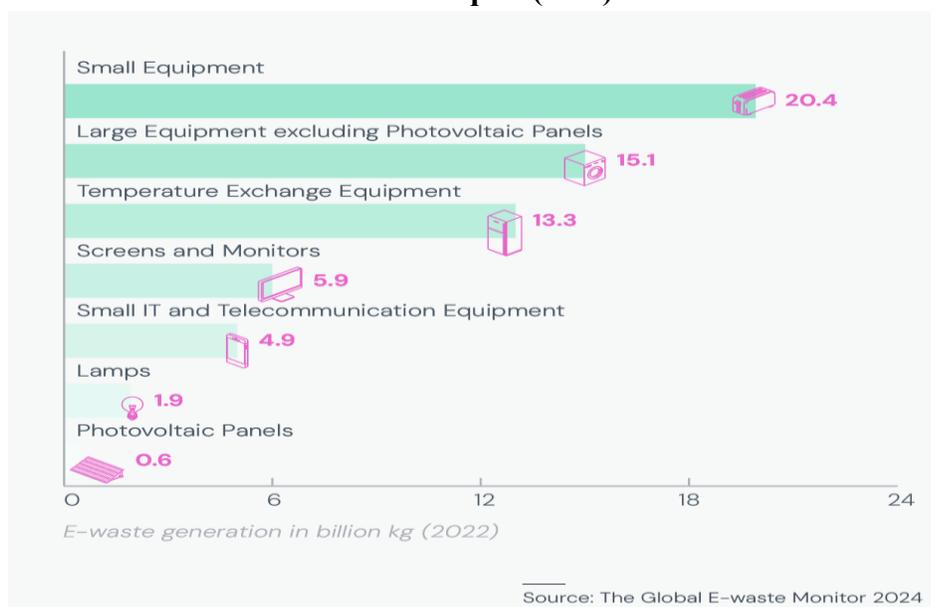


Figure I.4 - Quantité de déchets générés et collectés par continents (Baldé et al., 2024)

## Chapitre I : Synthèse bibliographique sur les déchets d'équipements électriques et électroniques (D3E)



*Figure I.5 - Total des déchets d'équipements électriques et électroniques générés par type (Baldé et al., 2024)*

### I.6.2 Production de déchets en Afrique

Bien que le continent africain soit plus connu pour représenter le cimetière des déchets électroniques, ses habitants participent néanmoins, eux aussi « à leur petite échelle » à leur production. En 2022, les travaux de (Farid L, 2022) ont mentionné que 10 pays d'Afrique génèrent le plus d'e-déchets (en kilogrammes par habitant) :

1. Seychelles — 12,6 kg/habitant
2. Libye — 11,5 kg/habitant
3. Île Maurice — 10, 1 kg/habitant
4. Gabon — 8,7 kg/habitant
5. Botswana — 7,9 kg/habitant
6. Afrique du Sud — 7,1 kg/habitant
7. **Algérie — 7,1 kg/habitant**
8. Tunisie — 6,4 kg/habitant
9. Namibie — 6,4 kg/habitant
10. Swaziland — 6,3 kg/habitant

## Chapitre I : Synthèse bibliographique sur les déchets d'équipements électriques et électroniques (D3E)

L'Algérie arrive en 7<sup>ème</sup> position en Afrique dans la production de DEEE. Ainsi, chaque Algérien génère, en moyenne, un peu plus de 7 kg de déchets électroniques par an. Mais cela ne fait pas de l'Algérien un gros pollueur pour autant. Au niveau mondial, l'Algérie occupe la 94<sup>ème</sup> place des plus importants producteurs de déchets électroniques par habitant.(Farid L, 2022).

### I.6.3 Production DEEE en Algérie

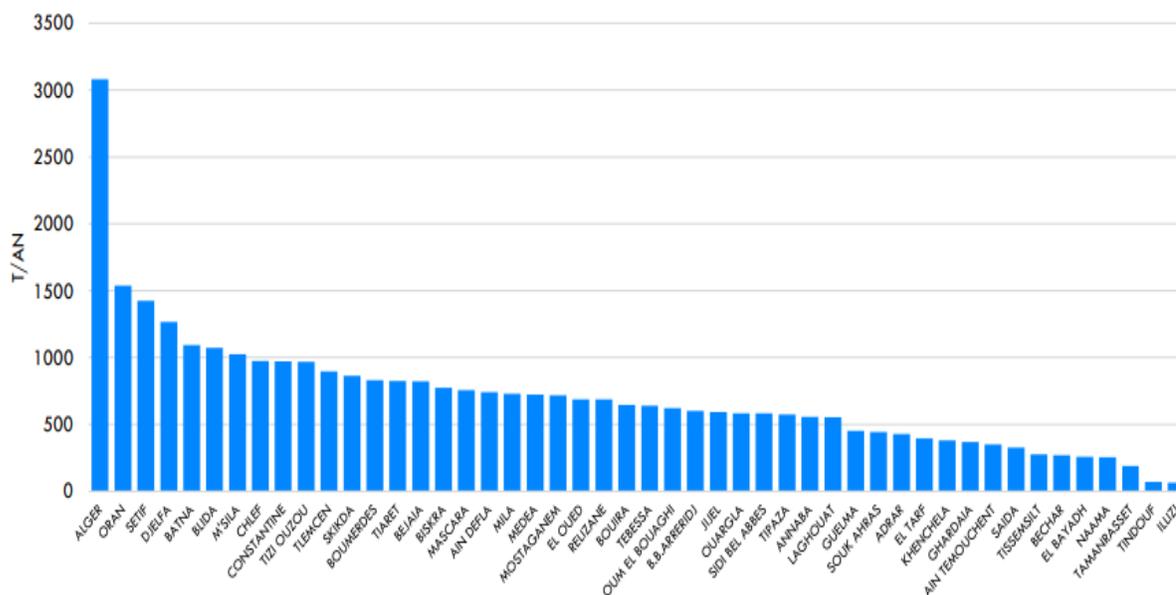


Figure I.6 : Répartition spatiale de la quantité D3E en Algérie.(AND, 2018)

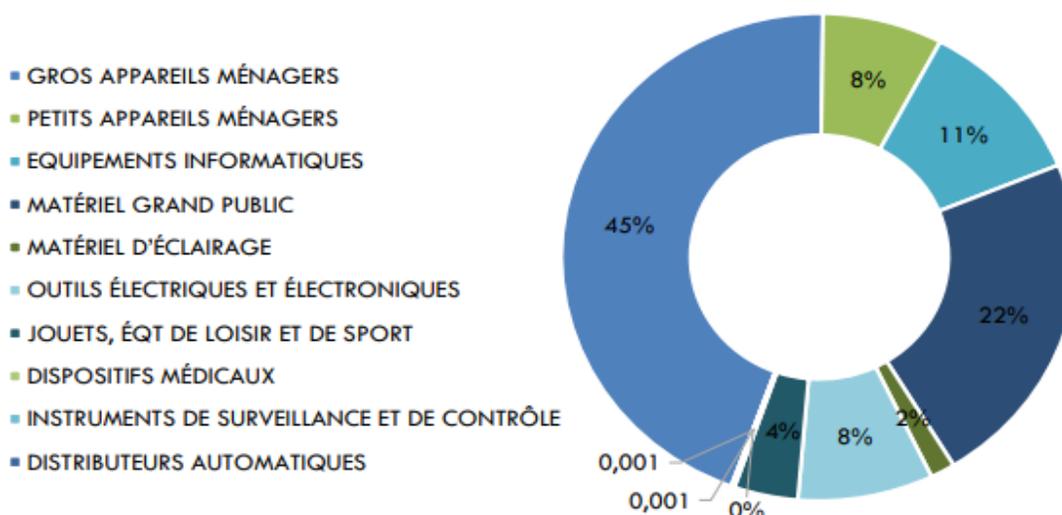
En 2018, l'AND de l'Algérie enregistre des quantités plus au moins importantes de déchets d'équipements électriques et électroniques (D3E) mais semblent être relativement faibles par rapport à celles d'autres pays, et indique qu'il y a une forte concentration des D3E dans les grandes villes telles que : Alger, Oran, Constantine, Annaba et Sétif. Cela s'explique par la concentration de la population et de l'activité économique dans ces zones ; La répartition des D3E est inégale entre les différentes wilayas du pays. Les régions du nord et du centre ont tendance à générer plus de D3E que les régions du sud (Fig. I.6).

En 2018, l'AND mentionne que la catégorie la plus importante de D3E est celle Gros Appareils Ménagers représentant un taux de 45% d'équipements informatiques et électroniques, Cela

## Chapitre I : Synthèse bibliographique sur les déchets d'équipements électriques et électroniques (D3E)

s'explique probablement par le volume élevé de smartphones, d'ordinateurs, de téléviseurs et d'autres appareils électroniques consommés dans l'entreprise (Figs. I.7 ; I.8).

Le nombre de tonnes de D3E collectés en Algérie a augmenté de manière constante durant la période (2008 à 2013). Le tonnage le plus important et marqué a été observé de 2014 à 2018, avec une augmentation moyenne de 4 000 tonnes par an. Depuis 2018, le tonnage est toujours croissant et plus mesuré et reste toujours important (Fig. I.9).

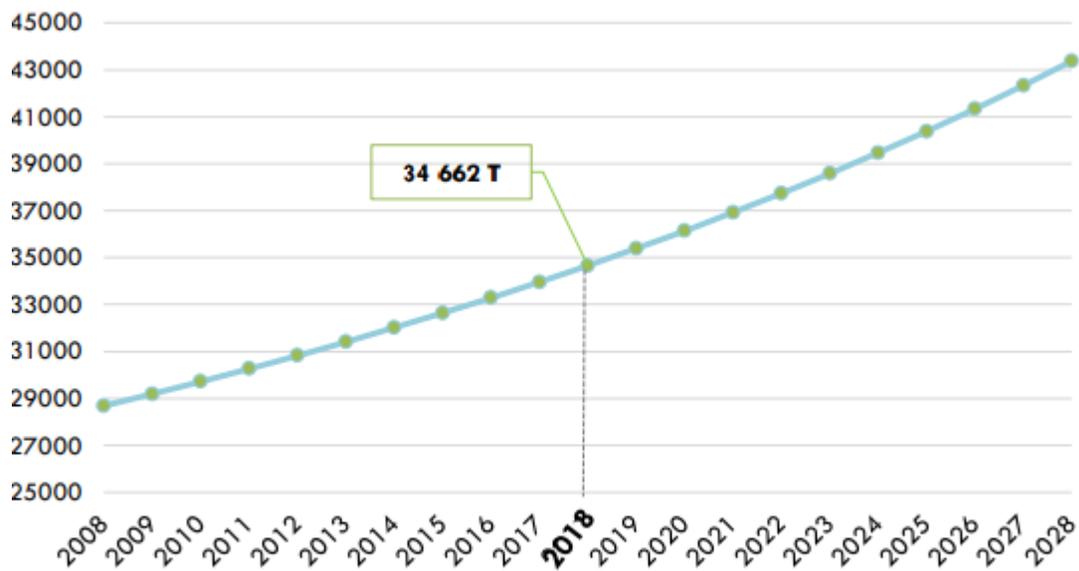


**Figure I.7 :** Répartition de la quantité des D3E par catégorie en Algérie (AND, 2018)

**Tableau I.1 :** Ratio par catégorie de D3E en Algérie.(Farid L, 2022)

Catégorie de D3E	Ratio (Equipement/Hab/An)
01 Gros Appareils Ménagers	0,0388
02 Petits Appareils Ménagers	0,0725
03 Equipements Informatiques et de Télécommunications	0,0954
04 Matériel Grand Public	0,0936
05 Matériel d'Eclairage	0,3935
06 Outils Electriques et Electroniques	0,0147
07 Jouets, Equipements de Loisir et de Sport	0,0030
08 Dispositifs Médicaux	0,0113
09 Instruments de Surveillance et de Contrôle	0,0036
10 Distributeurs automatiques	-

## Chapitre I : Synthèse bibliographique sur les déchets d'équipements électriques et électroniques (D3E)



*Figure I.8 : Evolution quantitative des D3E à l'échelle nationale. (Farid L, 2022)*

***Chapitre II***  
***Recyclage et valorisation des***  
***déchets d'équipements***  
***électriques et électroniques***  
***(D3E)***

## Chapitre II : Recyclage et valorisation des déchets d'équipements électriques et électroniques (D3E)

### II.1 Recyclage informel et formel

Le secteur informel du recyclage est présent dans la plupart des villes des pays en développement. Il est composé d'individus, de groupes et de petites entreprises qui se consacrent à la collecte et à la vente de matériaux recyclables et réutilisables. Ce secteur peut combler les lacunes en matière de gestion des déchets là où les options de traitement, de collecte ou de tri font défaut. Cependant, les travailleurs de ce secteur opèrent souvent dans des conditions dangereuses, sans avantages sociaux accordés aux employés du secteur formel, et subissent des inégalités de revenus. Souvent, des familles entières, y compris de jeunes enfants, participent à ces activités de recyclage et en dépendent comme unique source de revenus. Ces travailleurs sont souvent marginalisés par la société et sont parfois désignés par des termes péjoratifs tels que "chiffonniers" ou "ramasseurs de déchets".

Le recyclage formel, quant à lui, est réalisé par des entreprises avec un statut réglementaire et sécurisé qui collectent des appareils électroniques pour les éliminer correctement en tant que déchets. Les programmes de recyclage formels se déroulent généralement dans un lieu centralisé où les articles sont triés et placés dans des conteneurs désignés.

En général, le recyclage informel décrit comment les individus se débarrassent des déchets électroniques dont ils n'ont plus besoin. Ils peuvent les vendre, les échanger contre un crédit en magasin ou les donner à quelqu'un d'autre. Cela diffère du recyclage formel, où des organisations sont responsables de la récupération et de l'élimination des déchets électroniques. Les particuliers peuvent également déposer leurs anciens appareils électroniques dans un point de collecte local pour les recycler. (EPA, 2021)

### II.2 Métaux dans l'environnement

Les définitions des métaux lourds sont multiples et dépendent du contexte dans lequel on se situe ainsi que de l'objectif de l'étude à réaliser. (Denideni et Maghnem, 2017). D'un point de vue purement scientifique et technique, les métaux lourds peuvent être définis comme :

- ✓ Tout métal ayant une densité supérieure à  $5 \text{ (g/cm}^3\text{)}$  ;
- ✓ Tout métal ayant un numéro atomique élevé, en général supérieur à celui du Sodium ( $Z=11$ ) ;

## Chapitre II : Recyclage et valorisation des déchets d'équipements électriques et électroniques (D3E)

- ✓ Tout métal pouvant être toxique pour les systèmes biologiques (Fig. II.1).

Les métaux lourds présentent quelques caractéristiques communes ; ils :

- ✓ Se transforment, changent de forme chimique, mais ne se détruisent pas.
- ✓ Ont de bonnes propriétés convoitées par de nombreuses industries.
- ✓ Présentent une toxicité pouvant entraîner des effets irréversibles.

<b>Bloc S</b>												<b>Bloc p</b>					
H		■ Métaux lourds de densité > 5															He
Li	Be											B	C	N	O	F	Ne
Na	Mg	<b>Bloc d</b>										Al	Si	P	S	Cl	Ar
K	Ca	Sc	Ti	V	Cr	Mn	Fe	Co	Ni	Cu	Zn	Ga	Ge	As	Se	Br	Kr
Rb	Sr	Y	Zr	Nb	Mo	Tc	Ru	Rh	Pd	Ag	Cd	In	Sn	Sb	Te	I	Xe
Cs	Ba	La	Hf	Ta	W	Re	Os	Ir	Pt	Au	Hg	Tl	Pb	Bi	Po	At	Rn
Fr	Ra	Ac	<b>Bloc f</b>														
Lanthanides			Ce	Pr	Nd	Pm	Sm	Eu	Gd	Tb	Dy	Ho	Er	Tm	Yb	Lu	
Transuraniens			Th	Pa	U	Np	Pu	Am	Cm	Cf	Bk	Es	Fm	Md	No	Lr	

*Figure II.1 : Classification périodique des éléments chimiques.*  
(Khaldi et Abdel Djalil, 2015)

En 2016, les travaux de Mmerekki et ses collaborateurs ont montré que les DEEE sont constitués des métaux précieux (or, argent, aluminium, fer, cuivre, platine, etc.) et de métaux toxiques (mercure, cadmium, plomb, nickel, chrome, antimoine etc.). La fraction des métaux (fer, cuivre, aluminium, or et autres métaux) représente plus de 60% dans les DEEE, tandis que les plastiques représentent environ 30% (Lukose, 2015).

### II.3 Sources naturelles et anthropiques des éléments métalliques

#### II.3.1 Sources naturelles

Les métaux lourds sont présents naturellement en grandes quantités dans la biosphère, principalement dans les roches et les sédiments océaniques. L'érosion et les processus naturels libèrent ces métaux dans l'environnement, où ils peuvent devenir contaminants. Les métaux

## **Chapitre II : Recyclage et valorisation des déchets d'équipements électriques et électroniques (D3E)**

peuvent se fixer dans les roches sous forme d'oxydes et silicates, ou sous forme de sulfures et carbonates qui sont plus solubles et facilement transportés par l'eau.

Les métaux lourds se répartissent globalement, et des concentrations anormales peuvent indiquer des gisements exploitables. Cependant, de nombreux gisements naturels restent non exploités. Ces métaux deviennent contaminants à travers l'exploitation minière, l'érosion, les prélèvements d'eau de nappes phréatiques profondes, et les éruptions volcaniques, qui libèrent des quantités significatives de métaux lourds dans l'atmosphère. Les flux naturels de métaux sont complétés par ceux d'origine humaine, se distribuant dans tous les compartiments de la biosphère.(ASEF, 2017)

### **II.3.2 Sources anthropiques**

Les métaux issus des activités humaines se présentent sous des formes chimiques très réactives, ce qui les rend beaucoup plus dangereux que les métaux d'origine naturelle, qui sont souvent immobilisés sous des formes relativement inertes. Les sources anthropogènes (Tab. II.1) incluent :

- ✓ Activités pétrochimiques;
- ✓ Utilisation de combustibles fossiles (centrales électriques au charbon, chaudières industrielles, fours à ciment, etc.);
- ✓ Transport (véhicules et moteurs routiers et non routiers, embarcations);
- ✓ Incinération de déchets;
- ✓ Déchets urbains (eaux usées, boues d'épuration, ordures ménagères) et agricoles;
- ✓ Équipements électriques et électroniques (interrupteurs électriques, téléphones portables, laptops, éclairages fluorescents).

### **II.4 Matériaux utilisés en fabrication électronique**

Les composants électroniques des EEE sont fabriqués à partir d'une variété de matériaux, allant des métaux et alliages aux plastiques et matériaux semi-conducteurs. (France Environnement, n.d.)/(Tab. II.2).

## Chapitre II : Recyclage et valorisation des déchets d'équipements électriques et électroniques (D3E)

*Tableau II.1 : Sources industrielles et agricoles des métaux présents dans l'environnement.*  
(Naeve and Saad, n.d.)

Utilisations	Métaux
Batteries et autres appareils électriques	Cd, Hg, Pb, Zn, Mn, Ni,
Pigments et peintures	Ti, Cd, Hg, Pb, Zn, Mn, Sn, Cr, Al, As, Cu, Fe
Alliages et soudures	Cd, As, Pb, Zn, Mn, Sn, Ni, Cu
Biocides (pesticides, herbicides, conservateurs)	As, Hg, Pb, Cu, Sn, Zn, Mn
Agents de catalyse	Ni, Hg, Pb, Cu, Sn
Verre	As, Sn, Mn
Engrais	Cd, Hg, Pb, Al, As, Cr, Cu, Mn, Ni, Zn
Matières plastiques	Cd, Sn, Pb
Produits dentaires et cosmétiques	Sn, Hg
Textiles	Cr, Fe, Al
Raffineries	Ni, V, Pb, Fe, Mn, Zn
Carburants	Ni, Hg, Cu, Fe, Mn, Pb, Cd

*Tableau II.2 : Matériaux utilisés et leurs spécifications d'utilisation.*

Élément	Équipement électrique électronique
Pb	Batteries, Circuits imprimés, tubes cathodiques, ampoules, moniteurs, piles.
Hg	Moniteurs, circuits imprimés, lampes fluorescentes, LCD
Cr	Cassettes et disquettes, LCD, encre d'imprimantes
Cd	Commutateurs réseau, piles, tubes cathodiques, téléphones
Ba	Tubes cathodiques, lampes fluorescentes
Ni	Boitiers d'alimentation, ordinateurs, appareils à rayons X, composants céramiques pour l'électronique
Zn	Piles, petites batteries, tubes cathodiques
Sb	Boitier en plastique pour ordinateur et les alliages de soudure dans le câblage
Cu	Microprocesseurs, bobines de transformateur, borniers de câbles, fiches et prises de courant

## **Chapitre II : Recyclage et valorisation des déchets d'équipements électriques et électroniques (D3E)**

### **II.4.1 Métaux et alliages**

**Cuivre** : utilisé dans les fils, les pistes de circuit imprimé et les composants pour sa conductivité électrique.

**Aluminium** : employé pour les dissipateurs thermiques et les châssis en raison de sa légèreté et de sa conductivité thermique.

**Or** : appliqué aux contacts et connecteurs pour sa résistance à la corrosion et sa bonne conductivité.

**Étain** : utilisé dans les soudures pour relier les composants aux cartes de circuits imprimés.

**Plomb** : autrefois courant dans les soudures, blindage contre les radiations.

### **II.4.2 Matériaux semi-conducteurs**

**Silicium** : le plus couramment utilisé dans les puces électroniques et les transistors en raison de ses propriétés semi-conductrices.

**Germanium** : utilisé dans certains semi-conducteurs, mais moins courant que le silicium.

**Arséniure de gallium (Gallium Arsenide)** : utilisé dans certaines applications à haute fréquence ou haute performance.

### **II.4.3 Plastiques et polymères**

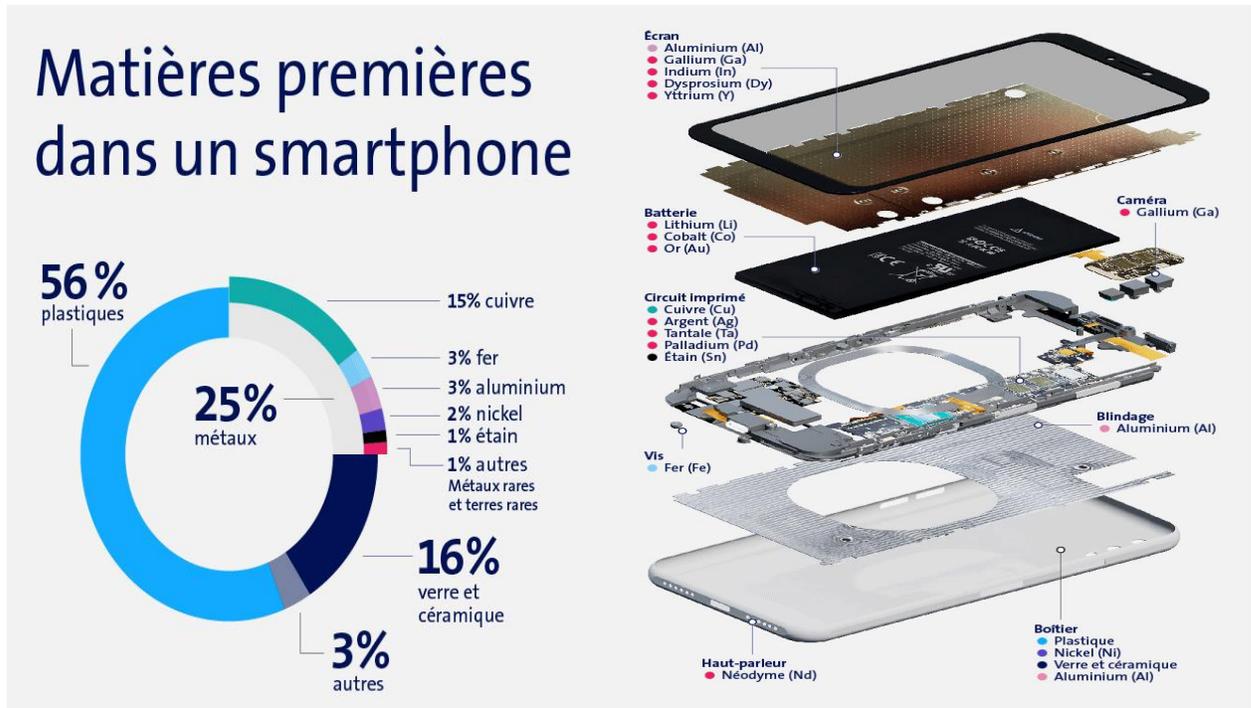
**ABS (Acrylonitrile Butadiène Styrène)** : utilisé pour les boîtiers de composants et les claviers en raison de sa robustesse.

**Polycarbonate** : utilisé pour les boîtiers transparents et certaines pièces internes.

**PVC (Polychlorure de vinyle)** : utilisé pour l'isolation des câbles.

**II.4.4 Céramiques** : utilisées pour les substrats de certains types de circuits intégrés et les isolants.

**II.4.5 Terres rares et autres matériaux** : utilisés dans les écrans, les aimants de disques durs, et certains composants électroniques spécifiques.



- 56 % de matières plastiques : boîtier, clavier, circuit imprimé ;
- 25% de métaux : conducteurs, composants électroniques et mécaniques ;
- 16% de verre et de céramique : écran, composants en céramique ;
- 3% de matériaux divers : cristaux liquides, matériau ignifuge

*Figure II.2 : Exemple de matière utilisée dans un smartphone. (Education 21, n.d.)*

## II.5 Phases de recyclage des déchets

Le recyclage des déchets inclut généralement les étapes suivantes (BAZRI K.E.D, n.d.) :

### II.5.1 Phase de la collecte des déchets recyclables

La collecte des déchets recyclables est la première étape du processus de recyclage. Elle comprend plusieurs sous-étapes pour assurer l'efficacité de la récupération des matériaux recyclables :

#### ✓ Sensibilisation et Éducation

- Informer le public sur l'importance du recyclage et les méthodes de tri.
- Enseigner les pratiques de recyclage dans les écoles, entreprises et communautés.

#### ✓ Mise à disposition des conteneurs

- Bennes de recyclage publiques installées dans les lieux publics par les municipalités.

## Chapitre II : Recyclage et valorisation des déchets d'équipements électriques et électroniques (D3E)

-Poubelles de Tri sélectif à domicile fournies aux foyers pour séparer les différents types de déchets.

-Conteneurs de recyclage loués par les entreprises pour le recyclage de grands volumes de matériaux.

### ✓ Code couleur pour les déchets courants

L'idée d'instaurer un code couleur pour les poubelles vise à simplifier le tri des déchets, le rendant ainsi plus accessible et efficace pour tous. Ce système est en place depuis des années dans les foyers et est de plus en plus adopté par les entreprises (Tab. II.3).

*Tableau II.3 - Code couleur utilisé pour la collecte des déchets.*  
(Guide du recyclage des déchets, 2020)

Couleur de la poubelle	Caractéristiques
<b>Poubelle Verte</b>	Verre mais à ne pas oublier d'enlever les bouchons en plastique.
<b>Poubelle Jaune</b>	Plastique, et s'il n'y a pas de poubelle bleue, le carton et le papier.
<b>Poubelle Bleue</b>	Papier, journaux, annuaires, prospectus.
<b>Poubelle Rouge</b>	Déchets médicaux, infectieux, chimiques et matériaux non recyclables.
<b>Poubelle Gris/Noire</b>	Reste des déchets qui ne rentrent pas dans les autres catégories.

### ✓ Collecte à Domicile et en Entreprise :

-Collecte Porte-à-Porte : Camions de collecte récupérant les bacs de recyclage des particuliers.

-Collecte en Entreprise : Contrats pour la collecte régulière des matériaux recyclables des entreprises.

### Points de Dépôt Volontaire :

-Lieux où les citoyens peuvent déposer leurs matériaux recyclables.

-Organiser des événements de Collecte Spéciale, journées spécifiques pour la collecte de déchets particuliers.

## **Chapitre II : Recyclage et valorisation des déchets d'équipements électriques et électroniques (D3E)**

### **Transport :**

-Mettre en service des camions de collecte spécialement équipés pour transporter les matériaux recyclables vers les installations de tri. En optimisant les itinéraires pour minimiser les coûts et l'empreinte carbone.

### **Gestion des Déchets Spéciaux :**

Elaborer des programmes spécifiques pour collecter les D3E. Les déchets dangereux sont collectés séparément et transportés vers des installations spécialisées.

Ces sous-étapes sont importantes pour faire une collecte des déchets et sont toujours sous surveillance et contrôle pour toutes les actions correctives ou les améliorations.

### **II.5.2 Phase de tri**

Les déchets collectés sont triés pour séparer les matériaux recyclables (verre, plastique, papier, métaux, etc.) des matériaux non recyclables. Le tri peut être effectué manuellement ou à l'aide de machines.

**Nettoyage :** Les matériaux recyclables sont nettoyés pour éliminer les contaminants, comme les résidus alimentaires, les adhésifs et autres impuretés.

### **II.5.3 Transformation**

Les matériaux triés et nettoyés sont transformés en matières premières secondaires. Cela peut inclure :

- ✓ Broyage : Les plastiques, le verre et les métaux sont souvent broyés en petits morceaux.
- ✓ Fonte : Les métaux sont fondus pour être reformés.
- ✓ Déchiquetage : Les papiers et cartons sont déchiquetés avant d'être recyclés.

### **II.5.4 Fabrication**

Les matières premières secondaires sont utilisées pour fabriquer de nouveaux produits. Par exemple, le plastique recyclé peut être transformé en bouteilles, en meubles ou en fibres pour les vêtements.

## **Chapitre II : Recyclage et valorisation des déchets d'équipements électriques et électroniques (D3E)**

### **II.5.5 Commercialisation**

Les produits fabriqués à partir de matériaux recyclés sont commercialisés et vendus aux consommateurs, bouclant ainsi le cycle de recyclage.

### **II.5.6 Réutilisation**

Les consommateurs achètent et utilisent les produits fabriqués à partir de matériaux recyclés et remis à leur cycle de vie, contribuant ainsi à la demande et à la viabilité économique du recyclage.

## **II.6 Procédé de recyclage des déchets électriques et électroniques**

Le recyclage des DEEE suit un processus structuré pour extraire les matériaux réutilisables et minimiser l'impact environnemental.(DJOUADI, 2022). Une fois la collecte des déchets électroniques et électriques effectuée à partir des points de dépôt et des conteneurs de ramassage qui seront par la suite transférés par des personnes/entités autorisées vers l'entreprise responsable de la gestion des DEEE. À leur arrivée, les déchets sont triés et stockés en fonction de leurs catégories (réfrigérateur, écrans, cartes mère ...) ce qui facilite les étapes du procédé :

### **II.6.1 Démantèlement**

Le démontage vise à retirer les composants contenant des substances dangereuses, comme les écrans cathodiques, les piles, et les lampes à décharge, tout en récupérant des sous-ensembles ou des pièces pouvant être valorisés de manière optimale en termes de matières. En général, on extrait les :

- ✓ Cartes électroniques pour leur contenu en métaux précieux ;
- ✓ Tubes cathodiques et autres composants dangereux ;
- ✓ Boîtiers plastiques destinés à être valorisés dans les filières plastiques ;
- ✓ Pièces métalliques composées de fer, cuivre, aluminiums présents dans les câbles, les bobinages, les coffrets.

## **Chapitre II : Recyclage et valorisation des déchets d'équipements électriques et électroniques (D3E)**

### **II.6.2 Vérification technique**

Les équipements avec une chance de réparation (ou bien utilisables) sont traités, nettoyés et réintégrés à nouveau au cycle d'utilisation d'une façon sécurisée et organisée. Par ailleurs, les équipements non réparables continuent le procédé de recyclage des déchets.

### **II.6.3 Broyage**

Les équipements non réparables sont broyés (fragmentés) en petits morceaux pour faciliter la séparation des matériaux. Après broyage, les matériaux sont triés par différentes techniques magnétiques, par densité, ou optique (ex : séparation par courant de Foucault) pour séparer les métaux, plastiques, et autres composants.

### **II.6.4 Traitement des matériaux**

**Métaux** : récupération préliminaire des métaux (fer, cuivre, aluminium) sont fondus pour être réutilisés dans de nouveaux produits.

**Plastiques** : Les plastiques sont nettoyés, fondus, et transformés en granulés pour la fabrication de nouveaux articles.

**Verre** : Le verre des écrans ou des ampoules est traité puis recyclé pour des applications spécifiques.

### **II.6.5 Recyclage des composants spécifiques**

Ces composants (circuits imprimés, batteries, les condensateurs) sont traités et recyclés avec des procédés spécifiques (hydrométallurgie, pyrométallurgie) pour extraire les métaux précieux comme l'or, l'argent, et le palladium et d'autres éléments.

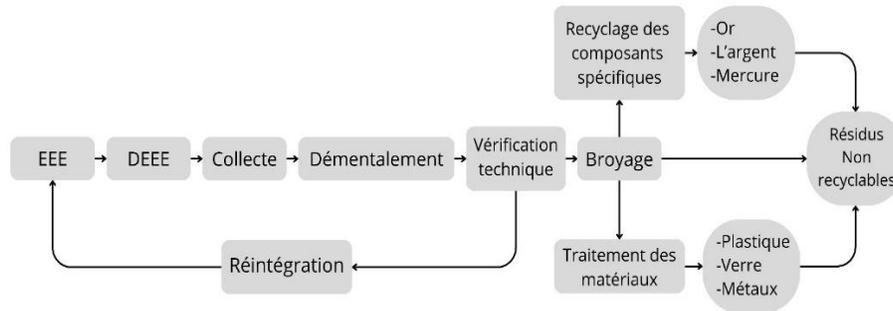
### **II.6.6 Élimination des résidus**

Les matériaux (résidus non recyclables) sont traités de manière à réduire leur impact environnemental (incinération contrôlée, mise en décharge sécurisée).

### **II.6.7 Réintégration dans le cycle de production**

Les matériaux récupérés sont réintroduits dans les chaînes de production pour la fabrication de nouveaux produits, bouclant ainsi le cycle de recyclage (Fig. II.3).

## Chapitre II : Recyclage et valorisation des déchets d'équipements électriques et électroniques (D3E)



*Figure II.3 : Schéma récapitulatif du procédé de recyclage des DEEE.*

### II.7 Extraction des métaux

Certains composants, en raison de leur teneur en métaux précieux, sont broyés séparément et traités avec des procédés spécifiques. Ces procédés sont généralement adoptés selon de leur efficacité, leur coût, et leur impact environnemental (Thomas, 2016; Nawrez, 2019) (Fig. II.4):

#### II.7.1 Pyroméallurgie

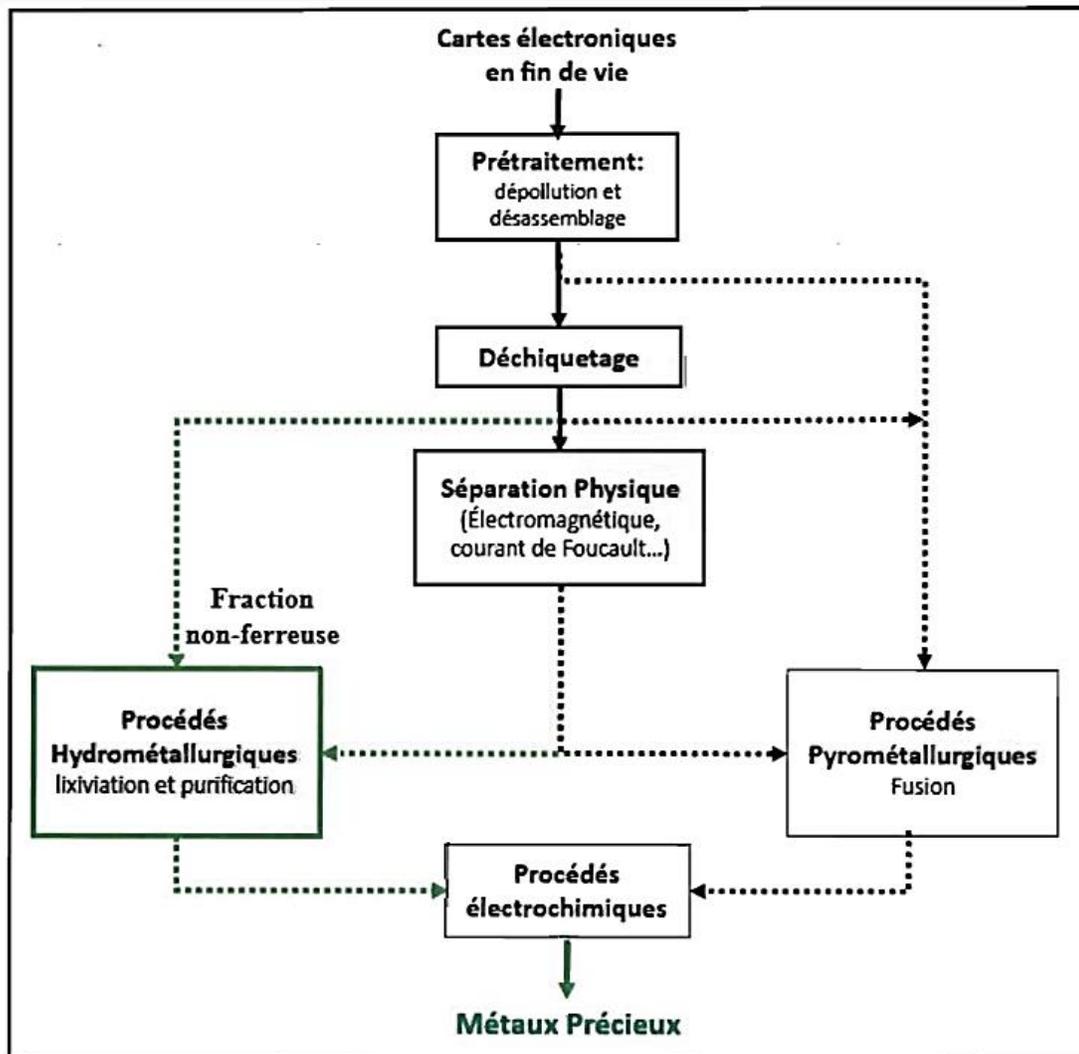
La pyroméallurgie est une méthode traditionnelle utilisée pour récupérer les métaux ferreux. Ce procédé repose principalement sur des traitements thermiques, qui permettent de provoquer des réactions chimiques afin d'éliminer les éléments indésirables, comme le plastique. Les principales techniques de pyroméallurgie comprennent :

##### II.7.1.1 Combustion

C'est une technique qui consiste à brûler des déchets électroniques broyés dans un four à très haute température, environ 1100°C. Pendant ce processus, les impuretés sont éliminées de deux manières : soit vaporisées par la chaleur ou une réaction chimique, soit transformées en scories qui flottent à la surface du métal fondu, ou en boues qui se déposent au fond.

Exemple : L'énergie et les gaz produits par la combustion des résines et plastiques présents dans les cartes électroniques limitent la quantité de cartes pouvant être traitées en une seule fois à 10 %. Au-delà de cette limite, le processus devient instable.

## Chapitre II : Recyclage et valorisation des déchets d'équipements électriques et électroniques (D3E)



*Figure II.4 : Schéma de recyclage des éléments spéciaux (PCB...)*  
(NAWREZ BEN AMEUR, 2019)

### II.7.1.2 Pyrolyse

C'est une approche unique qui permet d'obtenir un produit brut riche en métaux, facilitant ainsi son traitement dans les fonderies de cuivre. Cette technologie fonctionne en éliminant le plastique et la résine grâce à un processus d'évaporation et de fissuration thermique. En utilisant la pyrolyse, les fonderies de cuivre peuvent améliorer leur performance et leur efficacité.

## Chapitre II : Recyclage et valorisation des déchets d'équipements électriques et électroniques (D3E)

### II.7.1.3 Traitement d'eau supercritique

C'est une méthode de prétraitement qui utilise de l'eau ou des gaz comme le dioxyde de carbone, ou les substances sont maintenues à des températures et pressions supérieures à leur point critique (+ 300°C et pressions élevées). Ce processus vise à séparer les métaux, des matériaux organiques sans recours à des produits chimiques agressifs et tout en neutralisant les effets toxiques des plastiques contaminés par des retardateurs de flamme à base de brome. Ce processus est souvent considéré comme plus écologique par rapport à d'autres méthodes.

### II.7.2 Hydrométallurgie

C'est un autre procédé adopté pour extraire les métaux précieux selon des protocoles et à l'aide des solutions aqueuses chimiques. Ce procédé est utilisé pour récupérer, traiter, purifier les métaux à partir de concentrés, ou de matériaux recyclés avec sélectivité (Göknelma et al., 2016). Les étapes de l'hydrométallurgie (Fig. II.5) se résument en :

#### II.7.2.1 Lixiviation

C'est une étape cruciale dans le traitement hydrométallurgique, où un réactif chimique, accompagné d'un oxydant, attaque les particules broyées pour dissoudre les métaux. Cependant, la présence importante du cuivre rend la lixiviation de l'or difficile et coûteuse, nécessitant au moins deux étapes de lixiviation pour être efficace.

La première lixiviation se fait avec un acide et un oxydant, suivie d'une deuxième phase pour extraire l'or avec d'autres solvants. Cette méthode implique une série de lixiviations acides ou caustiques pour extraire d'abord les métaux de base (cuivre, zinc et plomb), puis les métaux précieux. La lixiviation des métaux précieux nécessite l'oxydation et la complexation simultanées du métal dissous, utilisant divers agents (Birloaga et al., 2013; Göknelma et al., 2016) comme l'eau régale, les halogénures, le cyanure, la thiourée, et le thiosulfate, avec  $Fe^{3+}$  ou  $Cu^{2+}$  comme oxydant.

## Chapitre II : Recyclage et valorisation des déchets d'équipements électriques et électroniques (D3E)

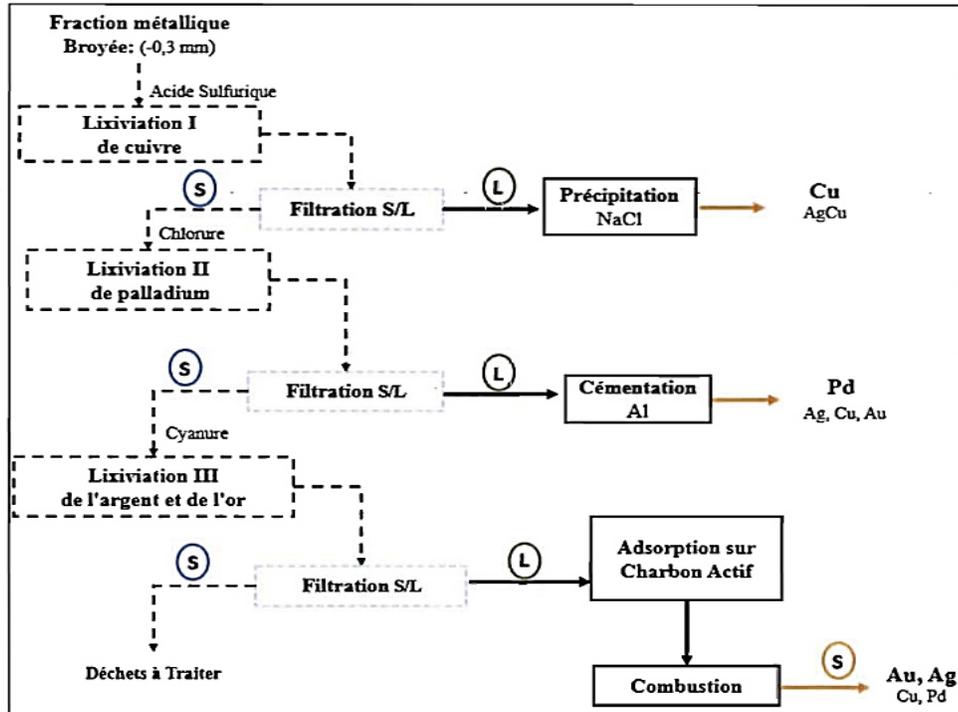


Figure II.5 : Schéma des phases du procédé d'hydrométaballurgie  
(NAWREZ BEN AMEUR, 2019)

**Eau régale** (composée d'acide nitrique et d'acide chlorhydrique :  $\text{HNO}_3 + 3\text{HCl}$ ). C'est extrêmement efficace pour dissoudre l'or, offrant un taux de dissolution élevé. Cependant, en raison de sa forte corrosivité et de la difficulté à gérer les eaux usées très acides qu'elle génère, son utilisation est principalement limitée aux laboratoires.

**Cyanure** : La lixiviation par cyanure a été largement utilisée pour extraire de l'or, en raison de son efficacité et de son faible coût. Cependant, elle produit de grandes quantités d'eaux usées toxiques contaminées par le cyanure, posant des risques environnementaux graves.

**Thiosulfate** : C'est un réactif efficace pour la récupération des métaux, avec des taux dépassant parfois 90% en laboratoire. Il est non-toxique, non-corrosif, et présente peu d'interférences avec d'autres cations. Son principal inconvénient est sa consommation élevée lors de la réaction.

## **Chapitre II : Recyclage et valorisation des déchets d'équipements électriques et électroniques (D3E)**

**Thiourée** : C'est un agent complexant efficace dans des conditions très acides pour récupérer l'or et l'argent des déchets de PCB. Elle forme un complexe cationique soluble avec l'or en présence d'un oxydant. Bien qu'elle soit sélective et efficace, elle présente une faible stabilité.

**Halogénures** : En raison de leur fiabilité et de leur haute stabilité chimique, ils sont des agents de lixiviation potentiels. Le coût du chlorure ( $\text{Cl}^-$ ) peut être réduit grâce à la régénération du solvant en circuit fermé, contrairement à l'iodure. Cependant, le chlorure est très corrosif et nécessite des conditions spécifiques d'oxydation.

### **II.7.2.2 Purification**

La lixiviation n'est généralement pas complètement sélective. En plus des métaux récupérés, la solution contient également des impuretés qui peuvent compliquer le processus d'extraction ou affecter la pureté du métal souhaité. Après la séparation solide-liquide, une purification est nécessaire. Selon le type de lixiviation utilisé, diverses technologies peuvent être appliquées pour séparer le résidu inerte de la solution, telles que la cémentation électrochimique, l'échange d'ions, la décantation, la filtration, ou encore la centrifugation.

### **II.7.2.3 Traitement électrochimique : Récupération des métaux**

La récupération du métal nécessite habituellement la formation du métal. C'est la solidification de la partie liquide purifiée et raffinée pour donner le métal brut recherché.

## **II.8 Réutilisation et réemploi des D3E**

Les composants ainsi que les équipements électriques et électroniques récupérés, une fois nettoyés et traités, sont réintégrés dans le circuit d'utilisation. Ces équipements remis en état peuvent être revendus aux clients, permettant ainsi de prolonger leur durée de vie et de réduire les déchets électroniques. Les composants récupérés, quant à eux, sont souvent réutilisés pour réparer d'autres appareils défectueux. Dans certains cas, ces composants peuvent également être commercialisés sur le marché, offrant une seconde vie aux matériaux tout en contribuant à une économie circulaire et à la réduction de l'impact environnemental.

## Chapitre II : Recyclage et valorisation des déchets d'équipements électriques et électroniques (D3E)

L'hydrométallurgie implique l'utilisation de l'eau pour l'extraction des métaux, la pyrométallurgie est un processus d'extraction et de purification basé sur la chaleur. Par rapport à la pyrométallurgie, l'hydrométallurgie est moins coûteuse en énergie du fait que les opérations sont effectuées à des températures bien inférieures. Le facteur de taille est aussi à considérer car de petites unités peuvent être conçues à des coûts réduits (Tab. II.4).

**Tableau II.4 :** Comparaison de l'hydrométallurgie et Pyrométallurgie.(NAWREZ BEN AMEUR, 2019)

Critères de comparaison	Sous- Critères de comparaison	Technologies de recyclage	
		Hydrométallurgie	Pyrométallurgie
<b>Facteur économique</b>	Cout d'investissement	Faible	Elevé
	Cout d'exploitation	Moyen	Moyen
	Consommation d'Énergie	Faible	Elevé
	Consommation de réactifs chimique	Elevé	Faible
<b>Traitement des PCB</b>	En faible teneur d'or	Possible	Difficile
	En petit quantités	Possible	Difficile
	Taux de récupération	Moyen à Elevé	Moyen
<b>Stabilité technique</b>	Complexité	Elevé	Faible à Moyen
	Contrôle en flexibilité	Elevé	Faible
	Applicabilité industrielle	A développer	Existe à adapter
<b>Impact environnemental</b>	Déchets solide ultime	Faible	Moyen
	Déchets gazeux	Négligeable	Elevé
	Déchets liquide	Moyen	Négligeable

***Chapitre III***  
***Gestion des déchets***  
***d'équipements électriques et***  
***électroniques***

### III.1 Collecte D3E (comparaison entre l'Europe, l'Asie et l'Afrique)

Avant de pouvoir traiter efficacement les déchets électriques et électroniques, il est essentiel de les collecter en premier lieu. De nombreuses études ont été menées pour optimiser l'efficacité de cette collecte. En pratique, différents canaux de collecte des DEEE sont mis en place, en fonction de la réglementation du pays et des procédures spécifiques pour la gestion des déchets. (ISO 14001, 2015 ; ISO 14005, 2019)

En Europe, la majorité des systèmes de collecte des DEEE ménagers ont été mis en place en collaboration avec les municipalités et les détaillants d'équipements électriques et électroniques. La directive européenne 2002/96/CE a initialement fixé un objectif de collecte de 4 kg par habitant par an, un objectif atteint en Europe de l'Ouest, mais encore difficile pour les nouveaux États membres. La directive européenne II a fixé de nouveaux objectifs à partir de 2019, visant à collecter 65% des équipements mis sur le marché ou 85% des DEEE générés, incitant plusieurs pays à explorer diverses options pour améliorer l'efficacité de la collecte (Friege et al., 2015; Salhofer, 2017). Quelques exemples de collecte ont été réalisées :

**-Collecte en bordure de trottoir (KERBSIDE)** dans les habitations multifamiliales, est une méthode pratique pour les résidents des zones densément peuplées. Un essai de collecte dans une habitation multifamiliale à Vienne a montré des taux de collecte de 0,4 à 1,1 kg/hab/an, tandis qu'à Copenhague, la collecte en bordure de trottoir avec des conteneurs a atteint 1,33 kg/hab/an.

**-Collecte des conteneurs dans les lieux publics**, de 0,04 à 0,84 kg/hab/an.

**-Collecte intensifiée des DEEE de petites gammes dans les points de vente en détail**, deux études de cas en Suède et en Allemagne sont analysées, elles montrent que seules de faibles quantités sont récupérées.

En Asie, le taux de génération de déchets électroniques en Chine par exemple est estimé à 6,0 millions de tonnes par an (en 2014), avec un taux de collecte de 1,3 million de tonnes en 2013. Aujourd'hui, les structures informelles dominent la collecte et la reprise des déchets électroniques, car ces structures disposent de vastes réseaux de collecte en milieu urbain,

### Chapitre III : Gestion des déchets d'équipements électriques et électroniques

offrent des remboursements élevés aux consommateurs, et ont accès à une main-d'œuvre plus nombreuse et moins coûteuse que les canaux de collecte formels. Ces caractéristiques sont déjà identifiées lors des premiers essais pilotes avec des systèmes de collecte formels, où le principal problème était d'atteindre des taux de collecte suffisamment élevés, car les systèmes de collecte étaient soit contrôlés, soit fortement infiltrés par des acteurs informels.

Le gouvernement chinois a tiré des leçons de ces difficultés initiales : le programme « Old for New » (OfN) a tenté de rendre le système de collecte formel plus attractif de deux manières :

- ✓ D'une part, les détaillants d'électronique et d'autres entités de reprise formelles ont reçu des subventions pour offrir des incitations aux consommateurs afin qu'ils rapportent leurs déchets électroniques par des canaux formels.
- ✓ D'autre part, les recycleurs ont également bénéficié de subventions relativement élevées, leur permettant de concurrencer efficacement les systèmes de collecte informels.

En termes de taux de collecte, le programme "Old for New" (OfN) a obtenu des résultats respectables, avec des chiffres allant de 0,4 à 2,1 kg kg/hab/an. (Salhofer et al., 2016)/(Tab. III.1).

En revanche, de nombreux pays **Africains**, la gestion des DEEE est principalement contrôlée par des collecteurs et recycleurs informels, en l'absence de systèmes de reprise organisés et de réglementations pour le tri et le démantèlement. Le traitement des déchets électroniques se fait souvent de manière rudimentaire, comme le démontage manuel des cartes électroniques et la combustion des câbles à ciel ouvert pour récupérer des métaux tels que le cuivre et l'aluminium, tandis que d'autres composants, comme les écrans à tube cathodique, sont abandonnés.

Certains pays (Nigéria, Kenya, Ghana) dépendent encore largement du recyclage informel. Une étude au Nigéria a révélé qu'entre 60 000 et 71 000 tonnes d'équipements électriques et électroniques usagés ont été importées chaque année par les ports de Lagos en 2015 et 2016.

Les principaux défis incluent :

- ✓ Le manque de sensibilisation,
- ✓ L'absence de politiques gouvernementales,
- ✓ L'inefficacité des systèmes de collecte,

### Chapitre III : Gestion des déchets d'équipements électriques et électroniques

- ✓ La domination du secteur informel polluant,
- ✓ La pénurie d'installations de recyclage adaptées, et
- ✓ Le faible financement des activités de gestion des déchets dangereux.(Forti et al., 2020).

*Tableau III.1 : Taux de collecte dans le cadre du programme pilote « Old for New »*  
(Salhofer et al., 2016)

Région	Habitants (1000)	TV (kg/hab/an)	Réfrigérateurs (kg/hab/an)	Machines à laver (kg/hab/an)	Climatiseurs (kg/hab/an)	Ordinateurs (kg/hab/an)	Total (kg/hab/an)
Beijing	19,600	0.64	0.16	0.73	0.05	0.04	1.62
Tianjin	12,280	0.50	0.08	0.42	0.02	0.02	1.04
Shanghai	23,019	1.62	0.07	0.33	0.02	0.03	2.08
Jiangsu province	77,250	0.67	0.04	0.27	0.01	0.01	1.00
Zhejiang province	51,800	0.54	0.03	0.12	0.01	0.03	0.74
Fuzhou	3,380	0.74	0.03	0.21	0.01	0.01	0.99
Shandong province	95,790	0.30	0.03	0.13	0.00	0.01	0.47
Changsha	7,044	0.55	0.05	0.25	0.02	0.00	0.86
Guangdong	104,300	0.19	0.03	0.18	0.03	0.00	0.44

#### III.2 Tri des DEEE

Les DEEE récupérés sont d'abord stockés et triés avant d'être recyclés. Le tri de ces déchets s'effectue en fonction de leur type, tels que :

**Appareils mélangés** : claviers, câbles, jouets ;

**Écrans** : téléviseurs, moniteurs d'ordinateur, écrans LCD ;

**Gros appareils avec échangeur thermique** : réfrigérateurs, climatiseurs, congélateurs ;

**Gros appareils ménagers** : machines à laver, lave-vaisselle, cuisinières.

## Chapitre III : Gestion des déchets d'équipements électriques et électroniques

De plus, les composants contenant des substances dangereuses, comme les piles, les écrans cathodiques et les condensateurs contenant des PCB, sont identifiés et séparés pour un traitement spécialisé ultérieur.

### III.3 Recyclage des D3E en Algérie

Après des recherches personnelles réalisées dans des entreprises productives privées et même étatiques génératrices de D3E, la gestion des D3E est un enjeu crucial avec le développement rapide du secteur de Technologie Informatique et Communication dans le pays. La quantité des déchets électroniques a connu une augmentation significative au fil des années, en particulier récemment, en raison de la numérisation accrue des secteurs dans notre pays.

La consommation immense des EEE et la génération de ces déchets au niveau du territoire national sont mises sans aucune structure réglementaire spécifique ou cadre de management environnemental. Les DEEE sont considérés comme des déchets ménagers et jetés de manière inappropriée; ce qui pose des défis sanitaires, économiques majeurs et environnementaux. Pour que notre pays rattrape les pays avancés dans le cadre de préservation de l'environnement, il est recommandé de mettre à jour la réglementation en vigueur et de réfléchir à renforcer le secteur des entreprises spécialisées dans la collecte, le tri et le recyclage des déchets électriques et électroniques.

### III.4 Recyclage des DEEE et développement durable

Investir dans le secteur du recyclage des D3E enregistre plusieurs avantages en retour :

- ✓ **Protection de l'Environnement** : Le recyclage des D3E permet de réduire la pollution liée aux métaux lourds et aux substances toxiques, contribuant ainsi à la préservation des sols, de l'eau et de l'air.
- ✓ **Économie Circulaire** : En récupérant des matériaux précieux (cuivre, aluminium, or) et autres métaux, le recyclage favorise l'économie circulaire, réduisant la dépendance aux matières premières importées et soutenant l'économie locale par exemple le projet des jeux olympiques et paralympiques à Tokyo « 2020 Medal Project », environ 78 985 tonnes de D3E ont été collectées; ce qui a permis de récupérer environ 32 kg d'or, 3500 kg d'argent et 2200 kg de bronze pour créer environ 5000 de médailles.(IOC, 2020)

### Chapitre III : Gestion des déchets d'équipements électriques et électroniques

Tableau III.2 - Statistiques clés sur les D3E par pays (Forti et al., 2020)

Pays	Région	D3E produits (kt) 2019	D3E produits en 2019 (kg/hab)	D3E répertoriés comme étant collectés et recyclés (kt)	Législation/Politique ou réglementation nationale en vigueur en matière de D3E
Afghanistan	Asie	23	0.6	Non disponible	Non
Albanie	Europe	21	7.4	Non disponible <sup>66</sup>	Non
<b>Algérie</b>	<b>Afrique</b>	<b>309</b>	<b>7.1</b>	<b>Non disponible</b>	<b>Non</b>
Angola	Afrique	125	4.2	Non disponible	Non
Antigua et Barbuda	Amériques	1.2	12.7	Non disponible <sup>66</sup>	Non
Argentine	Amériques	465	10.3	11 (2013) <sup>40</sup>	Oui
Arménie	Asie	17	5.8	Non disponible <sup>66</sup>	Non
Aruba	Amériques	2.2	19.3	Non disponible	Non
Australie	Océanie	554	21.7	58 (2018) <sup>41</sup>	Oui
Autriche	Europe	168	18.8	117 (2017) <sup>42</sup>	Oui
Azerbaïdjan	Asie	80	8	Non disponible	Non
Bahamas	Amériques	6.6	17.2	Non disponible	Non
Bahreïn	Asie	24	15.9	Non disponible	Non
Bangladesh	Asie	199	1.2	Non disponible	Non
Barbade	Amériques	3.6	12.7	Non disponible	Non

- ✓ **Création d'Emplois** : L'industrie du recyclage des D3E peut générer de nombreux emplois, depuis la collecte jusqu'au traitement et à la revalorisation des matériaux, offrant des opportunités dans divers secteurs.
- ✓ **Conformité Réglementaire** : Avec des réglementations internationales de plus en plus strictes, la création d'entreprises spécialisées permet à l'Algérie de se conformer aux normes environnementales mondiales et de limiter les sanctions potentielles.
- ✓ **Sensibilisation et Éducation** : Une entreprise de recyclage peut jouer un rôle clé dans l'éducation et la sensibilisation des citoyens et des entreprises à l'importance du recyclage des DEEE.

Malgré les avantages significatifs, le recyclage des D3E présente encore des défis, notamment en termes de :

## Chapitre III : Gestion des déchets d'équipements électriques et électroniques

- ✓ Collecte efficace,
- ✓ Traitement sûr des substances toxiques, et
- ✓ Sensibilisation du public.

Les politiques et les réglementations doivent être renforcées pour garantir que les déchets électroniques sont gérés de manière responsable et que les ressources précieuses sont récupérées.

Le développement de partenariats entre les gouvernements, les entreprises et les communautés est essentiel pour :

- ✓ Améliorer les infrastructures de recyclage,
- ✓ Encourager l'innovation dans le traitement des DEEE, et
- ✓ Sensibiliser davantage à l'importance du recyclage pour le développement durable

### III.5 Création d'une entreprise de recyclage des DEEE en Algérie

#### III.5.1 Étude de Marché

**Analyse de la Demande :** Évaluer la quantité de D3E générée en Algérie et identifier les sources principales, comme les ménages, les entreprises, et les institutions publiques ainsi qu'une bonne analyse de la clientèle visée, permet de vérifier la faisabilité du projet et de déterminer le chiffre d'affaires prévisionnel de la future entreprise.

**Concurrence :** Étudier les entreprises existantes dans le secteur du recyclage des D3E, leur modèle d'affaires, et leur position sur le marché (Tab. III.3). En Algérie, nous constatons un manque d'entreprises spécialisées dans la collecte, le tri et le recyclage de ces déchets et ceux qui existent considèrent malheureusement les D3E comme des déchets ménagers.

**Élaboration de prévisions financières** (ou de comptes prévisionnels), est indispensable pour s'assurer de la rentabilité du projet de création et éviter de naviguer à vue. Rédiger des comptes et les intégrer dans un plan d'affaires facilite la recherche de financement, l'obtention d'aides et la gestion future de l'entreprise.

### Chapitre III : Gestion des déchets d'équipements électriques et électroniques

*Tableau III.3 - Exemples d'entreprises de recyclage de déchets en Algérie.*

<b>Entreprise (localisation)</b>	<b>Activités</b>
<p><b>MP RECYCLING</b> Les eucalyptus - Algérie</p>	<p>Collecte et recyclage des déchets électriques et électroniques (D3E) Energies renouvelables et environnement Collecte et recyclage de matériel informatique et de télécommunications (D3E) ...</p>
<p><b>R-TECH ALGERIE</b> Dar el Beida - Algérie</p>	<p>Collecte et recyclage des déchets électriques et électroniques (D3E) Énergies renouvelables et environnement Recyclage des cartouches d'encre et de toner pour imprimantes laser</p>

*Tableau III.4 - Différentes sources de financement des startups en Algérie  
(Ines et Loubna, 2023)*

<b>Source de financement</b>	<b>Description</b>
<p><b>Aides et subventions de l'état</b></p>	<p>Fonds d'appui et de développement de l'écosystème « start-up » ; Agence nationale de gestion du micro-crédit (ANGEM) ; Agence nationale d'appui et de développement de l'entrepreneuriat (ANADE) ; Caisse nationale d'assurance chômage (CNAC).</p>
<p><b>Modes de financement alternatifs</b></p>	<p>Prise de participation au capital ; Société Financière d'Investissements, de Participations et de placement (SOFINANCE) ; El Djazair Istithmar ; Financière Algérienne de Participation (FINALEP).</p>

#### III.5.2 Constitution Juridique de l'Entreprise

**Choix du Statut Juridique :** Sélectionner le statut juridique adapté (SARL, SPA, etc.) en fonction de la taille de l'entreprise et des besoins en capital.

### Chapitre III : Gestion des déchets d'équipements électriques et électroniques

*Tableaux III.5 : Caractéristiques spécifiques pour chaque entreprise*  
(LAAMECHE Soufiane and MIMOUNI Djihad, 2016)

Types de sociétés	Définitions
<b>Société au nom collectif SNC</b>	Tous les associés ont individuellement la qualité de commerçant ; Ces associés disposent habituellement de certaines qualités professionnelles, ont la qualité de commerçant et répondent indéfiniment et solidairement des dettes sociales ; Le capital social n'est pas fixé par la loi.
<b>Société en commandite simple SCS</b>	Les premiers engagent leur responsabilité au-delà de leurs parts, les seconds ne sont tenus de dettes sociales que proportionnellement à leurs apports ; Ses règles sont calquées sur celles de la société en nom collectif ; La commandite simple (SCS) a une corrélation avec la SNC dont la mesure.
<b>Société en commandite par action SCPA</b>	Cette société est une forme hybride de la société en nom collectif et de la société par actions ; Entre deux ou plusieurs personnes morales ; Il peut être constitué sans capital ; Une durée déterminée.
<b>Société à responsabilité limitée SARL</b>	Correspond au statut d'une petite ou moyenne entreprise ; Son capital ne peut être inférieur à 100 000 DA et est divisé en parts sociales d'égale valeur nominale de 1000 DA au moins ; Le nombre d'associés est de 1 à 7 ; Dirigée par un gérant (algérien ou étranger), associé ou salarié.
<b>Société par action SPA</b>	Société par actions existe sous deux formes : <ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Celle faisant appel public à l'épargne et dans ce cas le capital social ne peut être inférieur à cinq millions de DA.</li> <li>✓ Celle sans appel public à l'épargne : dans ce cas le capital peut être d'un million de DA.</li> </ul> SPA est dirigée par un conseil d'administration qui désigne un président et un directeur général, où un président directeur général.
<b>Société a une personne ERUL</b>	SARL ; Nombre d'actionnaires est limité à un ; Favorise l'initiative privée ; Mêmes types d'activités que la SARL.

**Enregistrement :** Enregistrer l'entreprise auprès du Centre National du Registre de Commerce (CNRC) et obtenir toutes les autorisations nécessaires, notamment en matière d'environnement.

## **Chapitre III : Gestion des déchets d'équipements électriques et électroniques**

### **III.5.3 Acquisition des Infrastructures et Équipements**

**Site de Traitement :** Sélectionner un emplacement stratégique pour le centre de traitement des DEEE, conforme aux normes environnementales.

**Équipements :** Acquérir des équipements de tri, de démantèlement, de broyage et de traitement chimique ou thermique nécessaires pour le recyclage des DEEE.

**Sélection du nom :** Choisir un nom pour l'entreprise et vérification de la disponibilité que le nom sera validé.

### **III.5.4 Mise en place du système de collecte**

**Partenariats :** Établir des partenariats avec les municipalités, les grandes entreprises, et les détaillants pour faciliter la collecte des D3E.

**Points de Collecte :** Installer des points de collecte accessibles au public pour encourager le dépôt volontaire des D3E.

### **III.5.5 Gestion des Déchets et des Substances Dangereuses**

**Tri et Stockage :** Mettre en place un système de tri des D3E en fonction de leur type et des substances dangereuses qu'ils contiennent (écrans, batteries, cartes électroniques).

**Traitement des Substances :** Adopter des technologies de traitement sûres et efficaces pour neutraliser les substances toxiques et récupérer les matériaux précieux.

### **III.5.6 Conformité et Réglementation**

**Respect des Normes :** Assurer la conformité aux réglementations algériennes en matière de gestion des déchets et de protection de l'environnement, ainsi qu'aux normes internationales.

**Audits et Certifications :** Obtenir des certifications environnementales, comme la norme ISO 14001 pour garantir les meilleures pratiques dans le processus de recyclage.

### **III.5.7 Formation et Recrutement**

**Formation des employés :** Former le personnel aux procédures de sécurité, à l'utilisation des équipements et à la gestion des substances dangereuses.

## **Chapitre III : Gestion des déchets d'équipements électriques et électroniques**

**Ressources humaines :** Embaucher des experts en gestion des déchets, des techniciens, et du personnel de soutien pour assurer le bon fonctionnement de l'entreprise.

### **III.5.8 Sensibilisation et Communication**

**Campagnes de sensibilisation :** Lancer des campagnes de communication pour sensibiliser le public à l'importance du recyclage des D3E et encourager les pratiques responsables.

**Engagement communautaire :** Travailler avec les communautés locales pour promouvoir le recyclage et offrir des solutions de collecte adaptées à leurs besoins.

### **III.5.9 Surveillance et Amélioration Continue**

**Suivi des Opérations :** Mettre en place des systèmes de suivi pour évaluer l'efficacité des processus de recyclage et identifier les domaines à améliorer.

**Innovation :** Investir dans la recherche et le développement pour adopter des technologies innovantes et améliorer l'efficacité du recyclage.

## **III.6 Risques liés à la gestion des D3E**

Une entreprise spécialisée dans la gestion des D3E, peut faire face à divers risques, qui peuvent affecter sa performance, sa réputation, et sa conformité réglementaire. Les principaux risques associés à une entreprise de gestion des D3E sont les suivants :

### **III.6.1 Risques Environnementaux**

Une mauvaise gestion des substances dangereuses présentes dans les D3E, comme les métaux lourds, les PCB, et les retardateurs de flamme, peut entraîner une contamination des sols, des eaux et de l'air. Cela peut résulter de fuites, de déversements accidentels, ou de procédures de traitement inadéquates. Nous mentionnons aussi la gestion des émissions des gaz toxiques et des particules libérées des procédés de recyclage, (l'hydrométallurgie, le broyage...), contribuant à la pollution atmosphérique.

## **Chapitre III : Gestion des déchets d'équipements électriques et électroniques**

### **III.6.2 Risques pour la Santé et la Sécurité des Travailleurs**

#### **Risques mécaniques et toxiques**

Les employés peuvent être exposés à des substances nocives, telles que le plomb, le mercure, ou le cadmium, et s'ils ne disposent pas des équipements de protection individuelle (gants, casques, chaussures...) ou collective (extracteurs, garde-corps, balisage des zones...) adéquat.

Les travailleurs peuvent avoir des accidents de travail tels que des coupures, des brûlures, des électrocutions, ou des blessures dans le cas où les procédures de sécurité ne sont pas respectées. Ainsi que les taches par des équipements lourds et des machines de tri ou de broyage ou si qui peut causer des maladies professionnelles tels que les TMS et la hernie discale.

#### **Inhalation de poussières**

Les opérations de broyage et de traitement peuvent générer des poussières fines contenant des substances toxiques, augmentant les risques de maladies respiratoires pour les travailleurs à forte et longue exposition.

### **III.6.3 Non-conformité aux réglementations et normes**

Une entreprise peut faire face à des amendes, des sanctions, ou même des fermetures forcées si elle ne respecte pas les réglementations locales, nationales, ou internationales relatives à la gestion des D3E, notamment en matière de traitement des substances dangereuses, de stockage, et de transport.

L'entreprise peut être tenue responsable des dommages environnementaux causés par des pratiques de gestion inadéquates ; ce qui peut entraîner des coûts élevés de nettoyage et de réparation, ainsi que des litiges juridiques.

L'entreprises doit se préparer aux audits de surveillance et aux inspections régulières par les autorités environnementales. Tout écart majeur ou mineur peut entraîner des actions correctives coûteuses et nuire à la réputation de l'entreprise.

## **Chapitre III : Gestion des déchets d'équipements électriques et électroniques**

### **III.6.4 Risques Opérationnels**

#### **Pannes de machines et d'équipements**

Les machines utilisées pour le tri, le broyage et le traitement des D3E sont complexes et coûteuses. Des pannes ou des perturbations dans la chaîne d'approvisionnement des pièces détachées, peuvent entraîner des interruptions des services, des retards dans le traitement, et des coûts de réparation importants.

#### **Gestion des stocks**

Le stockage prolongé de D3E non traités peut poser des risques d'incendie, de contamination. Une mauvaise gestion des stocks peut également conduire à des inefficacités opérationnelles et à des coûts supplémentaires.

### **III.6.5 Risques Financiers**

#### **Investissements en infrastructures**

Les investissements dans des technologies de traitement avancées ou dans la mise à niveau des installations pour répondre aux normes réglementaires peuvent représenter des coûts importants pour l'entreprise.

#### **Coûts de conformité**

Se conformer aux normes et réglementations environnementales, peut entraîner des coûts élevés pour les entreprises, notamment en matière de formation, de mise à jour des équipements, et de gestion des déchets.

## *Chapitre IV*

# *Impacts sanitaires et environnementaux des déchets d'équipements électriques et électroniques*

## **Chapitre IV : Impacts sanitaires et environnementaux des déchets d'équipements électriques et électroniques**

### **IV.1 Impact sanitaire des éléments métalliques**

Les éléments métalliques présents dans l'environnement, que l'on retrouve dans les sols, l'eau, l'air et les plantes, peuvent être toxiques pour les êtres vivants, bien que certains comme le cuivre (Cu), le zinc (Zn), le manganèse (Mn) et le sélénium (Se) soient essentiels à la vie. En revanche, le cadmium (Cd), le mercure (Hg) et le plomb (Pb) sont toxiques même à très faibles doses et n'ont aucune fonction biologique bénéfique.

À des concentrations élevées, la plupart des métaux deviennent nocifs. Certains éléments, tels que le plomb, le cadmium, l'arsenic (As) et le mercure sont cancérigènes et peuvent affecter les systèmes respiratoire, cardiovasculaire, immunitaire et reproductif par une exposition directe dans le cas d'un contact cutané par exemple ou bien indirect dans le cas d'une consommation d'eau ou d'aliments contaminés.(Frazzoli et al., 2010)

#### **IV.1.1 Exposition et toxicité des éléments métalliques**

L'impact des métaux sur l'organisme dépend de leur concentration, de leur forme chimique, de leur biodisponibilité et de leur capacité à intégrer dans la chaîne alimentaire.

Un risque sanitaire potentiel devient réel lorsque l'élément se disperse et pénètre dans l'organisme par diverses voies. Cette pénétration dépend de plusieurs facteurs, notamment la voie d'exposition, la quantité absorbée du métal, ainsi que la durée ou la fréquence de l'exposition. Les éléments métalliques peuvent entrer dans le corps humain par différentes voies par :

- ✓ Ingestion, souvent via des aliments et de l'eau contaminés ;
- ✓ Inhalation, ce qui est particulièrement pertinent pour les recycleurs exposés à des poussières toxiques ;
- ✓ Absorption cutanée, lorsque la peau entre en contact direct avec des substances métalliques.

La toxicité d'une substance est définie par sa capacité à engendrer des effets nocifs chez un organisme vivant. On distingue principalement deux types de toxicité : la toxicité aiguë et la toxicité chronique.

## Chapitre IV : Impacts sanitaires et environnementaux des déchets d'équipements électriques et électroniques

### IV.1.1.1 Toxicité aiguë (< 24 heures)

Elle se réfère aux effets nocifs résultant d'une seule exposition à une forte dose d'élément métallique, que ce soit par ingestion, inhalation ou contact cutané, et ce, dans un laps de temps ne dépassant pas 24 heures. Ce type de toxicité est souvent accidentel et peut entraîner des manifestations d'intoxication qui se développent rapidement, parfois avec des conséquences mortelles. Dans les études expérimentales sur les animaux, la toxicité aiguë est mesurée par la DL<sub>50</sub>, qui représente la dose capable de provoquer la mort de 50% des individus exposés. Lorsqu'on parle d'exposition par inhalation, on utilise le terme concentration létale ou CL<sub>50</sub>.(Bensakhria, 2018)

*Tableau IV.1 : Classification des produits chimiques selon leur toxicité Échelle de HODGE et STERNE.(Gouvernement du Canada, 2024)*

<b>DL<sub>50</sub> orale (rat)</b>	<b>Dose probablement létale chez les humains</b>	<b>Indice de toxicité</b>
Jusqu'à 1 mg/kg	1 grain	1 = extrêmement toxique
De 1 à 50 mg/kg	4 ml	2 = hautement toxique
De 50 à 500 mg/kg	30 ml	3 = modérément toxique
De 500 à 5000 mg/kg	600 ml	4 = légèrement toxique
De 5000 à 15000 mg/kg	1 litre	5 = presque pas toxique
Plus de 15000 mg/kg	1 litre	6 = relativement inoffensif

### IV.1.1.2 Toxicité chronique (+ 3mois)

Elle se réfère aux effets nocifs résultant d'une exposition répétée à un métal. Cette forme de toxicité résulte de l'accumulation progressive de petites doses de l'agent toxique dans l'organisme, menant à des effets néfastes sur la santé à long terme. Une exposition prolongée ou répétée peut entraîner divers troubles pathologiques, allant de perturbations métaboliques au développement de cancers. Les métaux peuvent ainsi provoquer des dommages toxiques aux organes tels que le foie, les reins, le cerveau, ainsi qu'aux systèmes : digestif, cardiovasculaire et reproducteur.

## **Chapitre IV : Impacts sanitaires et environnementaux des déchets d'équipements électriques et électroniques**

Des études toxicologiques ont révélé que l'exposition humaine à des contaminants métalliques comme le zinc (Zn), le plomb (Pb), le chrome (Cr), et le cadmium (Cd) issus des déchets électroniques peut entraîner des troubles respiratoires, reproductifs, et génomiques, ainsi que des lésions au système nerveux central. Il est également important de souligner que l'exposition aux éléments traces métalliques (ETM) par le biais du recyclage des déchets électroniques présente des risques cancérigènes et des propriétés de perturbation endocrinienne. Des éléments tels que l'arsenic (As), le cadmium (Cd), le mercure (Hg), et le plomb (Pb) sont reconnus pour leur potentiel cancérigène. (CUNIASSE and GLASS, 2020; Sepúlveda et al., 2010)

Une étude réalisée à Lagos (Nigéria), a mis en évidence des cas de cancer chez des travailleurs ayant passé au moins six (06) ans sur des sites de recyclage de déchets électroniques. En outre, des maladies chroniques graves telles que la détresse respiratoire et le cancer du poumon sont fréquemment associés à l'exposition à des métaux tels que l'arsenic (As), le cadmium (Cd), le chrome (Cr VI) et le nickel (Ni). (Alabi, O. A and Bakare, A. A, 2015).

### **IV.1.2 Accumulation des éléments métalliques dans les plantes**

L'accumulation des éléments métalliques dans les plantes est un processus par lequel ces éléments, présents dans le sol, l'eau ou l'air, sont absorbés par les racines ou les parties aériennes des plantes. Cette absorption dépend de plusieurs facteurs, notamment la concentration des métaux dans l'environnement, la nature du sol, le pH, et la capacité de la plante à absorber et à accumuler ces éléments. Certains métaux comme le zinc (Zn), le cuivre (Cu), et le manganèse (Mn) sont des oligo-éléments essentiels pour les plantes, mais à des concentrations élevées, ils peuvent devenir toxiques. D'autres métaux, comme le plomb (Pb), le cadmium (Cd), et le mercure (Hg), n'ont aucune fonction biologique et sont toxiques même à faibles concentrations.

L'accumulation de ces éléments dans les plantes peut avoir des effets néfastes sur leur croissance, leur développement et leur reproduction. Elle peut également poser un risque pour la chaîne alimentaire, car ces métaux peuvent se retrouver dans les aliments consommés par les animaux et les Humains. Les plantes qui accumulent des niveaux élevés de métaux toxiques

## **Chapitre IV : Impacts sanitaires et environnementaux des déchets d'équipements électriques et électroniques**

peuvent provoquer des intoxications alimentaires, affectant la santé humaine et animale.(Radwan et Salama, 2006)

Certaines plantes, appelées Hyperaccumulatrices, sont capables de concentrer les métaux à des niveaux exceptionnellement élevés sans en subir les effets toxiques. Ces plantes sont parfois utilisées dans la phytoremédiation, une technique de dépollution des sols contaminés par des éléments métalliques.(Evlard, 2013)

### **IV.2 Évaluation du risque sanitaire des éléments métalliques**

La démarche d'évaluation du risque pour la santé humaine comporte quatre étapes fondamentales : l'identification des dangers, l'évaluation de la toxicité (dose-réponse), l'estimation des expositions, et la caractérisation des risques.(Mbodji, 2022)

#### **IV.2.1 Identification des risques**

C'est une étape principalement qualitative qui vise à recenser les substances chimiques potentiellement toxiques, à évaluer leurs concentrations et leur répartition géographique. Cette étape met en lumière les effets chroniques, car dans l'environnement, ce sont généralement les expositions répétées à des doses faibles qui perturbent les organismes, plutôt qu'une exposition unique à une dose élevée.

#### **IV.2.2 Évaluation de la toxicité**

L'étape d'évaluation de la toxicité dans l'évaluation du risque sanitaire des éléments métalliques consiste à déterminer les effets potentiels d'une exposition à ces métaux sur la santé humaine. Cette évaluation inclut l'identification des doses seuils, au-delà desquelles des effets toxiques peuvent se manifester, ainsi que l'examen des données toxicologiques disponibles, telles que la dose létale 50 (DL<sub>50</sub>) pour la toxicité aiguë et les concentrations maximales admissibles pour la toxicité chronique. L'objectif est de comprendre comment ces éléments métalliques peuvent nuire à différents systèmes biologiques, notamment les systèmes neurologique, immunitaire, cardiovasculaire, et reproducteur, en fonction de la durée et de l'intensité de l'exposition.

## **Chapitre IV : Impacts sanitaires et environnementaux des déchets d'équipements électriques et électroniques**

### **IV.2.3 Estimation des expositions**

Il s'agit de quantifier la concentration des éléments métalliques dans les milieux contaminés et identifier les populations (taille, type, poids) exposées, ainsi que la fréquence et la durée (temps de contact avec la substance en jour et années), et les voies d'exposition (inhalation, ingestion, contact cutané). L'évaluation tient compte des différentes sources d'exposition, comme les aliments, l'eau, l'air, et les produits de consommation.

### **IV.2.4 Caractérisation des risques**

Il s'agit de la phase finale du processus d'évaluation des risques sanitaires. Cette étape permet de rassembler et d'intégrer toutes les données collectées lors des trois premières étapes, afin de parvenir à des estimations quantitatives des indices de risque et de danger. Elle évalue les risques, qu'ils soient cancérigènes ou non, auxquels une population est exposée en fonction des niveaux d'exposition. Concernant les effets avec seuil (non cancérigènes), le quotient de danger des métaux dans l'aliment (QD : rapport de la DJE et de la DJA) et l'indice de risque (IR : somme des QD dans l'aliment) sont calculés. Si le rapport du QD ou IR est supérieur à 1, des effets sont susceptibles de se produire parmi la population exposée.

## **IV.3 Impacts des déchets sur l'entreprise**

Une mauvaise gestion de déchets dans un entreprise peut mener à des conséquences critiques sur plusieurs plans.

### **IV.3.1 Sur le plan économique**

La gestion des déchets représente un coût non négligeable. L'entreprise doit investir dans des infrastructures adaptées pour le traitement, le recyclage, ou l'élimination des déchets, ce qui peut peser sur son budget. De plus, des erreurs ou des manquements aux régulations environnementales peuvent entraîner des amendes ou des pénalités, augmentant encore les coûts. Par ailleurs, les déchets eux-mêmes symbolisent une perte de ressources précieuses, qu'il s'agisse de matières premières ou de produits finis, ce qui impacte directement la rentabilité.

## **Chapitre IV : Impacts sanitaires et environnementaux des déchets d'équipements électriques et électroniques**

### **IV.3.2 Sur le plan environnemental**

Les déchets industriels peuvent causer des dommages importants et polluer l'air, l'eau et les sols, avec des conséquences potentiellement graves pour l'écosystème et la santé des populations environnantes. Pour l'entreprise, cela peut aussi ternir son image et sa réputation, car les clients, les partenaires et le grand public sont de plus en plus sensibles aux questions environnementales.

### **IV.3.3 Sur le plan légal et réglementaire**

Une entreprise doit se conformer à des normes strictes en matière de gestion des déchets. Le non-respect de ces normes peut entraîner des poursuites judiciaires, voire la suspension de ses activités. De plus, l'entreprise est souvent tenue de rendre des comptes sur ses pratiques de gestion des déchets, ce qui peut compliquer ses démarches administratives.

### **IV.3.4 Sur le plan social**

La gestion inadéquate des déchets peut avoir des répercussions sur la santé et la sécurité des employés, qui peuvent être exposés à des substances dangereuses. Elle peut aussi affecter les relations de l'entreprise avec les communautés locales, notamment si la pollution ou les nuisances liées aux déchets, deviennent un problème.

Cependant, il est important de souligner que ces défis s'accompagnent aussi d'opportunités. Par exemple, une gestion efficace des déchets peut permettre de récupérer des matériaux et de réduire les coûts de production. De plus, la nécessité de réduire les déchets peut encourager l'innovation au sein de l'entreprise, en l'incitant à adopter des procédés plus propres et plus durables.

## **IV.4 Impact environnemental des D3E**

Les impacts dévastateurs de déchets des équipements électriques et électroniques sur l'environnement en raison de la présence de nombreux éléments toxiques qu'ils contiennent, et sachant que plus de 70% de ces déchets sont non-traités et abandonnés dans la nature ; ce qui cause une contamination à divers niveaux (atmosphérique, terrestre et aquatique).

## **Chapitre IV : Impacts sanitaires et environnementaux des déchets d'équipements électriques et électroniques**

### **IV.4.1 Contamination du sol**

Une étude menée au Vietnam a confirmé la pollution des sols par des composés de dioxines dans les sites de traitement des déchets électroniques. Les concentrations détectées étaient supérieures à la concentration maximale admissible (CMA) selon la réglementation de l'OMS, principalement en raison de la pratique de brûlage à l'air libre et de stockage non sécurisé. Les activités de recyclage inappropriées, telles que le brûlage à l'air libre et le démontage manuel, polluent les sols et les rivières au Vietnam, comme en témoigne la présence de retardateurs de flamme dans les sols et les sédiments des rivières.

Exemple : Une étude réalisée en Chine a examiné des échantillons de sol provenant de rizières, de sites de brûlage à l'air libre, de sites de traitement des déchets électroniques, ainsi que des échantillons de sédiments d'une rivière proche d'un village. Sept métaux, à savoir le calcium, le cuivre, le molybdène, le plomb, le nickel, l'étain et le zinc, ont été détectés en forte concentration dans les échantillons de sol et de sédiment. Une analyse multivariée a confirmé que la forte concentration de ces éléments était fortement corrélée au traitement des déchets électroniques. Par ailleurs, l'analyse des sols provenant des sites de brûlage à l'air libre a montré une accumulation de cuivre, indiquant l'influence de ces activités. Ainsi, la mise en place de processus de traitements appropriés et de traitements des eaux usées sur les sites de recyclage des déchets électroniques est nécessaire pour réduire la contamination chimique des sols.

### **IV.4.2 Contamination atmosphérique**

La combustion des déchets électroniques, en plus de contaminer les sols, augmente également la concentration de polluants atmosphériques, en particulier les particules en suspension. Une enquête menée en Inde a observé les concentrations de métaux lourds (Cu, Pb, Zn, Cr, Ni) et le niveau de particules fines (PM10) dans des échantillons d'air prélevés sur un site de combustion de déchets électroniques en plein air et dans deux zones résidentielles. Les résultats ont révélé que les niveaux de métaux lourds et de PM10 étaient nettement plus élevés sur les sites de combustion des déchets électroniques par rapport aux autres zones étudiées. L'analyse sanguine des résidents des sites de combustion a également montré qu'ils étaient exposés à des niveaux plus élevés de ces contaminants. Cette étude a démontré que la combustion à l'air libre

## **Chapitre IV : Impacts sanitaires et environnementaux des déchets d'équipements électriques et électroniques**

par le secteur informel des déchets contribue à un niveau élevé de contamination de l'air, augmentant ainsi l'exposition des résidents aux métaux lourds.

En accord avec cette étude, une autre recherche menée sur deux sites de recyclage informels de déchets électroniques dans des zones urbaines du Vietnam a trouvé que les niveaux de PCB et de BFR dans la poussière intérieure étaient plus élevés dans les maisons proches des sites de déchets électroniques par rapport aux maisons situées ailleurs. L'exposition humaine a été estimée, et il a été constaté que l'ingestion de poussière contribuait principalement à l'apport de BFR, tandis que l'inhalation d'air contribuait à l'apport de PCB.

### **IV.4.3 Contamination des eaux**

Le démantèlement illégal des déchets électroniques, associé à la combustion en plein air, a été la principale cause de la forte contamination au cadmium des eaux souterraines dans quatre districts en Inde, à savoir Rampur, Shahjehanpur, Moradabad et Bareilly. Le niveau de contamination au cadmium dépassait le seuil réglementaire, ce qui indique de graves problèmes de toxicité pour les systèmes d'eaux souterraines.

La présence d'un contaminant dans les eaux de surface affecte les organismes aquatiques et peut conduire à la bioamplification. Une étude en Chine a examiné des plastifiants, des retardateurs de flamme organophosphorés (PFR) et des métabolites de PFR dans des échantillons de serpents d'eau provenant d'un étang pollué. Il a été observé qu'il n'y avait pas de bioamplification, les facteurs de bioamplification (BMF) étant inférieurs à 1, ce qui suggère une bio-dilution pilotée par le métabolisme.

*Chapitre V*

*Législation mondiale et  
nationale des déchets  
d'équipements électriques et  
électroniques*

## **Chapitre V : Législation mondiale et nationale des déchets d'équipements électriques et électroniques**

### **V.1 Règlementation mondiale relative à la gestion des déchets**

**Directive européenne 2002/96/CE du 27 janvier 2003**, relative aux déchets d'équipements électriques et électroniques (directive DEEE). La directive DEEE a pour objectif la prévention de la formation des DEEE ainsi que la promotion de leur réutilisation, leur recyclage et les autres formes de leur valorisation dans le but de réduire la quantité des déchets à éliminer.

**Directive européenne 2002/95/CE du 27 janvier 2003** relative à la limitation des substances dangereuses dans les équipements électriques et électroniques (directive ROHS). Cette directive a pour objectif de limiter l'utilisation des substances dangereuses dans les équipements électriques et électroniques et de contribuer à la protection de la santé humaine, à la valorisation et à l'élimination non polluantes des déchets d'équipements électriques et électroniques.

**Directive n° 2011/65/UE du 08/06/11** relative à la limitation de l'utilisation de certaines substances dangereuses dans les équipements électriques et électroniques. Cette directive a procédé à une refonte de la directive ROSH. Elle étend, ainsi, le champ d'application de la directive ROSH à un plus grand nombre d'EEE. Elle s'applique, ainsi, à l'ensemble des EEE énumérés par la directive DEEE ainsi qu'aux câbles et pièces détachées.

**Directive 2009/125/CE du 21 octobre 2009** établissant un cadre pour la fixation d'exigences en matière d'éco-conception applicables aux produits liés à l'énergie.

**Décision 2005/369/CE du 3 mai 2005** fixant les modalités du contrôle de la conformité dans les États membres et définissant des formats de données aux fins de la directive 2002/96/CE du Parlement et du Conseil relative aux déchets d'équipements électriques et électroniques.

**Décret n° 2005-829 du 20 juillet 2005** relatif à la composition des équipements électriques et électroniques et à l'élimination des déchets issus de ces équipements. (France).

Les articles sont complétés par des arrêtés d'application. Ils précisent certains points des directives européennes qui sont laissés à l'appréciation des Etats Membres et qui concernent notamment : les distributeurs, la contribution visible, le registre national des producteurs, les

## **Chapitre V : Législation mondiale et nationale des déchets d'équipements électriques et électroniques**

obligations des producteurs d'équipements ménagers ainsi que les obligations des producteurs d'EEE professionnels.

Les arrêtés en question sont :

**Arrêté du 23 novembre 2005** relatif aux modalités de traitement des déchets d'équipements électriques et électroniques prévues à l'article 21 du décret n° 2005-829 du 20 juillet 2005 ;

**Arrêté du 23 novembre 2005** relatif à l'agrément prévu à l'article 19 du décret n° 2005-829 du 20 juillet 2005 ;

**Arrêté du 25 novembre 2005** fixant les cas et conditions dans lesquels l'utilisation dans les équipements électriques et électroniques de plomb, de mercure, de cadmium, de chrome hexavalent, de polybromobiphényles ou de polybromodiphényléthers est autorisée ;

**Arrêté du 6 décembre 2005** relatif aux agréments et approbations prévus aux articles 9, 10, 14 et 15 du décret n° 2005-829 du 20.07.2005 ;

**Arrêté du 13 mars 2006** relatif à la procédure d'inscription et aux informations figurant au registre national des producteurs prévu à l'article 23 du décret n° 2005-829 du 20.07.2005 ;

**Arrêté du 6 juillet 2006** modifiant l'arrêté du 25.11.2005 fixant les cas et conditions dans lesquels l'utilisation dans les équipements électriques et électroniques de plomb, de mercure, de cadmium, de chrome hexavalent, de polybromobiphényles ou de polybromodiphényléthers est autorisée ;

**Arrêté du 13 juillet 2006** pris en application de l'article 2 du décret n° 2005-829 du 20.07.2005 relatif à la composition des équipements électriques et électroniques et à l'élimination des déchets qui en sont issus ;

**Arrêté du 9 août 2006** portant agrément d'un organisme ayant pour objet d'enlever et de traiter les déchets d'équipements électriques et électroniques en application de l'article 14 du décret n° 2005-829 du 20.07.2005 ;

**Arrêté du 12.12.2007** relatif aux prescriptions générales applicables aux installations classées pour la protection de l'environnement soumises à déclaration sous la rubrique n° 2711 «

## **Chapitre V : Législation mondiale et nationale des déchets d'équipements électriques et électroniques**

Transit, regroupement, tri, désassemblage, remise en état d'équipements électriques et électroniques mis au rebut » ;

### **V.2 Textes législatifs algériens relatifs à la gestion des déchets**

#### **Loi n°03-10 du 19/07/2003**

La présente loi a pour objet de définir les règles de protection de l'environnement dans le cadre du développement durable. Constitue un pilier central de la politique environnementale en Algérie, cette loi vise à assurer une protection efficace de l'environnement tout en favorisant un développement économique et social durable.(Journal Officiel Algérie, 2003a)

#### **Principe de Développement Durable**

La loi met en avant le concept de développement durable, qui vise à satisfaire les besoins actuels sans compromettre la capacité des générations futures à satisfaire les leurs. Cela implique un équilibre entre les exigences économiques, sociales et environnementales.

#### **Prévention et Réduction de la Pollution**

La loi impose des mesures strictes pour prévenir et réduire la pollution de l'air, de l'eau et du sol. Les entreprises et autres acteurs économiques sont tenus de prendre des précautions pour éviter de nuire à l'environnement, et doivent adopter des technologies propres et des pratiques de gestion des déchets respectueuses de l'environnement.

#### **Responsabilité des Pollueurs**

Un principe fondamental de cette loi est celui du "**Pollueur-Payeur**", qui stipule que les personnes ou entités responsables de la pollution doivent assumer les coûts des mesures nécessaires pour prévenir ou réparer les dommages causés à l'environnement.

#### **Réglementation des Activités Industrielles**

Les activités industrielles et agricoles doivent respecter des normes environnementales strictes pour minimiser leur impact. Cela comprend la gestion des déchets, le traitement des eaux usées, et le contrôle des émissions de polluants atmosphériques.

## **Chapitre V : Législation mondiale et nationale des déchets d'équipements électriques et électroniques**

### **Protection des Espaces Naturels et de la Biodiversité**

La loi prévoit des dispositions pour protéger les espaces naturels, les écosystèmes fragiles, et les espèces menacées. Cela inclut la création de réserves naturelles et de parcs nationaux.

### **Participation du Public**

La loi encourage la participation des citoyens et des organisations non gouvernementales (ONG) dans la protection de l'environnement.

### **Sanctions et Mesures Correctives**

La loi prévoit des sanctions pour les infractions aux règlements environnementaux. Ces sanctions peuvent être financières, mais aussi inclure la suspension ou la fermeture des activités polluantes. En cas de pollution ou de dégradation, les responsables doivent entreprendre des actions correctives.

### **Coopération Internationale**

La loi reconnaît l'importance de la coopération internationale pour faire face aux défis environnementaux globaux, tels que le changement climatique. Elle prévoit des mécanismes pour la mise en œuvre des conventions internationales ratifiées par l'Algérie.

**Loi n°01-19 du 12 décembre 2001** relative à la gestion, au contrôle et à l'élimination des déchets. Cette loi vise à protéger l'environnement et la santé publique en encadrant strictement la production, la gestion, et l'élimination des déchets, en intégrant des principes de prévention, de recyclage, et de valorisation. (Journal Officiel Algérie, 2001)

La loi vise à :

- Prévenir et réduire la production de déchets.
- Organiser la gestion des déchets de manière à protéger l'environnement.
- Assurer un traitement et une élimination des déchets sans danger pour la santé humaine et l'environnement.
- Promouvoir le recyclage et la valorisation des déchets.

## **Chapitre V : Législation mondiale et nationale des déchets d'équipements électriques et électroniques**

### **Champ d'Application**

Cette loi s'applique à tous les types de déchets, y compris les déchets industriels, ménagers, agricoles, et les déchets dangereux. Elle concerne également toutes les étapes de la gestion des déchets, depuis leur production jusqu'à leur élimination.

### **Obligations des Producteurs de Déchets**

Les producteurs de déchets, qu'ils soient industriels, commerciaux, ou domestiques, ont l'obligation de :

- Réduire au minimum la production de déchets.
- S'assurer que les déchets produits sont gérés de manière à minimiser leur impact sur l'environnement.
- Prendre en charge les coûts liés à la gestion de leurs déchets.

### **Gestion des Déchets Dangereux**

Les déchets dangereux, en raison de leurs propriétés toxiques, inflammables, ou corrosives, sont soumis à des réglementations plus strictes. Les producteurs de ces déchets doivent les traiter et les éliminer selon des procédures spécifiques pour éviter tout risque pour la santé publique et l'environnement.

### **Rôle des Collectivités Locales**

Les collectivités locales sont responsables de la gestion des déchets ménagers et assimilés. Elles doivent organiser la collecte, le transport, le traitement, et l'élimination des déchets produits dans leur juridiction. Elles sont également tenues de sensibiliser les populations à la gestion responsable des déchets.

### **Contrôle et Suivi**

La loi établit des mécanismes de contrôle et de suivi pour s'assurer que les activités de gestion des déchets sont conformes aux réglementations en vigueur. Les autorités compétentes peuvent effectuer des inspections et imposer des sanctions en cas de non-respect des règles.

### **Responsabilité des Déchets Abandonnés**

La loi stipule que toute personne qui abandonne des déchets ou les élimine de manière non réglementaire est responsable des dommages causés et doit prendre en charge les coûts de leur élimination et de la restauration des lieux.

## **Chapitre V : Législation mondiale et nationale des déchets d'équipements électriques et électroniques**

### **Promotion du Recyclage et de la Valorisation**

La loi encourage le recyclage et la valorisation des déchets en vue de réduire la quantité de déchets à éliminer. Elle promeut l'utilisation de technologies propres et encourage les initiatives de récupération des matériaux.

### **Mesures Sanitaires et Environnementales**

Des mesures sont prévues pour garantir que la gestion des déchets ne porte pas atteinte à la santé publique ni à l'environnement. Cela inclut le contrôle des installations de traitement des déchets et la surveillance des sites de stockage.

**Décret exécutif n°03-477 du 09 décembre 2003** Le décret fixe les bases pour une gestion structurée, participative et évolutive des déchets spéciaux en Algérie. En définissant les modalités d'élaboration, de publication et de révision du PNGDS, il assure une approche cohérente et proactive pour minimiser les risques environnementaux et sanitaires liés à ces déchets dangereux. (Journal Officiel Algérie, 2003b)

### **Objectif du Décret :**

Ce décret vise à encadrer de manière précise l'élaboration, la mise en œuvre, et l'actualisation du Plan national de gestion des déchets spéciaux. Ce plan est un document stratégique qui oriente la politique nationale en matière de gestion des déchets spéciaux, qui sont des déchets présentant des risques particuliers pour l'environnement et la santé publique en raison de leur nature dangereuse (toxiques, corrosifs, inflammables, etc.).

### **Élaboration du Plan National de Gestion des Déchets Spéciaux (PNGDS)**

Le ministère chargé de l'Environnement est désigné comme l'autorité responsable de l'élaboration du PNGDS.

Le plan doit être élaboré en collaboration avec les différentes parties prenantes, notamment les ministères concernés, les collectivités locales, les établissements publics, et les acteurs du secteur privé. Cette approche participative permet de prendre en compte les réalités du terrain et les besoins spécifiques des différents acteurs impliqués dans la gestion des déchets spéciaux.

## **Chapitre V : Législation mondiale et nationale des déchets d'équipements électriques et électroniques**

Le PNGDS doit inclure une évaluation de la situation actuelle des déchets spéciaux dans le pays, identifier les sources principales de ces déchets, proposer des méthodes de traitement, de valorisation ou d'élimination appropriées, et établir des objectifs et des actions concrètes pour améliorer la gestion de ces déchets.

### **Publication du Plan :**

Une fois élaboré, le PNGDS doit être publié pour assurer sa diffusion auprès des parties concernées et du public. Cette publication vise à garantir la transparence des actions envisagées par l'État en matière de gestion des déchets spéciaux.

Le plan est généralement publié au Journal Officiel de la République Algérienne, et il peut également être mis à disposition via d'autres supports de communication pour une plus large diffusion.

### **Révision du Plan**

Le décret prévoit que le PNGDS doit être révisé périodiquement (chaque une année) afin de l'adapter aux évolutions technologiques, économiques, et environnementales. La révision permet de mettre à jour les données, d'ajuster les objectifs, et d'améliorer les méthodes de gestion en fonction des résultats obtenus et des nouvelles priorités.

La révision du plan suit une procédure similaire à son élaboration, impliquant une consultation des parties prenantes et une nouvelle publication des modifications apportées.

### **Impact du Décret**

Ce décret est un outil important pour structurer et améliorer la gestion des déchets spéciaux en Algérie, en définissant clairement les responsabilités et les étapes à suivre pour élaborer et réviser un plan national.

En impliquant diverses parties prenantes, le décret encourage une gestion concertée et plus efficace des déchets spéciaux, impliquant non seulement l'État, mais aussi les collectivités locales et les entreprises.

Grâce à la révision périodique du plan, le cadre réglementaire reste dynamique et adapté aux changements, garantissant ainsi que la gestion des déchets spéciaux en Algérie reste conforme aux meilleures pratiques internationales et aux besoins locaux.

## **Chapitre V : Législation mondiale et nationale des déchets d'équipements électriques et électroniques**

**Décrets exécutif n°04-409 et n°04-410 du 14 décembre 2004** de la réglementation algérienne traitent de la gestion des déchets spéciaux dangereux. Ils établissent des règles spécifiques concernant leur transport et les conditions d'aménagement et d'exploitation des installations de traitement. Ensemble, ces deux décrets constituent un cadre réglementaire complet pour assurer la sécurité, la protection de l'environnement et de la santé publique lors de la manipulation de ces déchets.(Journal Officiel Algérie, 2004)

**Décret exécutif n°04-409** établit les conditions spécifiques pour le transport des déchets spéciaux dangereux en Algérie, visant à réduire les risques d'accidents, de pollution, et d'exposition aux substances nocives.

Les entreprises doivent obtenir une autorisation pour transporter ces déchets, en respectant des normes strictes de sécurité.

Les véhicules utilisés doivent être équipés et étiquetés adéquatement.

Chaque transport doit être accompagné d'un document de suivi pour assurer une traçabilité complète.

Enfin, des mesures de sécurité rigoureuses, y compris la formation du personnel, sont requises pour gérer les risques associés.

**Décret exécutif n°04-410** établit les règles pour l'aménagement et l'exploitation des installations de traitement des déchets, en particulier des déchets spéciaux dangereux.

Les installations doivent être conçues pour minimiser les risques environnementaux et sanitaires, en prévenant les fuites et la contamination.

Les exploitants doivent suivre des procédures strictes pour la gestion, le traitement et le stockage des déchets, incluant des contrôles réguliers et l'entretien des équipements.

Les déchets doivent être classifiés selon leur dangerosité et vérifiés pour s'assurer qu'ils sont compatibles avec les capacités de traitement des installations.

Des contrôles réguliers par les autorités sont requis pour garantir le respect des normes, avec des systèmes de surveillance pour détecter tout risque de pollution.

**Décret exécutif n°05-314 et n°05-315 du 10.09.2005** sont deux textes clés de la réglementation algérienne qui régissent la gestion des déchets spéciaux dangereux. Ils se

## **Chapitre V : Législation mondiale et nationale des déchets d'équipements électriques et électroniques**

complètent en établissant les modalités pour l'agrément des entités responsables de ces déchets et les obligations de déclaration associées. (Journal Officiel Algérie, 2005)

**Décret exécutif n°05-314** fixe les modalités d'agrément pour les groupements de générateurs et détenteurs de déchets spéciaux. Pour obtenir cet agrément, les entreprises doivent prouver leur capacité à gérer ces déchets en respectant les normes en vigueur, ce qui inclut l'implémentation de systèmes de gestion sécurisés, la formation adéquate du personnel, et le respect des règles de stockage, de transport, et de traitement des déchets. Une fois agréés, ces groupements doivent rester conformes aux conditions imposées et sont soumis à des contrôles réguliers pour assurer le respect de ces normes, sous peine de sanctions.

**Décret exécutif n°05-315** impose aux détenteurs de déchets spéciaux dangereux une obligation de déclaration régulière de la nature, de la quantité, et des caractéristiques des déchets qu'ils génèrent ou détiennent. L'objectif principal est de garantir la traçabilité de ces déchets depuis leur production jusqu'à leur traitement final. Le décret met en place un suivi strict par les autorités compétentes pour s'assurer de la conformité des déclarations, permettant ainsi d'évaluer les risques et d'adopter des mesures de gestion appropriées pour prévenir toute gestion inappropriée de ces déchets.

Ensemble, ces deux décrets forment un cadre réglementaire visant à renforcer la gestion sécurisée des déchets spéciaux dangereux en Algérie. Le **décret n°05-314** s'assure que seuls les groupements capables de gérer ces déchets de manière responsable obtiennent un agrément, tandis que le **décret n°05-315** garantit que tous les déchets dangereux sont correctement déclarés, permettant ainsi une traçabilité et une surveillance efficaces. Ce dispositif vise à minimiser les risques environnementaux et sanitaires associés à la gestion des déchets spéciaux dangereux.

**Décret exécutif n°06-104 du 28.02.2006** fixant la nomenclature des déchets, y compris les déchets spéciaux dangereux. Le décret vise à structurer la gestion des déchets en Algérie, en mettant en place une classification claire qui améliore la traçabilité et le contrôle des déchets, surtout ceux qui présentent un danger pour la santé publique et l'environnement.(Journal Officiel Algérie, 2006a)

## **Chapitre V : Législation mondiale et nationale des déchets d'équipements électriques et électroniques**

### **Classification des Déchets**

Le décret présente une liste détaillée des types de déchets, organisée en différentes catégories en fonction de leur origine (industrielle, domestique, médicale, etc.) et de leur nature (solide, liquide, gazeux).

Les déchets spéciaux dangereux sont identifiés spécifiquement en raison de leurs propriétés potentiellement nocives pour la santé humaine et l'environnement.

### **Identification et Codification**

Chaque type de déchet est associé à un code unique qui permet de l'identifier rapidement et de standardiser la gestion des déchets à travers tout le territoire algérien.

### **Objectifs de Gestion**

Cette nomenclature est essentielle pour l'application des autres réglementations relatives à la gestion des déchets. Elle sert de référence pour les déclarations, les autorisations, et les procédures de traitement des déchets, en particulier les déchets dangereux.

### **Adaptation aux Normes Internationales**

La nomenclature est alignée avec les pratiques internationales pour faciliter la coopération et la conformité aux standards mondiaux en matière de gestion des déchets, notamment ceux qui sont transfrontaliers.

**Décret exécutif n°09-19 du 20.01.2009** portant la réglementation de l'activité de collecte des déchets spéciaux. Le décret est crucial pour la gestion sécurisée des déchets spéciaux en Algérie. Il établit un cadre réglementaire rigoureux pour les opérateurs de collecte, visant à prévenir les risques environnementaux et sanitaires associés à la mauvaise gestion de ces déchets. Ce cadre assure également que seules les entités qualifiées et responsables sont autorisées à exercer cette activité, tout en garantissant la traçabilité et la transparence des opérations de collecte. (Journal Officiel Algérie, 2009)

Le décret définit les conditions dans lesquelles l'activité de collecte des déchets spéciaux peut être exercée. Il exige que les collecteurs soient agréés et respectent des normes spécifiques concernant le transport, le stockage temporaire, et le transfert des déchets vers les installations de traitement ou d'élimination appropriées.

## **Chapitre V : Législation mondiale et nationale des déchets d'équipements électriques et électroniques**

Les opérateurs doivent se conformer à des procédures précises pour la manipulation des déchets spéciaux, incluant l'utilisation de conteneurs appropriés, l'étiquetage correct des déchets, et la tenue de registres détaillant les quantités collectées, les types de déchets, et leur provenance.

Ils doivent également assurer la sécurité des opérations de collecte, en évitant les fuites, les accidents, et les contaminations pendant le transport.

Le décret impose la mise en place de systèmes de suivi pour garantir la traçabilité des déchets depuis leur point de collecte jusqu'à leur destination finale. Cela inclut la communication régulière avec les autorités compétentes et la présentation de rapports sur les activités de collecte.

Pour obtenir l'agrément, les collecteurs doivent démontrer leur capacité à gérer les déchets spéciaux en conformité avec les exigences techniques et environnementales définies par le décret. Les critères d'agrément incluent des aspects tels que la qualification du personnel, les équipements utilisés, et les mesures de sécurité mises en place.

Le décret prévoit des sanctions pour les collecteurs qui ne respectent pas les réglementations établies, allant de l'amende à la suspension ou la révocation de l'agrément.

**Décret exécutif n°19-10 du 23.01.2019** est une mesure cruciale pour assurer que l'exportation des déchets spéciaux dangereux se fasse de manière sécurisée, transparente et responsable. Il vise à protéger l'environnement et la santé publique en imposant des normes strictes aux exportateurs et en s'assurant que les déchets exportés sont traités dans des conditions adéquates à l'étranger. Le décret réaffirme l'engagement de l'Algérie à respecter ses obligations internationales en matière de gestion des déchets dangereux et de protection de l'environnement.(Journal Officiel Algérie, 2019, p. 10)

Le décret impose des conditions spécifiques pour l'exportation des déchets spéciaux dangereux, interdisant toute exportation non conforme aux réglementations nationales et internationales.

## **Chapitre V : Législation mondiale et nationale des déchets d'équipements électriques et électroniques**

Il oblige les exportateurs à obtenir des autorisations préalables des autorités compétentes avant toute exportation, ce qui inclut la fourniture de documents justifiant que les déchets seront traités dans des installations conformes aux normes environnementales dans le pays importateur.

Les exportateurs doivent démontrer que les déchets ne peuvent pas être traités de manière sûre en Algérie et que l'exportation est une solution de dernier recours. Ils doivent également prouver que l'exportation ne nuira pas à l'environnement ou à la santé publique dans le pays de destination.

Le décret exige que les exportateurs respectent les conventions internationales telles que la Convention de Bâle sur le contrôle des mouvements transfrontières de déchets dangereux et leur élimination.

Les exportateurs doivent fournir des informations détaillées sur les déchets, y compris leur nature, quantité, origine, et caractéristiques. Ils doivent également indiquer la destination finale des déchets et les méthodes de traitement prévues.

Le décret stipule que les autorités compétentes peuvent inspecter les déchets avant exportation et vérifier la conformité des documents et des conditions d'exportation.

Un suivi rigoureux est prévu pour s'assurer que les déchets exportés sont effectivement traités de manière sûre et conforme dans le pays de destination.

Le décret rend les exportateurs responsables de tout dommage environnemental ou sanitaire causé par l'exportation de ces déchets, même après leur exportation.

Des sanctions sont prévues pour les violations du décret, incluant des amendes, la suspension ou le retrait de l'autorisation d'exportation, ainsi que des poursuites judiciaires en cas de négligence grave ou de non-respect des règles.

**Décret exécutif n°06-138 du 15.04.2006** réglementant l'émission dans l'atmosphère de gaz, fumées, vapeurs, particules liquides ou solides, ainsi que les conditions dans lesquelles s'exerce leur contrôle. Ce décret impose des obligations strictes aux émetteurs de substances polluantes et met en place des mécanismes de contrôle rigoureux pour s'assurer que les émissions restent dans les limites acceptables. En régulant les émissions atmosphériques, le décret contribue à la

## **Chapitre V : Législation mondiale et nationale des déchets d'équipements électriques et électroniques**

protection de l'environnement et de la santé publique, tout en encourageant l'adoption de technologies et de pratiques plus propres dans les industries et autres secteurs concernés.(Journal Officiel Algérie, 2006b)

Le décret établit des normes strictes pour les émissions de différentes substances dans l'atmosphère, y compris les gaz, fumées, vapeurs, et particules. Ces normes sont conçues pour limiter les concentrations de polluants dans l'air ambiant.

Les limites d'émission sont fixées en fonction du type de substance et de la nature de l'activité émettrice. Les installations industrielles doivent respecter ces normes pour minimiser leur impact environnemental.

Les entités responsables de l'émission de gaz, fumées, vapeurs ou particules doivent mettre en place des mesures de contrôle pour réduire les émissions à des niveaux conformes aux normes fixées par le décret.

Les exploitants sont tenus d'utiliser les meilleures techniques disponibles (BAT-Best Available Techniques) pour minimiser les émissions et d'assurer un suivi régulier de la qualité de l'air.

Le décret prévoit des mesures de contrôle et de surveillance des émissions atmosphériques par les autorités compétentes. Les émetteurs doivent soumettre des rapports réguliers sur leurs émissions et sont sujets à des inspections pour vérifier la conformité avec les normes établies. Les autorités peuvent prélever des échantillons et effectuer des analyses pour s'assurer que les émissions respectent les limites réglementaires.

Des sanctions sont prévues pour les infractions aux dispositions du décret, incluant des amendes, des suspensions d'activités, et d'autres mesures coercitives. Les sanctions visent à dissuader les violations et à garantir le respect des normes d'émission.

D'autres réglementations :

**Loi n°04-20 du 25.12.2004** constitue un cadre législatif essentiel pour la protection des populations et de l'environnement en Algérie. Elle met en avant une approche proactive de la gestion des risques majeurs, en combinant prévention, information, et coordination. Son objectif est de réduire les impacts des catastrophes, de renforcer la résilience des communautés, et de garantir un développement durable en dépit des aléas naturels et technologiques.

## **Chapitre V : Législation mondiale et nationale des déchets d'équipements électriques et électroniques**

**Loi n°01-21 du 22.12.2001** portant loi de finances pour 2002 (Modifiée par la loi de finances 2005) : taxe d'incitation au déstockage des déchets industriels spéciaux. La taxe d'incitation au déstockage des déchets industriels spéciaux introduite par cette loi est une mesure fiscale visant à encourager les entreprises industrielles à adopter des pratiques de gestion des déchets plus sûres et écologiques. Modifiée par la loi de finances de 2005, elle constitue un levier important pour réduire l'impact environnemental des déchets industriels en Algérie, tout en promouvant une gestion proactive et responsable des déchets.

**Décret exécutif n°07-205 du 30.06.2007** régit la gestion des déchets ménagers au niveau communal en Algérie. Il fixe les règles pour l'élaboration, la publication, et la révision d'un schéma communal de gestion des déchets. Chaque commune doit créer un plan adapté à ses besoins locaux, qui inclut des objectifs de réduction, de valorisation, et de recyclage des déchets. Le schéma doit être transparent, régulièrement publié, et révisé en fonction des changements locaux. Un suivi et une évaluation continus sont nécessaires pour garantir l'efficacité du plan.

# *Conclusion*

## Conclusion

Les deux concepts de protection de l'environnement et du développement durable sont devenus la préoccupation de toute entreprise industrielle, agroalimentaire ou autre, qu'elle soit nationale ou internationale.

La gestion des déchets d'équipements électriques et électroniques (D3E) représente aujourd'hui un défi global, avec des implications particulièrement marquées dans les pays en développement comme l'Algérie. Ce mémoire a exploré les multiples dimensions des D3E, depuis leur définition jusqu'aux processus complexes de leur recyclage, en passant par leur gestion à travers les phases de collecte et de tri. À travers une analyse approfondie, nous avons mis en lumière l'ampleur du problème des D3E à l'échelle mondiale, en Afrique et plus spécifiquement en Algérie, où l'absence d'infrastructures adéquates complique la gestion de ces déchets.

Les procédés de recyclage des D3E, qui visent à récupérer des matériaux précieux tout en minimisant les impacts environnementaux, sont essentiels dans la lutte contre la pollution électronique. Toutefois, ces procédés doivent être soutenus par une gestion efficace en amont, notamment par la mise en place de systèmes structurés de collecte et de tri. La création d'entreprises spécialisées dans ce domaine se présente ainsi non seulement comme une opportunité économique, mais aussi comme une réponse urgente aux défis écologiques posés par les D3E.

L'étude des impacts sanitaires et environnementaux des D3E révèle l'urgence d'adopter des pratiques durables et respectueuses de l'environnement. En parallèle, les cadres réglementaires, tant au niveau algérien qu'international, offrent un cadre législatif qui vise à encadrer la gestion des D3E, bien qu'une amélioration continue soit nécessaire pour répondre aux réalités du terrain.

Ce mémoire constitue une base d'analyse, destinée à être intégrée dans la phase ultérieure de ce projet : Création d'une entreprise spécialisée dans la collecte, le tri, et le recyclage des D3E en Algérie. En s'appuyant sur les conclusions tirées de ce travail, ce projet vise à contribuer activement à la gestion durable des D3E dans le pays, en réduisant les impacts négatifs sur l'environnement et la santé publique tout en stimulant l'économie circulaire. Cette initiative

## **Conclusion**

représente une étape cruciale dans la gestion responsable des D3E, en accord avec les tendances mondiales vers un développement durable.

# *Références bibliographiques*

## Références bibliographiques

- Agence Nationale des Déchets, 2018. Fiche signalétique : Déchets d'Equipements Electriques et Electroniques (D3E).
- Alabi, O. A, Bakare, A. A, 2015. Perceived public health effects of occupational and residential exposure to electronic wastes in Lagos, Nigeria.
- ASEF, 2017. Les métaux lourds – la synthèse de l'Association Santé Environnement France [WWW Document]. URL <https://www.asef-asso.fr/production/les-metaux-lourds-la-synthese-de-lasef/>
- ADDOU A, 2009. Traitement des déchets / valorisation, élimination », Ellipses édition Marketing S.A, p 12-15-16-17-22-32.
- Baldé, C.P., Kuehr, R., Yamamoto, T., McDonald, R., D'Angelo, E., Althaf, S., Bel, G., Deubzer, O., Fernandez-Cubillo, E., Forti, V., Gray, V., Herat, S., Honda, S., Iattoni, G., di Cortemiglia, V.L., Lobuntsova, Y., Nnorom, I., Pralat, N., Wagner, M., 2024. THE GLOBAL E WASTE MONITOR 2024.
- Benjamin CUNIASSE, Tara GLASS, 2020. métaux lourds, in: Gaz à Effet de Serre et Polluants Atmosphériques Bilan Des Émissions En France de 1990 à 2018. pp. 167–209.
- Bensakhria, A., 2018. TOXICITÉ AIGUË. pp. 21–28.
- Birloaga, I., De Michelis, I., Ferella, F., Buzatu, M., Vegliò, F., 2013. Study on the influence of various factors in the hydrometallurgical processing of waste printed circuit boards for copper and gold recovery. Waste Manag. 33, 935–941. <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2013.01.003>
- Code de L'environnement, 2021. Article R543-172 - Code de l'environnement - Légifrance [WWW Document]. URL [https://www.legifrance.gouv.fr/codes/article\\_lc/LEGIARTI000044096673](https://www.legifrance.gouv.fr/codes/article_lc/LEGIARTI000044096673) (accessed 8.28.24).
- DJOUDI Manel, 2022. Récupération des métaux lourds dans les déchets électroniques.
- Dr. BAZRI K.E.D, n.d. Récupération et recyclage des déchets.
- Ecologic, n.d. Définition des DEEE ou Déchets d'Equipements Electriques et Electroniques [WWW Document]. Ecol. Fr. URL <https://www.ecologic-france.com/citoyens/les-deee-des-dechets-issus-des-equipements-electriques-et-electroniques.html> (accessed 7.23.24a).
- Ecologic, n.d. Que contiennent les Déchets d'Equipements Electriques et Electroniques (DEEE) ? [WWW Document]. Ecol. Fr. URL <https://www.ecologic-france.com/citoyens/equipements-confies-a-ecologic/que-deviennent-les-eee/que-contiennent-les-deee.html> (accessed 8.28.24b).
- Education 21, n.d. Les matériaux d'un smartphone [WWW Document]. URL <https://www.education21.ch/fr/oui-allo/matieres-premieres-et-production> (accessed 8.2.24).
- EPA, 2021. Recyclage dans le secteur informel.
- Evlard, A., 2013. Impact des éléments-traces métalliques sur les plantes et les techniques de phytoremédiation. Press. Agron. Gembloux.
- Farid L, 2022. Déchets électroniques : quelle place pour l'Algérie en Afrique ? [WWW Document]. URL <https://www.algerie360.com/dechets-electroniques-quelle-place-pour-lalgerie-en-afrique/> (accessed 8.28.24).
- Forti, V., Baldé, C.P., Kuehr, R., Bel, G., 2020. The Global E-waste Monitor 2020.

## Références bibliographiques

- FranceEnvironnement, n.d. matériaux utilisés dans la fabrication des composants électroniques-FranceEnvironnement. [WWW Document]. FranceEnvironnement. URL <https://www.franceenvironnement.com/question/quels-sont-les-materiaux-utilises-dans-la-fabrication-des-composants-electroniques-des-ordinateurs-et-presentent-ils-un-danger-pour-utilisateur> (accessed 8.2.24).
- Frazzoli, C., Orisakwe, O.E., Dragone, R., Mantovani, A., 2010. Diagnostic health risk assessment of electronic waste on the general population in developing countries' scenarios. *Environ. Impact Assess. Rev.* 30, 388–399. <https://doi.org/10.1016/j.eiar.2009.12.004>
- Friege, H., Oberdörfer, M., Günther, M., 2015. Optimising waste from electric and electronic equipment collection systems: A comparison of approaches in European countries. *Waste Manag. Res. J. Sustain. Circ. Econ.* 33, 223–231. <https://doi.org/10.1177/0734242X14567500>
- Gökelma, M., Birich, A., Stopic, S., Friedrich, B., 2016. A Review on Alternative Gold Recovery Re-agents to Cyanide. *J. Mater. Sci. Chem. Eng.* 04, 8–17. <https://doi.org/10.4236/msce.2016.48002>
- Gouvernement du Canada, C. canadien d'hygiène et de sécurité au travail, 2024. CCHST: Qu'est-ce que DL<sub>50</sub> et CL<sub>50</sub>? [WWW Document]. URL <https://www.cchst.ca/oshanswers/chemicals/ld50.html> (accessed 8.20.24).
- Guide du recyclage des déchets : définition, sigles et enjeux [WWW Document], 2020. URL <https://climate.selectra.com/fr/recyclage> (accessed 8.5.24).
- Houlder, J., 2022. Qu'est-ce qu'un retardateur de flamme ? [WWW Document]. Polym. Compd. Ltd. URL <https://polymer-compounders.com/fr/quest-ce-quun-retardateur-de-flamme/> (accessed 8.28.24).
- Ines, B., Loubna, N., 2023. Mise en place d'un modèle de gestion des déchets d'équipement électrique et électronique (création d'entreprise).
- IOC, 2020. Médailles olympiques de Tokyo 2020 - Design, Histoire & Photos [WWW Document]. Olympics.com. URL <https://olympics.com/fr/olympic-games/tokyo-2020/medal-design> (accessed 8.17.24).
- ISO 14001, 2015. ISO 14001: 2015 PDF.
- ISO 14005, 2019. ISO 14005: 2019, Systèmes de management environnemental — Lignes directrices pour une approche souple de la mise en œuvre par phases [WWW Document]. URL <https://www.iso.org/obp/ui/fr/#iso:std:iso:14005:ed-2:v1:fr> (accessed 8.13.24).
- Journal Officiel Algérie, 2019. DE 19-10.
- Journal Officiel Algérie, 2009. DE 09-19.
- Journal Officiel Algérie, 2006a. DE 06-104.
- Journal Officiel Algérie, 2006b. DE 06-138.
- Journal Officiel Algérie, 2005. DE 05-314/315.
- Journal Officiel Algérie, 2004. DE 04-409/410.
- Journal Officiel Algérie, 2003a. DE 03-10.
- Journal Officiel Algérie, 2003b. DE 03-477.
- Journal Officiel Algérie, 2001. DE 01-19.
- KHALDI MOHAMED, ABDEL DJALIL, 2015. Etude de la rétention des métaux toxiques issus des effluents liquides.
- LAAMECHE Soufiane, MIMOUNI Djihad, 2016. Création d'une entreprise de Tri et de Recyclage de Plastique et d'Aluminium à Tlemcen.

## Références bibliographiques

- l'encyclopédie écologique, n.d. D3E - Encyclo-ecolo.com - [WWW Document]. URL <https://www.encyclo-ecolo.com/D3E> (accessed 7.23.24).  
Lukose, 2015
- Mbodji, M., 2022. Etude des impacts environnementaux et sanitaires des déchets d'équipements électriques et électroniques (DEEE) au Sénégal: cas de la ville de Dakar. 128p.  
Mmerekki et al., 2016
- Naeve, C.B., A.T. Amuzu, D. Calamari, N. Kaba, I.L. Mbome, H., Saad, O.O., O. Osibanjo, V. Radegonde et M.A.H., n.d. ETUDE DES METAUX LOURDS-la pollution dans l'environnement aquatique africain.
- NAWREZ BEN AMEUR, 2019. UNIVERSITÉ DU QUÉBEC À TROIS-RIVIÈRES 142.
- Radwan, M.A., Salama, A.K., 2006. Market basket survey for some heavy metals in Egyptian fruits and vegetables. *Food Chem. Toxicol.*
- ROGAUME T, 2006. Gestion des déchets, Réglementation, organisation, mise en œuvre, Ellipses édition Marketing S.A, p 12-128-140-143.
- Salhofer, S., 2017. E-Waste Collection and Treatment Options: A Comparison of Approaches in Europe, China and Vietnam, in: Maletz, R., Dornack, C., Ziyang, L. (Eds.), *Source Separation and Recycling, The Handbook of Environmental Chemistry*. Springer International Publishing, Cham, pp. 227–227. [https://doi.org/10.1007/698\\_2017\\_36](https://doi.org/10.1007/698_2017_36)
- Salhofer, S., Steuer, B., Ramusch, R., Beigl, P., 2016. WEEE management in Europe and China – A comparison. *Waste Manag.* 57, 27–35.  
<https://doi.org/10.1016/j.wasman.2015.11.014>
- Sepúlveda, A., Schluep, M., Renaud, F.G., Streicher, M., Kuehr, R., Hagelüken, C., Gerecke, A.C., 2010. A review of the environmental fate and effects of hazardous substances released from electrical and electronic equipments during recycling: Examples from China and India. *Environ. Impact Assess. Rev.*
- THOMAS, C., 2016. Recyclage des cartes électroniques : un aperçu de l'état de l'art: *Ann. Mines - Responsab. Environ.* N° 82, 57–61. <https://doi.org/10.3917/re1.082.0057>
- Vedura, n.d. Déchets d'équipements électriques et électroniques (DEEE ou D3E) [WWW Document]. URL <http://www.vedura.fr/environnement/dechets/dechets-equipements-electriques-electroniques-deee-d3e> (accessed 8.28.24).
- Youcef DENIDENI, Hakim MAGHNEM, 2017. Etude de l'adsorption des ions manganèse et chrome sur la biomasse « Pleurotus mutilus ».