



FACULTE DE TECHNOLOGIE

DEPARTEMENT DE GENIE ELECTRIQUE ET ELECTRONIQUE



Mémoire de fin d'études

Pour l'obtention du Diplôme de Master en Génie Industriel

Option : ingénierie de production

Thème

**Réflexion/étude de faisabilité de création d'une entreprise
de traitement des déchets informatiques**

Présenté par : M^{lle} BENMESSAOUD Djihen.

Soutenu le 04/07/2019 devant le jury composé de :

Président du jury: Mr. HADRI Abdelkader	MAA	Univ. Tlemcen
Examineur: Mr. BENSMAIN Yassir	Dr.	Univ-Tlemcen
Examinatrice: Mme HOUBAD Yamina	MAA	Univ-Tlemcen
Examinatrice: Mme MEROUFEL Bahia	MCB	Univ-Tlemcen
Co-Encadreur: Mr. ZENASNI Mohamed Amine	MCA	Univ-Tlemcen
Encadreur: Mr. BENAÏSSA Houcine	Pr.	Univ-Tlemcen

Année universitaire : 2018-2019

الحمد لله رب العالمين,
الذي علم الإنسان ما لم يعلم,
وصلّى الله وسلّم على سيدنا محمد النبي الأمين,
الذي هدى الله به الأمم,
وجعله خاتم الأنبياء والمرسلين,
وأخرج من اتبعه من المؤمنين من الظلم,
وجعلهم في دينهم وديارهم
على صراط مستقيم وهدى مبين,
اللهم علّمنا ما ينفعنا، وآنفنا بما علمتنا،
وزدنا علماً يا رب العالمين

Remerciements

Je voudrai tout d'abord remercier ALLAH le plus puissant de m'avoir donné la force pour réaliser ce travail.

Je remercie sincèrement mon encadreur Mr. Professeur BENAÏSSA Houcine, d'avoir assuré l'encadrement de mon projet, pour ses conseils et ses suggestions pendant toute la durée de ce travail. Je remercie également Mr. ZENASNI Mohamed Amine (MCA) pour ses précieux conseils durant la réalisation de ce mémoire.

J'adresse mes vifs remerciements à Messieurs les Membres du Jury qui m'ont fait l'honneur d'accepter la charge de juger ce mémoire.

Je tiens à exprimer mes remerciements à Mr. HADRI Abdelkader (MAA) d'avoir accepté de présider le jury de ce mémoire.

Mes vifs remerciements vont également aux membres de jury : Mme. MEROUFEL Bahia (MCB), Mlle. HOUBAD Yamina (MAA) et Mr. BENSMAIN Yassir (Dr.) pour l'honneur qu'ils m'ont fait en portant leur attention sur ce travail.

Mes remerciements s'adressent également à tous les enseignants de la Faculté de Technologie, Département du Génie Electrique et Electronique et en particulier les enseignants de la spécialité Génie Industrielle.

Je tiens surtout à exprimer mes sincères reconnaissances à mes parents qui m'ont soutenue durant toutes mes études.

DEDICACES

Je dédie ce mémoire :

A mes très chers parents :

***BENMESSAOUD Mohammed et
MERABET Rachida. Qui m'ont toujours
soutenu et encouragé Que DIEU les
protège.***

A ma chère sœur avec son fils :

BENMESSAOUD Amina et Islam.

*A mon marie **KIBIRI Walid** et ma belle-
mère **BOUGHRARA Khadîdja.***

Et toute la promotion 2014.

Table des matières

Liste des abréviations

Liste des figures

Liste des tableaux

Introduction générale.....1

CHAPITRE I : Déchets et pollution

I.1 Introduction.....2

I.2 Déchets.....2

I.2.1 Définition.....2

I.2.2 Différents déchets.....3

I.2.3 Impacts sur la santé humaine.....3

I.2.4 Impacts sur l'environnement.....4

I.3 Pollution4

I.4 Méthodes de traitement9

I.5 Conclusion.....12

CHAPITRE II: Déchets informatiques dans le monde

II.1 Introduction.....13

II.2 Différents déchets informatiques.....14

II.3 Impacts des déchets informatiques sur l'environnement.....16

II.4 Impact des déchets informatiques sur la santé.....19

II.5 Méthodes de traitement des déchets informatiques.....21

II.6 Conclusion.....25

CHAPITRE III: Déchets informatiques en Algérie: Etat de lieu

III.1 Introduction26

III.2 Etat de lieu et cadre législatif sur la gestion des déchets en Algérie.....27

III.3 Entreprises locales de traitement des déchets informatiques.....30

III.4 Conclusion.....	35
-----------------------	----

CHAPITRE IV: Création d'une entreprise pour le traitement des déchets informatiques

IV.1 Introduction.....	36
IV.2 Généralités sur l'entreprise.....	36
IV.2.1 Définition de l'entreprise.....	36
IV.2.2 Classification des entreprises.....	39
IV.2.3 Objectifs d'une entreprise.....	40
IV.3 Etapes de création de l'entreprise.....	40
IV.3.1 Etude de marché.....	41
IV.3.1.1 Etude de cas.....	41
IV.3.2 Etude technique.....	51
IV.3.2.1 Choix du local.....	51
IV.3.2.1.1 Présentation du problème de localisation selon MCDM....	51
IV.3.2.1.2 Méthode AHP.	52
IV.3.2.1.3 Présentation du problème de voyageurs de commerce (TSP).....	62
IV.3.2.2 Etapes de traitement.....	70
IV.3.3 Etude organisationnelle et institutionnelle.....	74
IV.3.3.1 Etude organisationnelle.....	74
IV.3.3.2 Etude institutionnelle.....	79
IV.3.4 Etude financière.....	82
IV.4 Conclusion.....	86
Conclusions et perspectives.....	87
Références bibliographiques.....	88
Glossaire.....	93

LISTE DES ABREVIATIONS

1. **TIC:** Technologies de l'information et de la communication.
2. **DEI:** Déchets électroniques et informatiques.
3. **EET:** Equipements électroniques et informatiques.
4. **D3EI:** Déchets des équipements électriques et électroniques, et informatiques.
5. **PEEFV:** Produits électriques et électroniques en fin de vie.
6. **UNU:** Université des Nations Unies.
7. **UIT:** Union internationale des télécommunications.
8. **PNUE:** Programme des Nations Unies pour l'environnement.
9. **MATE:** Ministère de l'aménagement du territoire et de l'environnement.
10. **SNE:** Stratégie nationale environnementale.
11. **PNAE-DD:** Plan national d'actions environnementales et du développement durable.
12. **EPA:** Agence Américaine pour la protection de l'environnement.
13. **ADEME:** Agence de l'environnement et de la maîtrise de l'énergie.

LISTE DES FIGURES

Chapitre I: Déchets et pollution

Figure I.1: Vue d'un exemple de déchet dans la nature	2
Figure I.2: Exemple de pollution d'air.....	5
Figure I.3: Fumée dégagée lors d'une l'incinération.....	6
Figure I.4: Vue d'une décharge	7
Figure I.5: Cycle de vie d'un déchet.....	9
Figure I.6: Schéma d'une incinération simple	10

Chapitre II: Déchets informatiques dans le monde

Figure II.1: Exemple de déchets informatiques entassés dans une cour	14
Figure II.2: Équipements des technologies de l'information et des télécommunications mis au marché en France : période 2006-2009 (en ton) inspirée de (ADEME, 2010)	15
Figure II.3: Vue d'une conséquence du réchauffement climatique.....	17
Figure II.4: Vue d'une conséquence de la pollution de la nature à cause des déchets informatiques.....	21
Figure II.5: Exemple d'un centre de collecte et de transport des DEI	22
Figure II.6: Opérations de paiement des fournisseurs de déchets.....	23
Figure II.7: Exemple de tri des déchets.....	24
Figure II.8: Exemple de collecte et transport des DEI.....	25

Chapitre III: Déchets informatiques en Algérie : Etat de lieu

Figure III.1: Déchets informatiques dans un certain endroit Cycle de vie d'un déchet	27
Figure III.2: Loi n° 01-19 du 27 Ramadhan 1422 concernant la gestion des déchets en Algérie	29
Figure III.3: Exemple de déchets informatiques.....	30
Figure III.4: Circuit des déchets informatiques	32

Figure III.5: Proposition d'un schéma d'organisation de la filière de gestion des déchets informatiques32

Figure III.6: Centre de recyclage des déchets informatiques33

Chapitre IV : Déchets informatiques en Algérie : Etat de lieu

Figure IV.1: Schéma de la forme d'une entreprise.....37

Figure IV.2: Exemple d'un sondage des gens de France.....39

Figure IV.3: Schéma d'organisation de système entreprise.....41

Figure IV.4: Questionnaire soumis aux personnes interrogées.....42

Figure IV.5: Etat des pièces traitées/changées lors de la réparation d'un PC.....44

Figure IV.6: Destinations du matériel informatique obsolète/ne nécessitant pas une réparation44

Figure IV.7 : Sondage auprès des réparateurs de PC concernant l'achat ou la vente des pièces de rechange déjà utilisés mais en bon état.....45

Figure IV.8: Exemple de niveaux hiérarchiques.....53

Figure IV.9 : Schéma de chemin de voyageur de commerce.....62

Figure IV.10: Points de collecte (réparateurs + fournisseurs).....63

Figure IV.11 : Espace de programmation dans le logiciel LINGO.....65

Figure IV.12 : Différents résultats obtenus lors de l'exécution du programme.....66

Figure IV.13 : Rapport des résultats obtenus lors de l'exécution du programme.....66

Figure IV.14 : Stockage de la matière première (≡ déchets informatiques).....70

Figure IV.15 : Processus de traitement des déchets informatiques.....72

Figure IV.16 : Démantèlement des ordinateurs par des opérateurs au poste de travail.73

Figure IV.17 : Stock de pièces détachées dans le magasin de stockage.....74

Figure IV.18 : Organigramme de l'entreprise.....75

LISTE DES TABLEAUX

Chapitre I : Déchets et pollution

Tableau I.1: Durées de dégradation des objets déchets.....	5
--	---

Chapitre II : Déchets informatiques dans le monde

Tableau II.1: Impacts environnementaux du cycle de vie d'un appareil informatique, résultats quantifiés et normalisés pour les catégories d'impacts retenues dans l'étude (CODDE, 2008).....	19
--	----

Chapitre III : Déchets informatiques en Algérie : Etat de lieu

Tableau III.1: Équipements informatiques et bureautiques.....	34
Tableau III.2: Câbles informatiques et électriques.....	35

Chapitre IV : Création d'une entreprise pour le traitement des déchets informatiques

Tableau IV.1 : Quantités des déchets informatiques de la faculté technologie de l'université Abou Bakr Belkaid de Tlemcen en 2018.....	47
Tableau IV.2 : Clients ciblés pour les plastiques.....	48
Tableau IV.3 : Clients ciblés pour l'acier.....	49
Tableau IV.4 : Clients ciblés pour l'aluminium	49
Tableau IV.5 : Clients ciblés pour le cuivre.....	50
Tableau IV.6 : Clients ciblés pour le caoutchouc.....	51
Tableau IV.7: Position des points de collecte et le type de chaque point.....	63
Tableau IV.8: Notation mathématique.....	67
Tableau IV.9: Rapport de résultats obtenus de l'exécution du programme	69
Tableau IV.10 : Ordre de passage des fournisseurs.....	70
Tableau IV.11: Fonction de chaque personne de l'entreprise.....	78
Tableau IV.12: Estimation des charges salariales des employés	83
Tableau IV.13: Estimation des coûts de matériels.....	84

Introduction

générale

Introduction générale

Aujourd'hui, les défis environnementaux et sociaux sont nombreux et graves. Une des grandes questions posées en Algérie concerne l'accumulation et la gestion de déchets, dont la toxicité et le déferlement sont extrêmement préoccupants. Les déchets informatiques sont devenus désormais un vrai problème pour la plupart des entreprises. Les matériels obsolètes sont mis de côté sans pour autant qu'un marché de l'occasion puisse permettre une réutilisation. De plus, les ordinateurs sont composés de processeurs, de disques durs, de cartes magnétiques et de nombreux autres composants qui peuvent être néfastes pour l'environnement et engendrer des nuisances et des pollutions.

Le traitement des déchets informatiques est devenu une activité assez récente qui s'inscrit dans un processus de protection de l'environnement. Dans le monde, il existe de plus en plus de sociétés innovantes qui développent des stratégies de recyclage pour récupérer, démanteler et revendre en donnant une deuxième vie à l'objet. En Algérie, nous sommes bien en retard en matière de traitement des déchets informatiques, car il n'y a pas des lois spécifiques relatives au traitement de ces déchets.

L'objectif de ce travail est d'étudier la faisabilité de création d'une entreprise dans le domaine du traitement des déchets informatiques, et pourquoi pas sa concrétisation pratique dans l'avenir. En prenant en compte des enjeux environnementaux et sociétaux, le rôle de cette entreprise sera de contribuer dans la sauvegarde de l'environnement de ces déchets et dans la création des postes de travail pour des gens les plus démunis et les diplômés.

Le travail présenté dans cet mémoire, est composé de quatre chapitres :

- ✓ Le premier chapitre présente des généralités sur les déchets: types, pollution, toxicité, impacts sur l'environnement et l'homme et méthodes de traitement/dépollution.
- ✓ Le deuxième chapitre est consacré particulièrement aux déchets informatiques dans le monde : différents déchets, impacts sur l'homme et l'environnement et les méthodes de traitement.
- ✓ Le troisième chapitre est dédié à l'étude les déchets informatiques dans notre pays Algérie. Pour arriver à ce but, on a suivi une méthodologie basée sur un questionnaire qui a été remis à différents réparateurs/vendeurs de matériel informatique afin de connaître réellement la situation
- ✓ Le quatrième chapitre concerne l'étude/réflexion de la création d'une entreprise de traitement des déchets informatiques dans la Wilaya de Tlemcen. Tous les aspects techniques, humaines, juridiques, économiques et environnementaux, ont été étudiés et pris en compte pour sa concrétisation sur le terrain.
- ✓ Enfin, nous clôturons cette étude par une conclusion générale

Chapitre 1 :

Déchets et

pollution

I.1. Introduction

De nos jours, l'utilisation intensive et abusive des ressources et le rejet des déchets dans l'environnement contribuent à détériorer notre milieu (voir Fig.I.1). Ce changement a un impact sur la société, la santé humaine, l'économie, les espèces vivantes, la production alimentaire, le tourisme et l'écologie. Chaque jour la pollution de notre environnement augmente, la santé humaine est de plus en plus mise en danger, mais nous nous n'en préoccupons pas. Comme l'on ne voit pas directement les conséquences de nos actes, on s'en préoccupe peu. C'est pourquoi, nous ne pourrions pas diminuer le rejet des déchets tant que l'on n'exploitera pas les ressources d'une façon intelligente et en prévenant le gaspillage inutile [1].



Figure I.1: Vue d'un exemple de déchet dans la nature [1].

I.2. Déchets

I.2.1. Définition

Selon Article 3 dans le journal officiel des lois sur les déchets en Algérie (art.3), un déchet est « tout résidu d'un processus de production, de transformation ou d'utilisation, toute substance, matériau, produit ou plus généralement tout bien, meuble abandonné ou que son détenteur destine à l'abandon ». Autrement dit, tout élément qui est abandonné est un déchet. Ce n'est pas pour autant que cet élément est inutilisable, en l'état ou après modification. Seuls

Chapitre I: Déchets et pollution

ceux qui sont qualifiés de déchets ultimes sont réellement inutilisables et doivent être stockés pour éviter des pollutions de l'environnement (Selon la loi du 15 juillet 1975 fait à Paris) [1].

Selon la loi Française du 13 juillet 1992, la définition de déchet est complétée par la notion de déchet ultime¹ : « un déchet résultant ou non d'un traitement d'un déchet, qui n'est plus susceptible d'être traité dans des conditions techniques et économiques du moment, notamment par extraction de la part valorisable ou par réduction de son caractère polluant ou dangereux », et précisée par la circulaire d'avril 1998 [2].

Selon la loi du 03/02/2017 sur les déchets en France, « Un déchet correspond à tout matériau, substance ou produit qui a été jeté ou abandonné car il n'a plus d'utilisation précise » [3].

I.2.2. Différents déchets

Il existe différents déchets tels que :

- **les déchets ménagers:** Un déchet ménager est tout déchet, dangereux ou non dangereux, dont le producteur est un ménage [84].
parmi lesquels les ordures ménagères à incinérer et les déchets recyclables triés que nous produisons dans la vie de tous les jours.
- **les déchets non dangereux des activités économiques :** Anciennement appelés déchets industriels qui ressemblent aux déchets ménagers, mais sont produits par des entreprises ou des industriels [85].
- **les déchets toxiques des activités économiques:** Comme les déchets chimiques ou encore déchets nucléaires. ceux-ci nécessitent des techniques de précautions particulières de protection de l'environnement et d'un contrôle administratif renforcé en matière de stockage ou de transport, qui représentent un danger pour la santé et pour l'environnement [85].
- **les déchets d'activités de soins à risques infectieux :** Etant les déchets pouvant provoquer des maladies chez l'homme ou d'autres organismes vivants qui nécessitent un traitement particulier. Ils regroupent les matériels piquants et perforants et les déchets anatomiques humains [86].
- **les déchets inertes :** Sont des déchets qui ne subissent aucune modification soit chimiques, biologique, physique. Ils peuvent être réutilisés en sous-couches pour les routes ou enfouis dans des centres de stockage des déchets.
- **les déchets des activités agricoles :** Ce type de déchet est issu essentiellement de l'industrie agro-alimentaire et du secteur agricole tels que les huiles usagées, les bidons vides d'engrais foliaires, qui sont traités dans des centres spécialisés [87].
- **les déchets radioactifs:** qui sont confiés à l'Agence nationale pour la gestion des déchets radioactifs² [4].

I.2.3. Impacts sur la santé humaine

Aujourd'hui, l'homme est devenu un consommateur, par conséquent un gros producteur de déchets. Ceux-ci peuvent être recyclés mais la plupart sont toxiques et extrêmement nocifs pour notre santé. Pour cela, les déchets peuvent provoquer des maladies telles que [5]:

1. Hépatites épidémiques et sériques,
2. Conjonctivites épidémiques,
3. Tétanos,
4. Proéminence de la tuberculose,
5. Effets multiples des substances radioactives,
6. Intoxications aux produits dangereux,
7. Maladies de contact de la peau et des muqueuses [6].

I.2.4. Impacts sur l'environnement

L'impact réel des déchets dans la nature est dépendant du type de matériau, de son épaisseur et des conditions climatiques, le temps de décomposition de certains déchets peut être extrêmement long. Par exemple, une bouteille de verre peut prendre 4000 ans à se décomposer [7].

Chaque seconde, 100 tonnes de déchets (sur les 4 milliards produites annuellement) finissent en mer [8]. Et à partir des années soixante-dix, nous avons commencé à être confrontés au problème de la pollution de la planète par les déchets générés par l'homme. Ce problème est devenu mondial, car avec les progrès et le développement de la technologie, la quantité des déchets augmente chaque année à une vitesse exponentielle. Les statistiques actuelles montrent que la quantité de déchets émis par les habitants de notre planète s'élève à 4 milliards de tonnes par année. Suite à cette surconsommation des ressources, on cherche les différents moyens les recycler. On a recours à des moyens comme les décharges, l'incinération ou le stockage pour faire face à cette situation. Mais nous ne réfléchissons pas aux conséquences et aux effets négatifs possibles à moyen ou long terme de ces techniques. Suite à nos actes égoïstes et irréfléchis, c'est l'environnement qui souffrira ainsi que les générations futures [1] : donc, ce sont bien nous qui causons la pollution de la planète, et les problèmes d'environnement qui sont liés à la production des déchets.

I.3. Pollution

L'environnement préoccupe de plus en plus les habitants de notre planète. Après plus d'un siècle de forte industrialisation et de consommation excessive, tout le monde ressent les conséquences des dépotoirs encombrés, des lieux contaminés ainsi que de l'air et de l'eau pollués. Les problèmes environnementaux ne surviennent pas exclusivement dans les autres pays. La surconsommation est l'une des raisons qui a fait un monde pollué à l'extrême [9].

Pour cela, les déchets solides, qu'ils soient de papier, de carton ou en plastique, souillent nos plages, souillent les rues de nos villes et les prairies de nos campagnes. Il y en a partout et sont la preuve d'un manquement grave de la part de nombreux individus au respect des éléments que sont la terre et l'eau, sources de la vie. La nature réagit aux blessures que l'homme lui cause. Elle s'adapte, elle évolue et tend toujours à retrouver un équilibre. Mais

Chapitre I: Déchets et pollution

suivant la gravité de ses blessures, le temps de "réparation" peut être très long Beaucoup trop long dans le cas des déchets solides pour absorber tous les écarts de comportement de l'homme. La défense de la nature contre les déchets solides s'appelle la BIODÉGRADATION. C'est la décomposition de certaines substances par des organismes vivants (bactéries, champignons microscopiques, algues). Avec le temps, la nature peut les décomposer en éléments dépourvus d'effets dommageables sur le milieu naturel [10].

Mais, tous les matériaux ne sont pas biodégradables. Par contre, ils sont tous soumis à l'ÉROSION (par frottements) qui se traduit par une usure avec le temps (désagrégation progressive). Certains, comme les métaux, subissent une OXYDATION qui a aussi un effet de dégradation progressive des surfaces. La dégradation des objets peut mettre beaucoup de temps. Voici quelques estimations des durées indiquées dans le Tableau I.1 ci-dessous:

Tableau I.1: Durées de dégradation des objets déchets [10].

Objets	Durée de dégradation
Mouchoir en papier	1 à 3 mois
Mégot de cigarette sans filtre	3 à 6 mois
Boîte de conserve	100 à 200 ans
Bouteille plastique	100 à 1000 ans
Bouteille en verre	environ 4 000 ans
Sac plastique	400 à 800 ans
Cannete métal	10 à 100 ans
Allumette	6 mois
Journal	3 mois à 1 an
Pelure de fruit	3 à 6 mois
Chewing-gum	5 ans

I.3.1. Pollution atmosphérique

L'élimination inconsidérée des déchets a pour conséquence la pollution atmosphérique, de l'eau et du sol. Ainsi, ces déchets rejetés polluent fortement l'air que nous respirons et ce de façons différentes (voir Fig.I.2). L'air que l'on respire tous les jours est contaminé à cause de nos actes inconsidérés prévalant depuis déjà des années. Cette pollution atmosphérique est responsable de la mort de 2.4 millions de personnes par an dans le monde entier. L'air pollué diminue l'espérance de vie des hommes, cause des troubles cardiaques, respiratoires ou reproductifs. De plus, il favorise les maladies respiratoires comme l'asthme [1].



Figure I.2: Exemple de pollution d'air [1].

Une des causes principales de la pollution atmosphérique, est causée par l'existence des décharges, car celles-ci contiennent une grande quantité de déchets différents dont les rejets organiques font partie. Le mélange entre les déchets organiques et l'eau provoquent une fermentation de méthane qui est un gaz à l'effet de serre³. Donc indirectement, la décharge est une cause de la pollution d'air.

Pourtant, il existe une autre manière de détruire les déchets d'une façon nettement plus respectueuse de l'environnement c'est l'incinération c'est-à-dire le fait de brûler des déchets dans un grand four, à l'aide de mazout ou de gaz de ville. Ce processus d'incinération utilise des filtres électrostatiques et des filtres manches qui aident à dégager la plupart des métaux lourds ou autres polluants. Cette méthode est pratiquée dans plusieurs pays mais ne s'étend pas partout car l'installation de telles installations coûte très chère. Et de plus, même avec le progrès de la technologie, cela reste encore une méthode polluante. La fumée rejetée pendant le brûlage des déchets contient encore des métaux lourds et du dioxyde qui ont une grave conséquence sur la santé humaine et l'environnement (voir Fig.I.3 pour illustration). Bien plus, dans certains pays, l'incinération est faite à l'air libre, donc la fumée dégagée devient très toxique. Par exemple en Afghanistan, l'armée américaine a osé brûler ses déchets à l'air libre, ce qui est catégoriquement interdit donc la pollution atmosphérique était inévitable.



Figure I.3: Fumée dégagée lors d'une l'incinération [1].

I.3.2. Pollution de l'eau

En jetant quelque chose dans la poubelle, en tirant la chasse de l'eau, nous avons tendance à oublier les conséquences de nos actes. Nous savons que l'eau est une substance renouvelable, donc qu'elle se nettoie toute seule des divers polluants, mais nous oublions toujours qu'il existe des limites. Lorsque l'eau reçoit une grande quantité de polluants, elle n'est plus capable de les détruire elle-même. De nos jours, nous utilisons de plus en plus des matières qui contaminent l'eau, dont les déchets font partie. Les rejets humains sont la première cause de la pollution de l'eau douce. En conséquence, 900.000 personnes en Amérique souffrent de maladies gastriques et de plus dans les pays pauvres, beaucoup de personnes meurent suite à une diarrhée due à de l'eau sale. Dans le même temps, chaque année plus de 6 millions de tonnes de déchets différents sont rejetés dans les océans. Cela fait une pollution visuelle et aussi une contamination des espèces vivantes dans l'eau. Donc, c'est très dangereux pour la santé humaine car nous mangeons les poissons qui ont ingurgité les polluants [1].



Figure I.4: Vue d'une décharge [1].

De nos jours, les déchets humains sont la première cause de la pollution de l'eau. Les rejets sont souvent acheminés dans les décharges et c'est là où la grande contamination des eaux commence (voir Fig.I.4 pour illustration). Comme nous savons, la plupart des décharges se trouvent à l'air libre, ce qui n'est pas très bien et en même temps très dangereux. Quand, il pleut les déchets biodégradables⁴ se mélangent avec de l'eau et cette réaction produit un carbone organique⁵ qui peut provoquer les pluies acides⁶. Par suite, ces pluies acides polluent les différentes sources de l'eau comme les rivières, fleuves, océans. De plus, suite aux pluies, l'eau passe à travers des déchets, descend dans le sol et pendant des jours elle continue jusqu'à ce qu'elle atteigne les nappes phréatiques. En conséquence, les nappes phréatiques⁷ sont contaminées avec des polluants divers comme les métaux lourds, les produits du nettoyage, les déchets toxiques.

Il existe une deuxième source de pollution de notre eau. Ce sont les déchets industriels rejetés dans les lacs, rivières et mers. Les déchets industriels peuvent provenir de diverses origines comme : restes de cafétérias, saleté, gravier, la maçonnerie, le béton, la ferraille, les ordures, le pétrole, les solvants, les produits chimiques, le bois et d'autres résidus industriels dangereux. Ces déchets sont la plupart du temps toxiques, donc s'ils sont mal traités, ils peuvent causer de nombreux problèmes de santé ou d'environnement. Des études ont montré que la pollution par des déchets industriels rend l'eau toxique. Mais pourquoi ces déchets industriels sont jetés à l'eau ? La réponse est d'ordre économique. La plupart des industries n'ont pas les moyens de se permettre un investissement dans les équipements de contrôle de la pollution de l'eau. En conséquence, ce n'est pas seulement les gens qui vont payer l'effet de ces actes, mais aussi les animaux comme les poissons et les oiseaux. Cette eau polluée est tout simplement devenue impropre à la consommation ou à l'utilisation pour l'agriculture ou même les industries, avec comme conséquence un grand péril pour la santé humaine et l'environnement [1].

I.3.3. Pollution de sol

« On boit l'eau, on respire l'air, mais on ne mange pas le sol »

Avec cette phrase, le pédologue autrichien Winfried Blum explique pourquoi nous nous préoccupons moins de la pollution du sol que celle de l'eau ou de l'air. A son avis, dès que nous ne pourrions pas manger ou inspirer, nous ferions moins attention à ce problème. Avec les années, l'érosion, la toxicité des sols et des nappes phréatiques augmentent de plus en plus donc nous sommes en train de détruire la base de notre survie. Les journaux ne cessent de parler de la pollution atmosphérique ou de celle de l'eau, mais pourquoi parle-t-on si peu de la pollution des sols ? Nous oublions que c'est la terre qui produit la nourriture, protège l'eau, les matières premières. Si des substances polluent la faune et la flore, que deviendra notre planète ? C'est de nos sols que l'on tire la nourriture, les matières servant à fabriquer les habits ou les autres ressources, alors si ces sols sont pollués, de quelle qualité seront ces ressources ? De plus, c'est dans la terre que les plantes posent, donc est-ce que ces plantes seront encore capables de transformer l'hydroxyde en oxygène ? Ce sont des questions que nous ne nous posons pas ou peu, parce que nous préférons ne pas nous préoccuper de ces problèmes ni de leurs conséquences. Mais malheureusement, cette pollution a des effets négatifs nombreux, comme la diminution des matières organiques ou le fait que le sol devienne imperméable [1].

La pollution du sol par les déchets se fait de plusieurs manières et la plupart d'entre elles ont déjà été citées précédemment. Restent les pluies acides, dues aux carbonnes organiques produits par les décharges et qui sont une autre source importante de pollution de nos sols avec le rejet de déchets provenant de l'industrie. L'existence de ces décharges a une grande influence sur l'état de nos sols, car tous les polluants sont absorbés par la terre. En conséquence, l'érosion de notre terre ne cessera pas avant que nous nous attaquions à tous ces problèmes de manière résolue et efficace.

I.4. Méthodes de traitement

A chaque type de déchet correspond un processus de gestion (voir Fig.I.5 comme exemple). Afin de bien diriger le déchet dans la bonne filière, un pré tri est nécessaire. Ce tri va permettre dans un premier temps de séparer les déchets recyclables des déchets non recyclables et dans un second temps de valoriser énergétiquement le déchet [11].

La valorisation de la matière, appelée communément recyclage, consiste à réintroduire de façon directe un déchet dans un cycle de production dont il est issu en remplacement total ou partiel d'une matière première vierge [12].

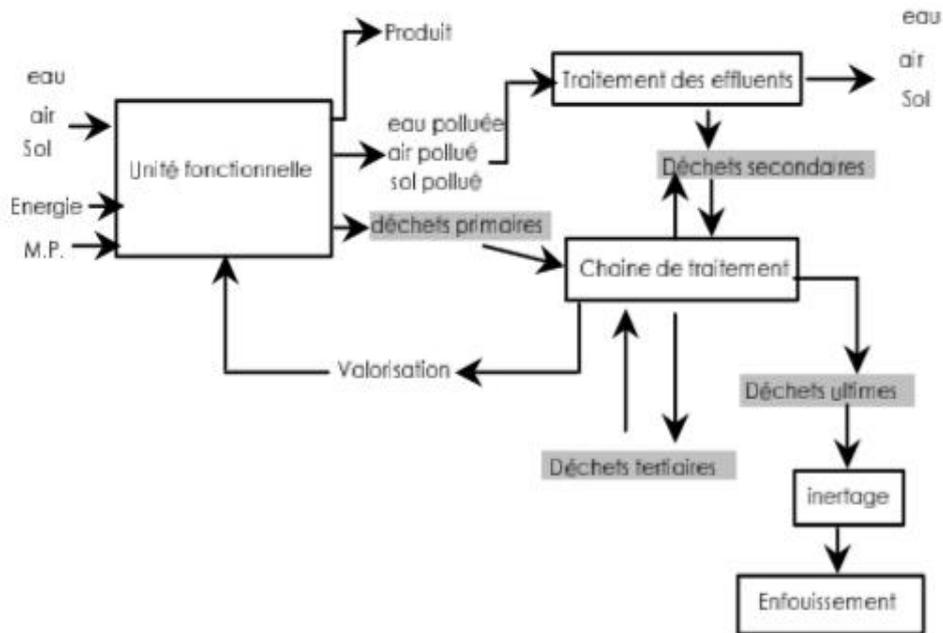


Figure I.5: Cycle de vie d'un déchet [13].

Les déchets ménagers recyclables sont donc récupérés, triés matériau par matériau puis renvoyés vers leurs filières de production d'origine ou destinés à des applications générant des produits spécifiques.

On peut également parler de valorisation de la matière pour les matériaux récupérés à l'issue de l'incinération des déchets: les mâchefers, les ferrailles et l'aluminium.

Tous les déchets sont concernés (solides, liquides ou gazeux, toxiques, dangereux, etc.), chacun possédant sa filière spécifique. Les modes de gestion diffèrent selon que l'on se trouve dans un pays développé ou en développement, dans une ville ou dans une zone rurale, que l'on ait affaire à un particulier, un industriel ou un commerçant [14].

Il y a plusieurs types de traitement:

I.4.1. L'incinération simple : On assiste à une incinération simple lorsque l'énergie produite lors de la combustion n'est pas récupérée (voir Fig.I.6 à titre illustration). Comme pour toute incinération, celle-ci conduit à une forte réduction des volumes des déchets et à une minéralisation de ceux-ci (mâchefers utilisés dans les travaux publics en sous couche routière notamment). Les principaux polluants présents dans les déchets entrants, se concentrent dans les fumées. Ces dernières sont donc dépolluées avant rejet dans l'atmosphère [12].

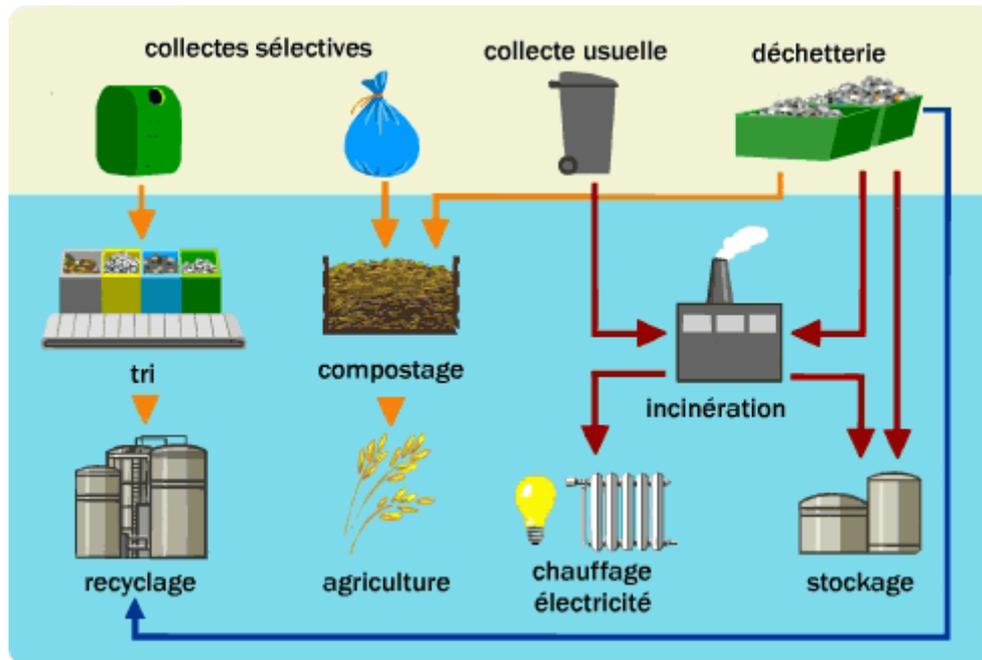


Figure I.6: Schéma d'une incinération simple [11].

I.4.2. Mise en décharge : La mise en décharge (aujourd'hui appelée "centre d'enfouissement technique") n'est ni un traitement ni une valorisation. C'est la destination finale des déchets qui sera strictement réservée aux déchets ultimes [12].

Une grande majorité des déchets informatiques finissent en décharges, incinérateurs, voire même dans des sites de comblement et d'enfouissement. Selon l'agence américaine pour la protection de l'environnement (EPA), plus de 4.6 millions de tonnes d'entre eux ont été stockés en décharge aux Etats-Unis en 2000. Il est reconnu que beaucoup de ces décharges émettent des effluents, et même les mieux construites et contrôlées présentent des fuites de produits chimiques et de métaux. La situation va en s'aggravant en fonction de l'ancienneté de la décharge. La vaporisation du mercure métallique et du diméthyle de mercure est aussi dangereuse et peut mener à des déclenchements de feux dans les décharges qui constituent un risque pour la santé et l'environnement [15].

I.4.3. Réduction des nuisances : Aujourd'hui, le syndicat reste à la pointe de la recherche technologique et met en œuvre les techniques les plus innovantes pour une prévention globale des pollutions et des nuisances [12]. D'après la composition des déchets informatiques on trouve qu'il y a des substances dangereuses pour l'environnement et la santé humaine. Les appareils informatiques sont composés d'un mélange de matériaux contenant des substances toxiques pouvant causer des pollutions lors du stockage en décharges. On y compte des métaux lourds comme le mercure, le plomb, le cadmium, le chrome, des inhibiteurs de flammes comme les diphenyls polybromés (PBB) et les éthers diphenyls polybromés (PBDEs). Finalement, ces secteurs industriels sont très exigeants en ressources et les conséquences environnementales de la production des biens informatiques dépassent de loin celles de la fabrication d'autres produits. Une étude des nations unies a révélé que la construction d'un ordinateur et de son écran nécessite au moins 240 kg de combustible fossile, 22 kg de produits chimiques et une tonne et demie d'eau, dépassant ainsi le poids d'un rhinocéros ou d'une automobile [15].

I.4.4. Elimination de la pollution de l'air : Les centres de valorisation énergétique sont équipés pour traiter les fumées dégagées par la combustion des ordures ménagères et être ainsi en conformité avec la réglementation nationale et européenne [12].

I.4.5. Traitement des eaux usagées : Les eaux résiduaires et les eaux provenant du lavage des fumées sont traitées dans des stations d'épuration intégrées [12].

I.4.6. Protection des sols : Les produits toxiques, envoyés dans des centres spéciaux, sont traités selon la réglementation européenne sur la limitation de l'émission de substances toxiques [12].

I.4.7. Traitement des fumées : Les rejets atmosphériques des centres de valorisation énergétique sont soumis à une réglementation française qui évolue et devient toujours plus exigeante. Les seuils de rejets qui s'appliquent actuellement correspondent à l'arrêté du 25 janvier 1991 [12].

I.4.8. Le panache : Depuis 1920, l'émission de gaz dans l'atmosphère est soumise à des dispositions légales qui ont été constamment renforcées. Les fumées d'unités de traitement des déchets ne font pas exception à cette règle [12].

Les normes actuelles sont telles que du point de vue du soufre, l'utilisation d'une voiture pendant un an représente l'équivalent de l'incinération de 10 tonnes d'ordures ménagères. Chaque habitant générant, en moyenne, plus d'un tiers de tonne d'ordures ménagères, il est donc possible d'affirmer qu'une voiture est trente fois plus polluante que les ordures incinérées... [12].

Dans un autre registre, on assimile, en général, la vision d'un panache de fumée à une pollution. Pourtant, le panache qui sort des cheminées des usines d'incinération est constitué de fines particules d'eau liquide en suspension dans l'air, et par conséquent tout à fait analogue aux nuages [12].

Il serait tout à fait possible de supprimer ce panache.

Techniquement, c'est coûteux, mais facilement envisageable. Pour notre confort visuel, il suffirait de refroidir les fumées aux alentours de 50°C, de recueillir l'eau de condensation, puis de réchauffer les fumées vers 180°C pour faciliter leur évacuation par la cheminée. Grâce à ce dispositif on ne verrait plus rien sortir des cheminées et il serait impossible de savoir si l'usine fonctionne ou non. L'inconvénient est d'entraîner une forte dépense d'énergie.

I.5. Conclusion

Nous avons présenté dans ce chapitre des généralités sur les déchets en général. Une étude sur la pollution engendrée par ces déchets et de leurs impacts sur l'environnement et la santé humaine est présentée. Enfin, on a parlé sur des méthodes de traitement de ces déchets d'une manière succincte.

Chapitre 2 :
Déchets
informatiques
dans le
monde

II.1. Introduction

Dans un monde caractérisé par une consommation de plus en plus importante de produits divers, et un cycle de vie du produit sur le marché de plus en plus court, la gestion des produits en fin de vie devient une problématique importante pour n'importe quelle organisation. Les déchets de matériel de technologie de l'information et de télécommunication attirent de plus en plus l'attention puisque le progrès technologique a pour effet que ces matériels deviennent désuets à un rythme croissant. On estime que la durée de vie moyenne d'un ordinateur **ne dépasse pas deux à trois ans** et que celle-ci semble vouée à décroître dans les prochaines années [20].

Le matériel informatique désuet représente un risque important pour l'environnement et la santé des vivants (voir Fig.II.1 à titre d'exemple). En effet, ce matériel contient souvent des matières toxiques ayant un impact nocif sur l'environnement nécessitant une gestion efficace. La disposition du matériel informatique en fin de vie devient une problématique sociétale et environnementale très pertinente. Malgré l'envergure internationale de cette problématique, le sujet de la revalorisation de ce type de matériel désuet n'a pas été correctement abordé par certaines entreprises. Toutefois, ce type de matériel nécessite des stratégies efficaces et fiables pour son traitement et sa récupération. Ces enjeux environnementaux ont justifié la mise en place d'une filière de gestion spécifique de ces déchets, fondée sur le principe de responsabilité élargie des producteurs de ces équipements [20].



Figure II.1: Exemple de déchets informatiques entassés dans une cour [20].

II.2. Différents déchets informatiques

Les secteurs de l'industrie électrique et électronique nous séduisent avec des gadgets rendant notre vie plus pratique. Ces activités, comprenant l'électroménager, les produits informatiques et les systèmes électroniques portables comme les téléphones mobiles, sont en forte croissance (voir Fig.II.2 à titre d'exemple). Malheureusement, les équipements numériques récents ont une durée de vie de quelques années seulement, voire de quelques mois, et leurs technologies s'avèrent rapidement obsolètes, de plus, les DEI (déchets électroniques et informatiques) n'entrent généralement pas dans le circuit de traitement des déchets classiques. Tout d'abord, ils sont produits à une cadence très élevée, en 1998, six millions de tonnes de DEI ont été produits mondialement, ce qui représentait 4% des déchets municipaux. La croissance de leur volume atteint 3 à 5% par an, un taux quasiment triple de celui des déchets classiques, ensuite, leur composition est dangereuse. Les appareils informatiques sont composés d'un mélange de matériaux contenant des substances toxiques pouvant causer des pollutions lors du stockage en décharges. On y compte des métaux lourds comme le mercure, le plomb, le cadmium, le chrome. Finalement, ces secteurs industriels sont très exigeants en ressources et les conséquences environnementales de la production des biens électriques et électroniques dépassent de loin celles de la fabrication d'autres produits. Une étude des Nations Unies a révélé que la construction d'un ordinateur et de son écran nécessite au moins

240 kg de combustible fossile, 22 kg de produits chimiques et une tonne et demie d'eau, dépassant ainsi le poids d'un rhinocéros ou d'une automobile [21].

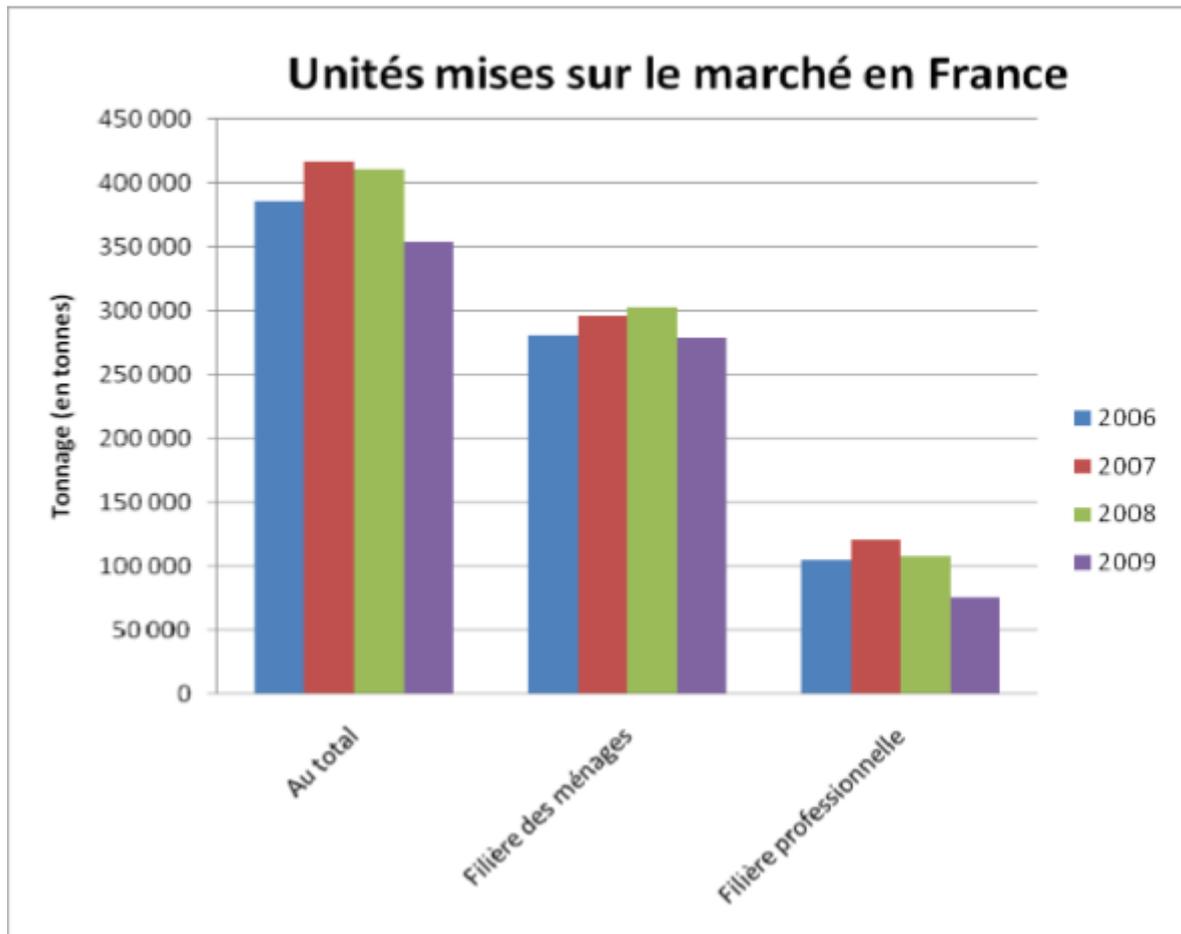


Figure II.2: Équipements des technologies de l'information et des télécommunications mis au marché en France : période 2006-2009 (en tonnes) inspirée de (ADEME, 2010) [22].

Les technologies de l'information et de la communication (TIC) constituent des facteurs importants de productivité et de compétitivité des économies contemporaines (voir Fig.8 comme illustration). Leur utilisation se manifeste par le recours croissant aux équipements électroniques et informatiques (EEI) [22]. On peut classer les équipements électroniques et informatiques EEI en trois catégories [23] :

1.1 EEI domestiques ;

1.2 EEI professionnels ;

1.3 EEI de loisir ;

Parmi les premiers, figurent par exemple les télévisions, les réfrigérateurs, les cuisinières, les fours micro-ondes, les téléphones portables et fixes, les rasoirs électriques, etc. [23]

Parmi les seconds, on trouve surtout les ordinateurs, les imprimantes, les photocopieuses, les climatiseurs, les téléphones (portables et fixes), les accessoires de télécommunication (routeur, modem, fax), les appareils photographiques, les perceuses, les tondeuses des coiffeurs, etc. [23]

On considère enfin que, parmi les troisièmes, se trouvent de nombreux matériels dont les magnétoscopes, les baladeurs, les radios, les lecteurs vidéo, les chaînes Hi-fi, les iPods, les MP3 et MP4, etc. [23].

Cette grande diversité des EEI renseigne sur la nature hétéroclite des déchets accumulés après l'arrêt de leur utilisation. Un EEI tombe dans le domaine des déchets d'équipement électronique et informatique (DEEI), dès qu'il est abandonné et/ou stocké parce qu'il ne répond plus aux besoins de son propriétaire. Ces déchets sont désignés aussi sous le terme de D3EI ou produits électriques et électroniques en fin de vie (PEEFV) et sont communément appelés en anglais Waste Electronic and Electrical Equipment (WEEE) ou simplement e-waste [23].

II.3. Impacts des déchets informatiques sur l'environnement

L'homme est aujourd'hui entré dans l'ère de l'informatique et des nouvelles technologies. Le développement d'Internet, des réseaux sociaux, des outils de communication ont complètement changé notre manière de penser [24], pour cela la nature des déchets des équipements des informatiques est des objets complexes qui peuvent contenir des milliers de matériaux différents. On se traite des principaux éléments qu'on peut retrouver dans un TIC et on présente les impacts liés à ceux-ci à la fin de vie de l'équipement [25].

Le démontage d'un équipement informatique (par exemple un ordinateur portable) permet d'isoler certains groupes de composants :

- **Les cartes électroniques** : Elles assurent « l'intelligence » de l'équipement. Elles sont constituées de plaques formées d'un assemblage de **cuivre**, de **résine époxy**⁸ (un plastique thermodurcissable⁹) et de **fibre de verre**, sur lesquels les composants électroniques sont soudés. Les composants électroniques sont constitués de **silicium** et de nombreux autres composants chimiques (**arsenic**, **gallium**, **germanium**, **antimoine**, etc.) [25]. La soudure quant à elle est un mélange d'**étain** et de **plomb**. Dans les appareils les plus modernes, de la soudure sans plomb est utilisée pour des considérations environnementales en lien avec les exigences européennes en la matière (Union européenne, 2003) [26].
- **La structure métallique** : Elle rigidifie l'équipement. Les métaux utilisés sont principalement **des métaux ferreux** et de **l'aluminium** [25].
- **La coque plastique** : Elle protège l'équipement. Les plastiques utilisés sont de diverses natures. On retrouve en particulier de **l'acrylonitrile butadiène styrène**¹⁰ (ABS) et du **polychlorure de vinyle** (PVC)¹¹. Des produits chimiques sont incorporés aux plastiques pour améliorer leur performance, en particulier des retardateurs de flammes (ignifuges bromés¹²) [25].
- **Le clavier** : Tout comme précédemment, il est composé de plastique auquel sont ajoutés différents additifs [26]. Les touches sont généralement des boutons en plastiques reliés chacune à un interrupteur électronique. D'un point de vue électronique, elles sont similaires aux boutons d'une souris, d'une télécommande ou

d'une manette de console de jeu, mais d'un point de vue pratique, elles ont des qualités propres à leur fonction : un symbole, une lettre, un chiffre, un mot ou une image sont habituellement imprimés ou gravés sur la touche, afin de permettre à l'utilisateur de saisir les caractères, pour écrire du texte ou pour exécuter une fonction particulière [27].

- **L'écran** : Deux technologies existent actuellement sur le marché : l'écran à tube cathodique et l'écran plat. La technologie à tube cathodique utilise principalement du verre auquel est incorporé du **plomb**. Les écrans plats ne contiennent plus de plomb, mais cette nouvelle technologie requiert l'emploi de **mercure** [26].
- **Les batteries rechargeables** : Plusieurs technologies se sont succédées au cours des dernières années : les batteries nickel-cadmium, nickel-hydrure métallique, lithium-ion et lithium polymère. Comme leur nom l'indique, elles contiennent plusieurs éléments chimiques précieux comme le **nickel**, le **cadmium** ou le **lithium** [26].
- **Le câblage** : Les câbles dans l'ordinateur permettent d'alimenter en énergie les différentes composantes et de transmettre les données entre elles. Ils sont composés de métal (généralement du **cuivre**) et recouverts d'une gaine plastique (du **PVC** additionné de **retardateurs de flammes**) [26].

II.3.1. Contribution au réchauffement climatique

Etant donné le nombre d'ordinateurs, de Smartphones, de tablettes, écrans, consoles de jeux vidéo, etc. Les TIC (Technologies de l'information et de la communication¹³) contribuent de manière conséquente à la consommation en énergie des ménages et des entreprises, et donc au réchauffement climatique (voir Fig.II.3 à titre d'exemple illustration) [24].



Figure II.3: Vue d'une conséquence du réchauffement climatique [28].

Chapitre II : Déchets informatiques dans le monde

Tout d'abord lors de leur fabrication, les TIC consomment d'énormes quantités de combustibles (plus de 10 fois la masse du produit fini) ainsi que des tonnes d'eau claire, notamment pour le traitement du **silicium** [24].

Ensuite, lors de leur utilisation, elles requièrent beaucoup d'énergie. Ceci est accentué par de nombreuses et lourdes mises à jour qui prennent du temps de calcul donc consomment. Une utilisation non responsable peut aussi augmenter significativement la consommation et donc la facture d'électricité (ordinateur laissé allumer en permanence, utilisation excessive des Smartphones, chargeur de téléphone laissé brancher sans le téléphone,...) [24].

II.3.2. Risques pour la santé

Cette pollution et le retraitement des déchets par les populations locales peuvent avoir de graves impacts sur la santé des personnes qui vivent à côté de ces décharges. En effet, les **métaux lourds** et autres éléments nocifs contenus dans les TIC (Brome,...) provoquent des **cancers, fausses couches, saturnisme**¹⁴, etc. Cependant, pour ces personnes, ce travail est un moyen de survivre au jour le jour. Ainsi, elles continuent à traiter ces déchets dans des conditions déplorables, pourtant, elles sont souvent bien conscientes des risques. En effet, leur entourage et les autres travailleurs de ces décharges sauvages ont une très faible durée de vie (30 ans le plus souvent), des maladies respiratoires et des peaux, etc. [24]. 80 % des enfants souffrent de maladies respiratoires. Le taux de plomb dans leur sang (15.3 µg/dL) dépasse la moyenne (9.29 µg/dL). En France le seuil de danger est fixé à 5 µg de plomb par dl de sang." [24].

II.3.3. Épuisement des ressources non renouvelables

Compte tenu du niveau de complexité des équipements informatiques, ceux-ci nécessitent de nombreux matériaux pour leur élaboration. En particulier, plusieurs **éléments chimiques rares** sont utilisés dans les composants et les cartes électroniques. L'augmentation de la consommation mondiale de produits électroniques et informatiques contribuent à la raréfaction de ces éléments. Pour certains éléments, les enjeux stratégiques pour le contrôle de la ressource sont déjà avérés, comme dans le cas des pressions sur le commerce des terres rares en Chine. L'étude menée par Meadows et al [29], dans le cadre des travaux du club de Rome, Limits to growth, montre également les limites de l'exploitation des ressources naturelles telle qu'elle est pratiquée actuellement et les conséquences négatives probables sur la croissance, incitant à mettre en place d'autres modes de développement en place (Meadows, Randers, & Meadows, 2004) [29].

De plus, la fabrication des équipements, de même que leur utilisation, nécessite une quantité importante d'énergie et d'eau à toutes les étapes du cycle de vie de ceux-ci : extraction et raffinage des matières premières, fabrication, transport, utilisation, fin de vie. Une analyse du cycle de vie d'un appareil informatique réalisée en France montre que les impacts environnementaux les plus importants sont attribués à la phase de fabrication (incluant l'extraction des matières premières) puis à la phase d'utilisation. Le cadre de l'étude ne considère pas les impacts liés à la phase de fin de vie de cet appareil. Le Tableau II.1 ci-dessous, présente les résultats globaux de l'étude [25].

Tableau II.1: Impacts environnementaux du cycle de vie d'un appareil informatique, résultats quantifiés et normalisés pour les catégories d'impacts retenues dans l'étude (CODDE, 2008) [30].

Indicateur d'impact	Unité	Total	Fabrication	Transport	Utilisation	Fin de vie
Épuisement des ressources naturelles	Année ⁻¹	2,11 E ⁻¹³	100 %	0 %	0 %	Étape non prise en compte dans le scénario
Consommation d'énergie primaire	MJ	253,86	79,4 %	1,6 %	19,0 %	
Effet de serre additionnel	g eq CO ₂	13 496	80,8 %	2,3 %	16,9%	
Destruction de la couche d'ozone	g eq CFC11	0,0022	81,8 %	9,1 %	9,1 %	
Acidification de l'air	g eq H ⁺	3,10	84,8 %	3,5 %	11,6 %	
Eutrophisation de l'eau	g eq PO ₄ ³⁻	0,76	98,7 %	0,7 %	0,9 %	
Production de déchets dangereux	kg	0,29	86,2 %	0 %	13,8 %	

II.4. Impact des déchets informatiques sur la santé

Les déchets informatiques, sont des sources dangereuses de pollution pour l'environnement (voir Fig.II.4) mais leurs conséquences réelles sur la santé humaine sont encore mal cernées [31]. C'est pour ça la gestion des déchets électroniques présente des risques particuliers puisque ceux-ci, dans des conditions de manipulations particulières, peuvent générer des émissions toxiques pour la santé humaine et pour l'environnement [25]. Lors de sa vie utile, un équipement informatique ne pose généralement pas de problème d'émission de substances toxiques. En tant que déchet électronique par contre, ces équipements sont potentiellement en mesure d'émettre de nombreux éléments toxiques si la gestion de la fin de vie de ces équipements n'est pas assurée adéquatement [25].

II.4.1. Plomb : Le traitement inadéquat des déchets informatiques peut amener à une contamination de l'air, de l'eau et du sol par le plomb et ses composés inorganiques. Lors de l'incinération des déchets, le plomb utilisé pour les soudures peut être volatilisé dans l'air. L'oxyde de plomb qui est contenu dans le tube cathodique est soluble et il peut contaminer le sol ou les eaux par l'intermédiaire des eaux de lixiviation si ces déchets sont enfouis. Le plomb est toxique pour l'humain de façon chronique : il possède des effets néfastes sur le système digestif, le système nerveux, le système sanguin et les reins [25].

II.4.2. Mercure : Dans les équipements, le mercure est présent principalement dans les batteries et dans les écrans plats. Le mercure possède des effets néfastes,

tant en exposition aiguë que chronique. Absorbé principalement par les voies respiratoires sous forme de vapeur ou par la peau, il a des effets sévères sur le système nerveux central et périphérique. Il se volatilise à température ambiante et dans l'eau. L'incinération et l'enfouissement non contrôlés des déchets électroniques contribuent donc à la contamination de l'environnement par le mercure [25].

II.4.3. Métaux précieux : Plusieurs métaux précieux sont utilisés dans les TIC comme éléments dans les composants électroniques, dans les piles ou encore dans les autres parties de l'équipement. Lorsque les équipements sont disposés, les métaux précieux peuvent être émis dans l'environnement avec des conséquences dangereuses pour certains [25]:

- ♣ **Cadmium** : Cet élément chimique est utilisé dans certains composants électroniques en plus d'être un composant majeur pour certaines gammes de batteries rechargeables. Il est absorbé principalement par les voies respiratoires et digestives. Une contamination aiguë au cadmium peut entraîner des problèmes respiratoires, digestifs et une insuffisance rénale. Ses effets chroniques touchent principalement les reins [25].
- ♣ **Antimoine** : Il est utilisé dans certains composants électroniques en plus d'être un agent retardateur de flammes et un composant de soudure. Ce produit peut être absorbé par les voies respiratoires, la peau et les voies digestives en particulier. Il induit des problèmes au niveau de la peau et des muqueuses [25].
- ♣ **Chrome hexa-valent (Chrome VI)** : Ce produit était utilisé couramment comme agent de placage pour le traitement des métaux ferreux, mais son utilisation tend à diminuer du fait de sa toxicité. L'incinération et l'enfouissement non contrôlés sont tous les deux des sources d'émissions de chrome VI dans l'environnement. Il présente des effets hautement toxiques pour l'humain lors d'une exposition chronique, dont des troubles respiratoires, des dommages hépatiques et rénaux, des risques accrus de cancer et des modifications du bagage génétique. Il est de plus un contaminant pour l'environnement [25].

II.4.4. Plastique PVC: Il est utilisé dans les équipements électroniques pour la fabrication du boîtier et du câblage. Ce matériau est recyclable, mais présente des inconvénients environnementaux importants. Du fait de la présence de chlore dans ce type de plastique, sa présence complexifie les opérations de la chaîne de mise en valeur de l'ensemble des plastiques, notamment pour les applications de valorisation énergétique. Plusieurs fabricants d'équipements cherchent à éliminer l'utilisation de PVC dans les nouvelles générations de produits [25].



Figure II.4: Vue d'une conséquence de la pollution de la nature à cause des déchets informatiques [32].

II.5. Méthodes de traitement des déchets informatiques

Le progrès technologique des équipements informatiques s'accélère et devient une production énorme de déchets de plus en plus importante. Les compositions complexes de déchets informatiques (éléments précieux, stratégiques et rares, métaux, plastiques, substances dangereuses, etc.) deviennent une source de danger et conduisent à des difficultés environnementales. Toutefois, ils nécessitent des stratégies efficaces et fiables pour leur traitement et leur processus de récupération. Ces enjeux environnementaux ont justifié la mise en place d'une filière de gestion spécifique de ces déchets, fondée sur le principe de responsabilité élargie des producteurs de ces équipements [20].

II.5.1. Collecte et transport des DEI

Le terme DEI (déchets électroniques et informatiques) englobe tous les objets alimentés par des courants électriques ou électromagnétiques (fournis par des piles, des prises secteur ou des batteries). Chaque année à titre exemple, la France met sur le marché environ 1,5 millions de tonnes de nouveaux appareils, et recycle plus de 340 000 tonnes de produits usagés [26]. La collecte des DEI permet d'une part de limiter le gaspillage des ressources naturelles nécessaires à leur conception (métaux ferreux et non ferreux, pétrole, sable, etc..) et d'autre part, d'éviter les disséminations de certains polluants. Ce qu'en les valorisant (plomb, mercure, les métaux ferreux et non-ferreux, les plastiques, le verre). Se préoccuper de ses déchets électroniques et informatiques, c'est donc une obligation réglementaire qui permet de réduire sensiblement son empreinte environnementale [33]. Après la collecte les déchets sont transportés par des camions spécialisés en directions des sites de traitement (voir Fig.II.5 pour illustration).



Figure II.5: Exemple d'un centre de collecte et de transport des DEI [34].

La collecte des déchets d'équipements informatiques doit s'accompagner du tri, du traitement sélectif et de la valorisation des déchets. Elle est mise en œuvre par l'entreprise, ou confiée à des éco-organismes agréés, sont concernés tous les équipements qui fonctionnent grâce à des courants électriques ou à des champs électromagnétiques, mais également les équipements de production, de transfert et de mesure de ces courants et champs. La filière de traitement des déchets d'équipements informatiques est contrôlée à l'aide d'un registre des producteurs, qui recense les quantités d'équipements informatiques mis sur le marché et les modalités de traitement des déchets mis en place par les producteurs. L'Ademe (agence de l'environnement et de la maîtrise de l'énergie), qui assure la gestion du registre des producteurs, propose sur son site internet spécifique Syderep une présentation détaillée du registre des déchets d'équipements informatiques, des guides pratiques et des contacts utiles [35].

II.5.2. Pesée et identification

Comme une deuxième étape, les déchets arrivant sur le site, sont déchargés pour ensuite être pesés et identifiés. Cette étape est cruciale car la pesée est nécessaire pour le paiement des fournisseurs de déchets (voir Fig.II.6) [36].



Figure II.6: Opérations de paiement des fournisseurs de déchets [36].

II.5.3. Tri des DEI

Troisième étape du recyclage des déchets électroniques et informatiques, avant le traitement des déchets proprement dit, le tri permet de diviser les tonnes de matières collectées en fractions de déchets recyclables, homogènes et identifiées [37].

II.5.4. Déchargement, séparation, démantèlement et dépollution

Une fois revenus de leurs différents points de collecte DEI (comme les déchetteries) (voir Fig.II.7), les camions de 19 tonnes (remplis de déchets DEI professionnels ou de bennes céréalières pour les déchets DEI petits appareils), entament le déchargement des déchets électroniques ou informatiques sur le sol de l'usine, où ils seront repris par une grue et transportés vers une zone dédiée, avant d'être rechargés sur la chaîne de dépollution. Enfin, la plupart d'entre eux, puisque les serveurs informatiques et les distributeurs automatiques, trop volumineux pour suivre le processus classique, seront traités en marge de la chaîne. Après le chargement, vient l'heure de séparer les produits de moindre taille en diverses catégories (des déchets informatiques, séparés en serveurs, écrans, imprimantes/photocopieurs etc.) [37].



Figure II.7: Exemple de tri des déchets [38].

Ce retrait des fractions indésirables ou la récupération des matériaux recyclables s'organise ainsi : des opérateurs se placent devant le tapis dont ils contrôlent la vitesse, désincarcèrent les produits, retirent les câbles, les cartouches, ou les batteries usagées apparentes. Le démantèlement des écrans, quant à lui, est tout à fait particulier. Les tubes cathodiques récupérés n'étant plus ouverts et en respectant la réglementation sur les déchets pour prévenir une éventuelle dispersion des luminophores présents à l'intérieur (ces fameux luminophores étant des petits grains de matières émettant de la lumière souvent colorée, sous l'impact d'un faisceau d'électrons), les opérateurs doivent récupérer le plastique, la ferraille et les cartes électroniques des écrans, mais aussi les éléments magnétiques et le verre contenus dans les tubes cathodiques en veillant à ne pas briser ces derniers. Ils sont ensuite placés dans des caisses spéciales, et récupérés par une société spécialisée, qui se chargera d'incorporer le verre, après lavage, dans des alvéoles en béton. Les autres éléments polluants, quant à eux, sont également jetés dans des containers dédiés, et les déchets DEI professionnels, et dépollués continuent leur route vers une machine appelée le smasher¹⁵.

Sont donc jetés dans ce fameux smasher à la pelle ou au grappin, et à l'aide d'un tapis de reprise chargé d'alimenter le tambour, les imprimantes, les modems, les petits déchets informatiques, les petits photocopieurs, certains terminaux, les piles, les accumulateurs. La machine de désassemblage automatisé fait ensuite son office, et le tri des déchets se poursuit normalement à l'issue de la séance. Eclatés et fragmentés, les produits sont automatiquement acheminés vers un crible vibrant, qui va permettre de séparer la fine (fractions ultrafines et autres poussières) et le reste des déchets. Vient ensuite le moment de faire passer l'ensemble du flux dans un convoyeur magnétique (également appelé Overband) dont la partie inférieure, aimantée, capte les éléments ferreux contenus au sein des produits. Sous l'effet de la force centrifuge, et grâce aux crans conçus pour cela, ces fragments sont éjectés hors de la chaîne, dans une caisse destinée à les accueillir. Les DEI restants, propres et prêts à être auscultés une dernière fois, sont ensuite dirigés vers des tables de tri manuel.

II.5.5. Tri final

Là, prête à se lancer dans l'étape finale de cette partie de la gestion des déchets (voir Fig.II.8), une dizaine d'opérateurs est assignée à la récupération des fragments de déchets électriques et électroniques susceptible d'être valorisés au sein des usines. Outre le recyclage de l'aluminium, cette étape de la gestion des déchets va permettre de sélectionner l'inox, la ferraille, les cartes électroniques ou encore l'induit (organe électromagnétique chargé de recevoir l'induction d'un inducteur pour la convertir en électricité) que le groupe acheminera ensuite vers un site de valorisation des DEI. Le recyclage des piles usagées est aussi entamé au cours de cette partie du processus, ces dernières n'étant pas broyées par le Smasher, mais récupérées pour être également dirigées vers un centre de traitement des déchets, mais externe à l'entreprise. Une autre société spécialisée se verra d'ailleurs chargée d'assurer la dépollution par flottation des fractions de plastique restant sur la chaîne (le restant ayant été isolé et classé dans des alvéoles en béton). Il s'agira notamment de séparer le plastique des petits fils de cuivres. Et autres particules polluantes encore contenues dans ces anciens DEI. C'est donc ainsi que s'achève le tri des déchets, qui connaîtront bientôt un nouveau traitement, une seconde vie, et peut-être un nouveau cycle du recyclage des déchets informatiques [37].

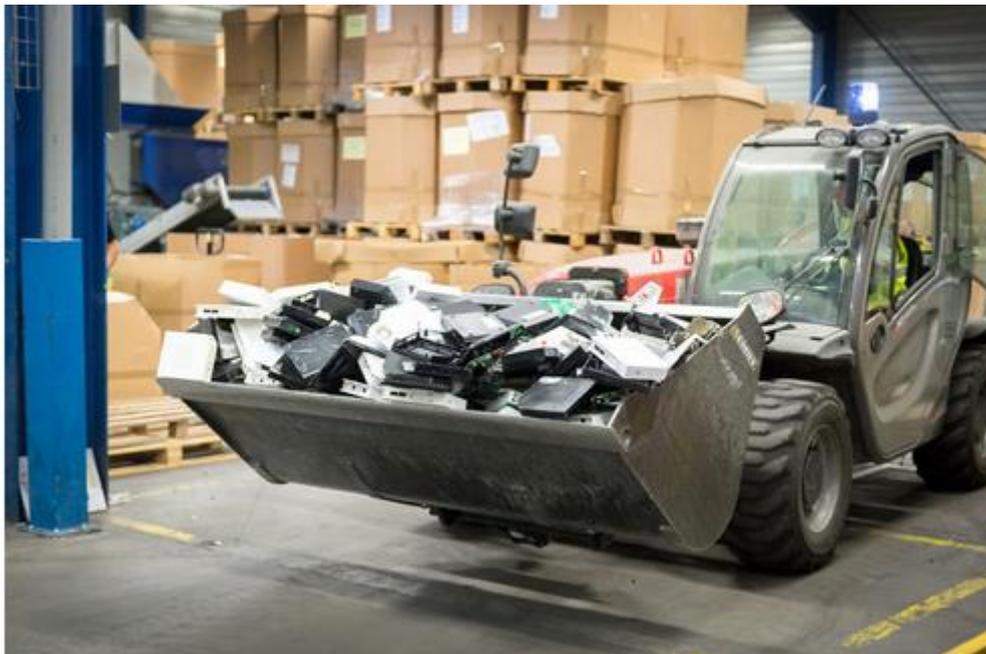


Figure II.8: Exemple de collecte et transport des DEI [39].

II.6. Conclusion

Dans ce chapitre on a présenté un état de lieu sur les déchets informatiques dans le monde, malgré la rareté des informations dans ce domaine. L'impact de ces déchets sur l'environnement de manière général est sur la santé humaine ainsi que les méthodes de traitement ont été présentés. Il s'est avéré que de nombreux pays ont commencé à prendre au sérieux ce problème et ceci avec la mise en œuvre de procédés efficace de traitement répondant aux exigences économiques, sociales et environnementales.

Chapitre 3 :
Déchets
informatiques
en Algérie :
Etat de lieu

III.1. Introduction

La planète a produit 44,7 millions de tonnes de déchets informatiques en 2016, soit 8 % de plus qu'en 2014, ce qu'a révélé l'Organisation des Nations Unies (ONU) dans son dernier rapport consacré à ce type de pollution. Ce taux à la hausse devrait s'accélérer pour atteindre 17 % d'ici 2021, l'augmentation la plus rapide de l'ensemble des ordures ménagères du monde [41].

Les équipements informatiques, l'accumulation de ces déchets, le plus souvent nocifs pour l'environnement et la santé, représentent l'équivalent de 4.500 tours Eiffel, souligne le rapport publié par l'Université des Nations Unies (UNU), l'Union Internationale des Télécommunications (UIT) et l'Association Internationale des Déchets [41].

Seuls 20 % de ces déchets générés l'an dernier, ont été collectés et recyclés. Les 80 % restants ont été incinérés, entreposés dans des décharges en plein air ou enfouis dans le sol, et ce, malgré la présence de composants de valeur dans ces déchets comme l'or, l'argent, le cuivre et le platine qui pourraient être récupérés [41].

La valeur totale de ces matériaux était estimée à 55 milliards de dollars l'an dernier, une valeur « supérieure aux économies nationales de la plupart des pays dans le monde », notent les auteurs du rapport [41].

L'ONU appelle à un meilleur traitement des déchets informatiques tout en constatant une amélioration dans la mise en place de politiques de recyclage : 66 % de la population mondiale, dans 67 pays, bénéficie de ces politiques, contre 44 % en 2014, date de la précédente étude. Cette amélioration est due essentiellement à l'adoption d'une nouvelle réglementation par l'Inde l'an dernier [41].

Le monde entier continue de déverser en Afrique, en toute illégalité, de grandes quantités d'équipements d'ordinateurs et appareils informatiques désaffectés (voir Fig.III.1 pour illustration). Ces appareils, dont les composants peuvent se révéler très toxiques, finissent souvent dans des décharges clandestines des grands centres urbains [42].



Figure III.1 : Déchets informatiques dans un certain endroit [43].

Le nombre de ces déchets informatiques va connaître une croissance exponentielle en Afrique: telle est la constatation des experts réunis en Colloque à Nairobi au siège du Programme des Nations Unies pour l'Environnement (PNUE). En 2017, la quantité de ces déchets devrait même dépasser celle générée par l'Europe et ce, en raison de la consommation de plus en plus importante d'ordinateurs, de téléphones portable, etc. Si le continent africain est déjà confronté à la gestion des déchets venus de l'Europe, il va se trouver obligé d'appréhender la croissance de ses propres déchets électroniques et le meilleur recyclage des métaux précieux extraits du matériel jeté [44].

III.2. Etat de lieu et cadre législatif sur la gestion des déchets informatiques en Algérie

III.2.1. Etat de lieu

Dans notre pays, 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 s'est concrétisée par la promulgation de la loi 01-19 du 12 décembre 2001 relative à la gestion, au contrôle et à l'élimination des déchets, traitant des aspects inhérents à la prise en charge des déchets, et dont les principes sont :

- La prévention et la réduction de la production et de la nocivité des déchets à la source,
- L'organisation du tri, de la collecte, du transport et du traitement des déchets,
- La valorisation des déchets par leur réemploi et leur recyclage,
- Le traitement écologiquement rationnel des déchets,
- L'information et la sensibilisation des citoyens sur les risques présentés par les déchets et leurs impacts sur la santé et l'environnement [45].

Chapitre III: Déchets informatiques en Algérie : Etat de lieu

En Algérie, 13 millions de tonnes de déchets sont générés par an et il faut agir sur le mode de consommation durable. 30 % de ces déchets sont des matières organiques assimilées, 30 % de déchets solides et 50 % de déchets inertes et une valorisation qui est au-dessous de 7 % [46]. Elle a produit annuellement près de 34 millions de tonnes de déchets, d'une valeur avoisinant les 40 milliards de DA, néanmoins le taux de recyclage demeure infime [46].

Selon les résultats d'une étude réalisée par le ministère de tutelle, "un volume de 34 millions de tonnes de déchets/an est produit en Algérie", a indiqué Mme Zerouati la Ministre de l'Environnement et des Energies Renouvelables lors dans son allocution d'ouverture des premières assises régionales centre-ouest sur l'économie circulaire, le 26 décembre 2018 à Blida [50]. Ce volume de déchets est appelé à atteindre, d'après l'étude, les 70 millions de tonnes à l'horizon 2035. Cette situation nécessite, a-t-elle soutenu, l'impératif d'une orientation vers l'économie circulaire, qui nous permettra, dans une première étape, la création de 100.000 postes d'emploi, dont 40.000 directs [47].

La quantité des déchets, estimée en 2016 en Algérie à environ de 34 millions de tonnes, s'élèvera en 2035 à 73 millions de tonnes, une augmentation due à la croissance de la population qui atteindra 50 millions d'habitants en 2035, ainsi que le développement du potentiel économique qui engendrera l'augmentation des déchets de 0,8 à plus de 1,23 kg par habitant [48].

Les coûts annuels de gestion des déchets, subventionnés totalement par l'état en 2016 (année de la réalisation de la même Etude) ont été estimés à 73 milliards de DA, et devront être en 2035 de l'ordre de 178 milliards DA, d'où la nécessité de changements structurels dans la gestion des déchets pour assurer l'engagement du pays par rapport aux objectifs de développement durable, à se conformer au nouveau modèle économique pour l'instauration des équilibres financiers et s'orienter vers une économie verte [48].

Il faut savoir qu'on est passé de 5 millions de tonnes de déchets en 2000 à 10 millions en 2010 et 15 millions de tonnes en 2015. On risque d'atteindre 20 millions de tonnes de déchets en 2020.

La valorisation des déchets qui marie l'écologie à l'économie est une réponse à cette problématique. Des études ont montré que les déchets sont de véritables trésors : le gain peut atteindre 800 millions d'euros si toutes les décharges étaient exploitées rationnellement [49].

Les déchets informatiques connaissent une forte croissance en Algérie en corrélation étroite avec l'explosion de la production et de la consommation sur des cycles d'utilisation très courts, des technologies de l'information et de la communication (TIC). Cette présence massive de produits informatiques neufs, de seconde main et de déchets informatiques en Algérie est soutenue par la forte croissance de l'utilisation de l'informatique. Ainsi, on estime à environ 8000 tonnes d'appareils informatiques et 5000 tonnes d'appareils liés à la téléphonie importée en 2010 (UN Comtrade) [44]. Sachant que la durée de vie de ce type d'équipement varie entre 2 et 5 ans, selon le Ministère de l'Aménagement du Territoire et de l'Environnement (MATE), la quantité de déchets d'équipement informatiques est estimée à environ 18000 T/an [45].

III.2.2. Cadre législatif

L'Algérie ne dispose pas d'une législation spécifique aux déchets informatiques. Cependant, ces derniers sont soumis aux lois relatives aux déchets dangereux (déchets spéciaux) en vigueur. Concernant le transport transfrontalier de ces déchets, il obéit à la convention de Bâle. Les lois et les textes se résument comme suit [45] :

- Loi n°01-19 du 12/12/2001 relative à la gestion, au contrôle et à l'élimination des déchets, définit les principes de base qui conduisent à une gestion intégrée des déchets, de leur génération à leur élimination (voir Fig.III.2).
- Loi n°03-10 de la 19/07/2003 relative à la protection de l'environnement et au développement durable, consacre les principes généraux d'une gestion écologique rationnelle.
- Loi n°04-20 du 25 décembre 2004 relative à la prévention des risques majeurs et la gestion des catastrophes dans le cadre du développement durable, définit clairement les responsabilités de chacun des acteurs impliqués dans le domaine de la prévention au niveau des zones et des pôles industriels [45].

30 Ramadhan 1422 15 décembre 2001	JOURNAL OFFICIEL DE LA REPUBLIQUE ALGERIENNE N° 77	9
<p>Générateur de déchets : toute personne physique ou morale dont l'activité génère des déchets.</p> <p>Détenteur des déchets : toute personne physique ou morale qui détient des déchets.</p> <p>Gestion des déchets : toute opération relative à la collecte, au tri, au transport, au stockage, à la valorisation et à l'élimination des déchets, y compris le contrôle de ces opérations.</p> <p>Collecte des déchets : le ramassage et/ou le regroupement des déchets en vue de leur transfert vers un lieu de traitement.</p> <p>Tri des déchets : toutes les opérations de séparation des déchets selon leur nature en vue de leur traitement.</p> <p>Traitement écologiquement rationnel des déchets : toute mesure pratique permettant d'assurer que les déchets sont valorisés, stockés et éliminés d'une manière garantissant la protection de la santé publique et/ou de l'environnement contre les effets nuisibles que peuvent avoir ces déchets.</p> <p>Valorisation des déchets : toutes les opérations de réutilisation, de recyclage ou de compostage des déchets.</p> <p>Elimination des déchets : toutes les opérations de</p>	<p>— les déchets ménagers et assimilés.</p> <p>— les déchets inertes.</p> <p>La nomenclature des déchets, y compris les déchets spéciaux dangereux, est fixée par voie réglementaire.</p> <p style="text-align: center;">CHAPITRE II OBLIGATIONS GENERALES</p> <p>Art. 6. — Tout générateur et/ou détenteur de déchets doit prendre les mesures nécessaires pour éviter autant que faire se peut la production de déchets, notamment par :</p> <ul style="list-style-type: none">— l'adoption et l'utilisation des techniques de production plus propres, moins génératrices de déchets,— l'abstention de mettre sur le marché des produits générant des déchets non biodégradables,— l'abstention d'utilisation de matières susceptibles de créer des risques pour les personnes, notamment pour la fabrication des emballages. <p>Art. 7. — Tout générateur et/ou détenteur de déchets est tenu d'assurer ou de faire assurer la valorisation des déchets engendrés par les matières qu'il importe ou écoule et les produits qu'il fabrique.</p>	

Figure III.2 : Loi n° 01-19 du 27 Ramadhan 1422 concernant la gestion des déchets en Algérie [50].

III.3. Entreprises locales de traitement des déchets informatiques

Conscient des enjeux que l'environnement représente pour un développement durable, l'état Algérien adopte depuis une dizaine d'années, des stratégies pour la préservation de l'environnement dans différents secteurs. Ces dernières reposent sur plusieurs axes, entre autres : la préservation de l'eau, des sols et des forêts, la protection des écosystèmes sensibles (littoral, steppe, Sahara), la dépollution industrielle, la gestion des déchets, la protection des espaces naturels et des espèces animales, etc. [45]

Les déchets informatiques (voir Fig.III.3 à titre d'exemple) constituent le seul flux de déchets qui s'en va en croissant en Algérie : seulement à Alger, il se vend plus de 600 000 ordinateurs par an. À tout cela s'ajoute tous les cellulaires, imprimantes, téléviseurs, scanners et autres objets électroniques et informatiques, totalisant plus de 50 000 tonnes de déchets informatiques annuellement. Ce nombre ne fera qu'augmenter, car la durée de vie des appareils informatiques diminue chaque année. En moyenne, les particuliers et les compagnies changeront leurs équipements après 3 ans et demi d'utilisation, car ceux-ci seront désuets et parce qu'il en coûterait plus cher de les réparer ou de les mettre à niveau. Même si l'utilisation de matériel informatique et électronique est sans danger pour notre santé, il n'en est pas de même pour l'environnement. Plusieurs substances toxiques se trouvent dans ces équipements, telles que le plomb, le cadmium et le mercure, qui lorsqu'une fois enfouies ou incinérées, contamineront le sol et l'air [51].



Figure III.3: Exemple de déchets informatiques [52].

III.3.1. Pourquoi gérer les équipements informatiques ?

- Tous les générateurs ou détenteurs (personne physique ou morale) sont tenus de respecter la réglementation (La loi n° 01-19).

- Les équipements informatiques sont considérés comme déchets spéciaux dangereux (Décret exécutif n° 06-104).
- Les équipements informatiques ne doivent pas être jetés à la poubelle, car 1 gramme de mercure, équivalent à ce que l'on retrouve dans 1 pile bouton, pollue 1 mètre cube de terre, 1000 mètres cube d'eau et ce pendant 100 ans.
- Les équipements informatiques sont une source potentielle de pollution et également contiennent des matériaux valorisables [51].

III.3.2. Réglementation concernant la gestion des déchets informatiques

- La loi n° 01-19 du 27 Ramadhan 1422 correspondant au 12 décembre 2001 relative à la gestion, au contrôle et à l'élimination des déchets.
- Décret exécutif n° 05-315 du 10 septembre 2005 fixant les modalités de déclaration des déchets spéciaux dangereux.
- le Décret exécutif n° 06-104 du 28 février 2006 fixant la nomenclature des déchets, y compris les déchets spéciaux dangereux.
- le Décret exécutif n° 09-19 du 23 Muharram 1430 correspondant au 20 janvier 2009 portant réglementation de l'activité de collecte de déchets spéciaux [51].

Concernant les entreprises qui sont dans le domaine de la gestion des déchets informatiques et autres en Algérie, il n'y en a pas beaucoup. Parmi les entreprises qui gèrent le traitement des déchets électroniques et informatiques, il y'a l'entreprise BELAID RECUPERATION qui a été agréée par l'état pour assurer un service de gestion, récupération et recyclage des déchets informatiques en fin de vie, conformément à la réglementation en vigueur sur tout le territoire national [53].

III.3.3. Méthodes de traitement

Les appareils sont récupérés, démantelés, déchiquetés et broyés, manuellement ou à l'aide des machines spécialisées. Les fragments valorisables sont récupérés sous forme de métaux ferreux, non-ferreux, câbles, plastiques, etc. et les composants informatiques qu'ils soient obsolètes ou non, peuvent être valorisés et recyclés à 100 % (voir Fig.III.4 et Fig.III.5 ci-dessous pour illustrations [54]).

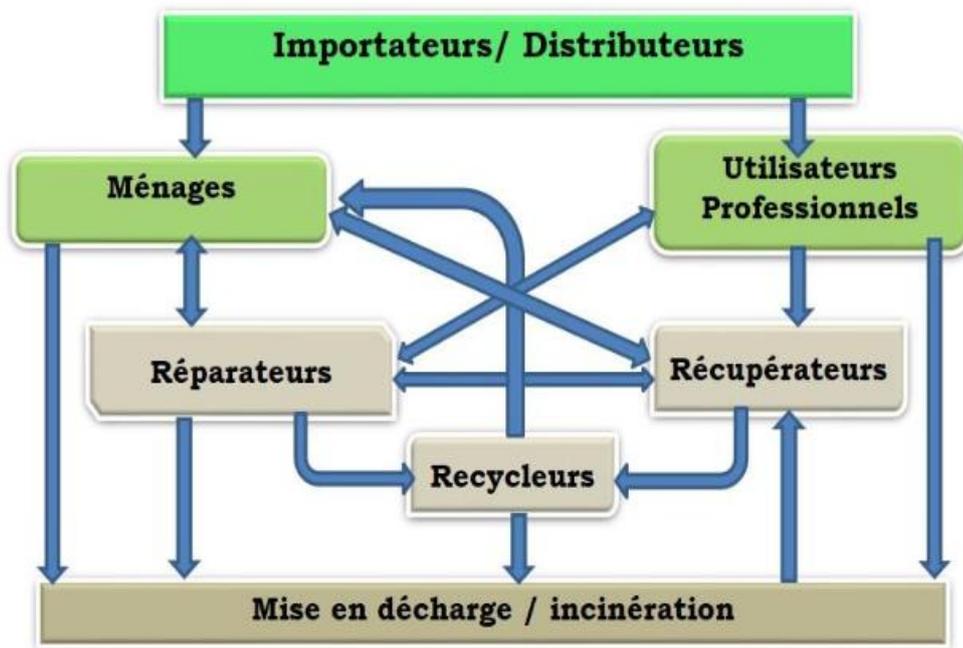


Figure III.4 : Circuit des déchets informatiques [54].

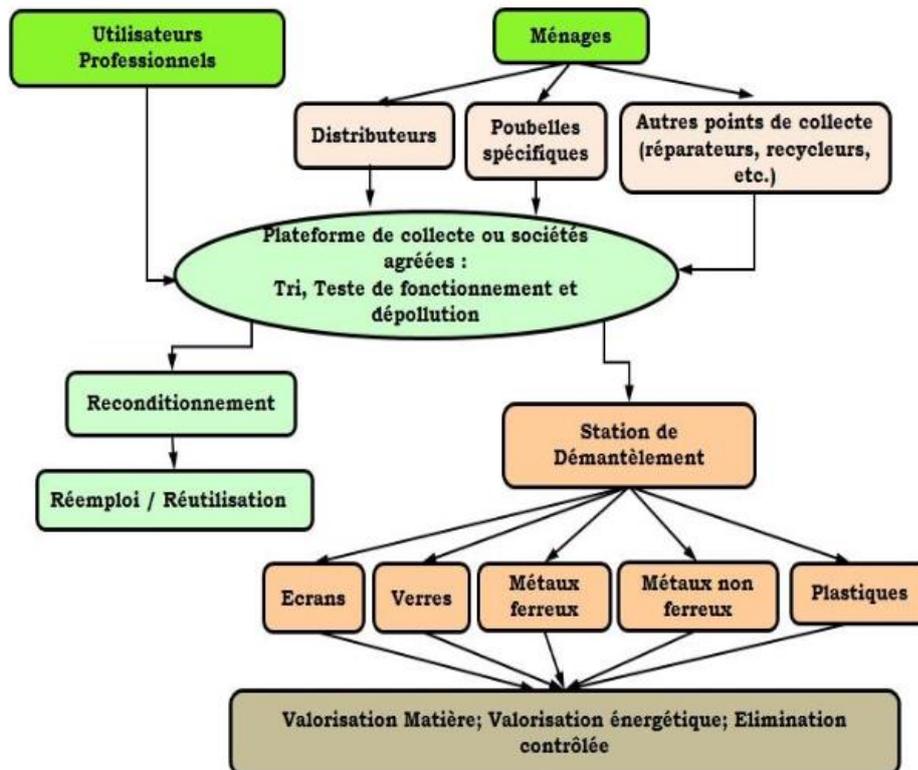


Figure III.5 : Proposition d'un schéma d'organisation de la filière de gestion des déchets informatiques [54].

Chapitre III: Déchets informatiques en Algérie : Etat de lieu

Après le démantèlement des coques et des cartes électroniques (voir Fig.III.6 pour illustration), le tout sera séparé manuellement puis envoyé aux différents centres pour y recycler le plastique ainsi que les métaux. Le matériel sera ensuite fondu, afin d'être réinjecté dans l'industrie de production de différents produits [52]. Si le matériel est encore fonctionnel, il ne sera pas jeté car il pourrait encore servir à d'autres personnes. En lui faisant subir certaines réparations, on lui donne une nouvelle jeunesse.



Figure III.6 : Centre de recyclage des déchets informatiques [55].

Chaque type de matériel a son devenir bien spécifique [52].

- Carcasses métalliques finiront en fonderie pour ferrailage.
- Nappes et câblages divers seront expédiés chez un sous-traitant broyeur qui séparera caoutchouc, cuivre et plastiques.
- Les disques durs, CD-Rom, lecteur ZIP... seront également réduits en poudre afin de séparer l'aluminium et autres métaux nobles.
- Les cartes informatiques ont un devenir plus technique afin de séparer les divers types de composés (l'époxy, métaux nobles, plastiques, etc.). En premier lieu, des broyages successifs seront nécessaires afin de réduire les cartes au niveau 0,2 mm, puis, des aspirateurs de densité vont séparer successivement les différents composés. Enfin, la chimie finira la séparation pour la récupération des métaux les plus nobles.

III.3.4. Matières recyclables

Des listes de matériel récupérable sont présentées dans les Tableaux ci-dessous III.1 et III.2 respectivement. Ces listes ne sont pas complètes: elles ne sont là qu'à titre d'exemples car il est difficile d'énumérer tous les pièces et produits récupérables [56].

Chapitre III: Déchets informatiques en Algérie : Etat de lieu

Tableau III.1: Équipements informatiques et bureautiques [56].

Équipement	Industriel	Commercial	Prix de ramassage
Écran CRT	✓	✓	Gratuit
Écran LCD	✓	✓	Gratuit
Imprimantes (laser, jet d'encre)	✓	✓	Gratuit
Scanners	✓	✓	Gratuit
Fax	✓	✓	Gratuit
Cartouche d'encre	✓	✓	Gratuit
Tours d'ordinateurs	✓	✓	Gratuit
Ordinateurs portables	✓	✓	Gratuit
Processeurs (CPU)	✓	✓	Gratuit
Cartes-mères	✓	✓	Gratuit
Cartes PC (PCI, ISA, AGP.)	✓	✓	Gratuit
Barrettes de mémoires	✓	✓	Gratuit
Disques durs	✓	✓	Gratuit
Aluminium	✓	✓	Gratuit
Cuivre	✓	✓	Gratuit

Chapitre III: Déchets informatiques en Algérie : Etat de lieu

Tableau. III.2: Câbles informatiques et électriques [56].

Équipement	Industriel	Commercial	Prix de ramassage
Fils et câbles métalliques de tout genre	✓	✓	Gratuit

En voici quelques exemples sur les câbles qui peuvent être traités [56]:

- Câbles réseaux¹⁶.
- Câbles d'alimentation¹⁷.
- Câbles IDE¹⁸.

- Câbles USB¹⁹.
- Câbles SMA²⁰.
- Câbles HDMI²¹.
- Câbles audio²².
- Câbles parallèles²³.

III.4. Conclusion

Dans ce chapitre, on a essayé de faire un état de lieu sur le traitement des déchets informatiques dans notre pays. Malgré tous les problèmes rencontrés concernant l'obtention des informations à ce sujet, on a pu quand même découvrir une entreprise locale, la seule en Algérie, qui traite les déchets informatiques. Ceci était pour nous un encouragement pour la poursuite de notre démarche pour la création d'une entreprise de traitement des déchets informatiques à Tlemcen.

Chapitre 4 :
Création d'une
entreprise pour
le traitement
des déchets
informatiques

Chapitre IV : Création d'une entreprise pour le traitement des déchets informatiques

IV.1. Introduction

Le traitement des déchets solides est une activité assez récente qui s'inscrit dans un processus de protection de l'environnement. Ce concept est très à la mode, et il existe de plus en plus de sociétés innovantes qui développent des stratégies de recyclage pour récupérer, démanteler et revendre en donnant une deuxième vie à un objet/déchet. On trouve cette idée de récupération dans de nombreux domaines tels que: du mobilier en plastique pour faire des vêtements, la récupération de la ferraille pour créer des objets design, ...etc. [65]

L'informatique n'échappe pas à cette tendance et le traitement de ses déchets est très important dans ce domaine. En effet, les ordinateurs sont composés de processeurs, de disques durs, de cartes magnétiques et de nombreux autres composants qui peuvent être néfastes pour l'environnement et engendrer des nuisances et des pollutions [65].

Côté métier, il n'existe pas vraiment de formation dans le traitement des déchets informatiques, mais on peut dire que toute formation liée aux métiers informaticiens, programmeurs, analyste... permet d'exercer le métier de recycleur informatique et de traitement des déchets d'équipements électroniques et informatiques [65].

Les déchets informatiques, électriques et électroniques sont devenus désormais un vrai problème pour la plupart des entreprises. Les matériels obsolètes doivent être mis de côté sans pour autant qu'un marché de l'occasion puisse permettre une réutilisation. De plus, ces matériels contiennent des matières qui peuvent être polluantes [66].

C'est pourquoi les pouvoirs publics se sont emparés du problème pour éviter, à terme, une catastrophe écologique, et ceci en encourageant la création d'entreprises spécialisées pour gérer ce type de problèmes afin de protéger l'environnement et développer l'économie du pays.

IV.2. Généralités sur l'entreprise

IV.2.1. Définition de l'entreprise

Une entreprise désigne une unité institutionnelle créée dans la perspective de produire et de fournir des biens et services à des personnes, physiques ou morales. Pour exister légalement, une entreprise est tenue d'opter pour l'une des formes particulières d'entreprise (voir Fig. IV.1 comme illustration) prévues par la loi algérienne: Entreprise Individuelle à Responsabilité Limitée (EIRL)²⁴, Entreprise Unipersonnelle à Responsabilité Limitée (EURL)²⁵, Société Coopérative²⁶, etc.) [67].

Chapitre IV : Création d'une entreprise pour le traitement des déchets informatiques

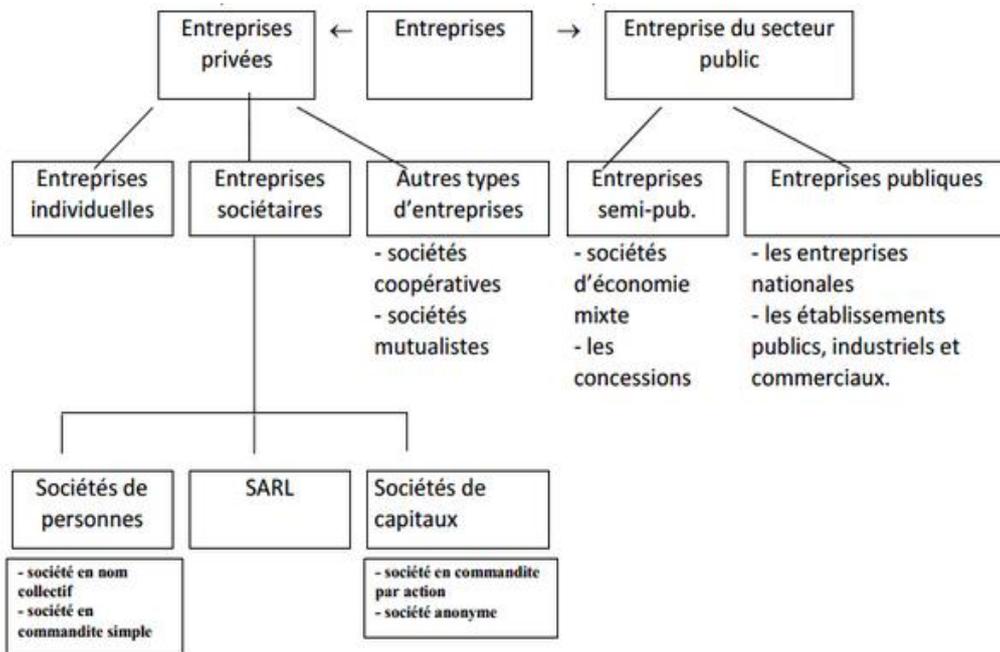


Figure IV.1: Schéma de la forme d'une entreprise [68].

IV.2.2. Classification des entreprises

Les entreprises peuvent être classées selon plusieurs critères [69].

IV.2.2.1. Classification par secteur économique (déterminé par leur activité principale)

- Secteur primaire (agriculture, sylviculture, pêche, parfois mines),
- Secteur secondaire (industrie, bâtiment et travaux publics),
- Secteur tertiaire (services),
- On distingue aussi parfois un secteur quaternaire (recherche, développement et information).

Le secteur primaire comprend l'agriculture, la pêche, l'exploitation forestière et l'exploitation minière. On désigne parfois les trois dernières par le terme « autres industries primaires ». Les industries primaires sont liées à l'extraction des ressources de la terre [69].

Le secteur secondaire regroupe les activités liées à la transformation des matières premières issues du secteur primaire (industrie manufacturière, construction). Il est considéré comme stratégique car il fournit des emplois d'ingénieur et du travail de recherche et développement à des entreprises du secteur tertiaire. Comme activités du secteur secondaire, on peut citer: agroalimentaire, artisanat, automobile, astronautique, bâtiments et travaux publics (BTP), construction électrotechnique, construction ferroviaire, construction mécanique, construction navale, industrie chimique, industrie pharmaceutique, industrie spatiale, électronique, électroménager, énergétique, industrie textile, industrie papetière, industrie du bois, production d'énergie (centrale électrique, gaz), etc. [69].

Chapitre IV : Création d'une entreprise pour le traitement des déchets informatiques

Le secteur tertiaire est défini par exclusion des deux autres secteurs: il regroupe toutes les activités économiques qui ne font pas partie du secteur primaire ou du secteur secondaire. Il s'agit du secteur qui produit des services. Dans les pays développés, c'est de loin le secteur le plus important en nombre d'actifs occupés. On distingue le secteur tertiaire marchand du secteur tertiaire non marchand, ce dernier comprenant la production de services non échangeables comme la justice, la sécurité, etc. [69].

IV.2.2.2. Classification par taille et impact économique

Selon la définition de la Commission européenne, les entreprises sont classées comme [69]:

- **Micro-entreprise** : Sous-catégorie des TPE, emploi de 1 à 19 salariés.
- **Très petite entreprise (TPE)** : emploi moins de 10 salariés.
- **Petite entreprise (PE)**: emploi entre 10 salariés et 49 salariés.
- **Moyenne entreprise (ME)**: emploi entre 50 salariés et 249 salariés.
- **Grande entreprise**: emploi 250 salariés et plus.
- **Groupe d'entreprises**: comporte une société mère et des filiales.
- **Entreprise étendue (ou en réseau, ou matricielle, ou virtuelle)** : comprend une entreprise pilote travaillant avec de nombreuses entreprises partenaires.

Selon la taille de l'entreprise qui est appréhendée par la valeur ajoutée, notre entreprise utilise la valeur ajoutée des deux opérations suivantes :

- 1) Le broyage du plastique afin d'obtenir des grains, et ceci pour répondre aux besoins de nos clients et améliorer la performance de notre entreprise.
- 2) Un délai de garanti d'une durée de 3 mois, est accordé à nos clients après la réparation de leurs micro-ordinateurs, s'il y a des problèmes.

IV.2.2.3. Classification des entreprises selon la branche d'activité

À la différence du secteur, qui rassemble des activités variées, la branche ne regroupe que les entreprises fabriquant, à titre principal, la même catégorie de biens, entreprises de l'industrie pharmaceutique, ... etc. [70].

Les entreprises d'une même branche ont pour points communs :

- L'usage d'une même technique,
- L'utilisation des mêmes matières premières,
- Des intérêts communs dans certains domaines: ce qui leur permet de regrouper certaines de leurs activités et de créer des services communs, notamment de recherche, d'achat ou de vente, filiales communes [70].

IV.2.2.4. Classification juridique

En fonction de la personne qui détient le capital et des objectifs retenus par l'entreprise, cette classification permet de distinguer entre deux types d'entreprises [70]:

Chapitre IV : Création d'une entreprise pour le traitement des déchets informatiques

- A- Entreprises du secteur public:** Ce sont des entreprises qui appartiennent en totalité à l'Etat; ce dernier détient l'intégralité du capital, le pouvoir de gestion et de décision. Une autre définition indique que le capital des entreprises publiques est détenu totalement ou en partie par l'Etat ou les collectivités publiques [70].
- B- Entreprises privées:** On distingue l'entreprise individuelle qui appartient en totalité à une seule personne qui assure la gestion et la direction. Les entreprises individuelles représentent plus de 60 % de l'ensemble des entreprises. Bien que la responsabilité du propriétaire soit totale, les entreprises individuelles présentent l'avantage d'être des structures simples à créer. Cette forme juridique est la plus souvent retenue par des artisans commerçants, exploitants agricoles et les petites entreprises industrielles [70].

IV.2.2.5. Classification selon l'impact environnemental

L'impact environnemental, parfois appelé "incidence environnementale", désigne l'ensemble des modifications engendrées par un projet, de sa conception jusqu'à sa fin de vie. Concrètement, cet indicateur prend donc en compte les effets positifs d'une activité (par exemple le recours aux énergies propres), mais aussi les effets négatifs que celle-ci engendre (rejets polluants élevés, activité énergivore ...) [71].

A la lecture des résultats du sondage lié à la société Qualistéo qui fait optimisation des ressources en 2015 sur l'impact environnemental de l'entreprise, il apparaît clairement que cette notion semble totalement abstraite pour le monde de l'entreprise. Ainsi, seuls 29% des participants affirment connaître l'impact environnemental de leur société. La majorité des votants - 89% - ignorant tout du leur [71] (voir Fig. IV.2).

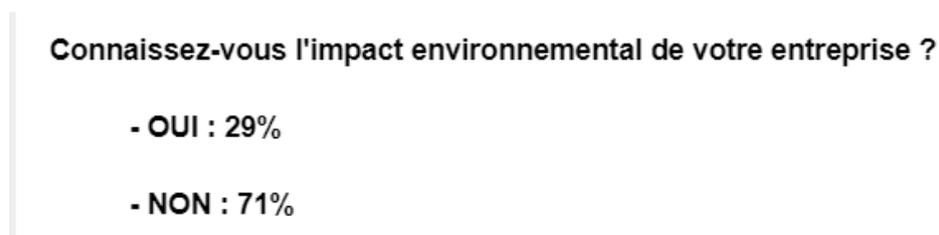


Figure IV.2: Exemple d'un sondage des gens de France [71].

Environnement et Développement Durable, deux concepts intimement liés.

Sont désormais au cœur de toutes les stratégies, surtout celles des entreprises. Ils font partie des premières préoccupations des managers, soit pour faire face aux contraintes réglementaires, soit par logique d'anticipation et de prévention des risques et des sanctions [72].

Personne ne peut nier que les entreprises, à travers leur fonctionnement, leur consommation, les cycles de vies des produits qu'elles fabriquent, les services qu'elles proposent, et même les conditions de travail qu'elles appliquent à leurs employés, ont des énormes répercussions sociales, environnementales et économiques, puisque, quel que soit leur type d'activité, elles

Chapitre IV : Création d'une entreprise pour le traitement des déchets informatiques

ont recours à des ressources naturelles telles que : l'eau, les énergies non renouvelables..., utilisent des moyens de production dans la plupart des temps polluants, utilisent des moyens de transport générant sans aucune doute des rejets néfastes pour l'environnement. C'est pourquoi elles sont au cœur des problématiques du développement durable [72]. Donc il faut prendre en considération l'impact environnemental comme facteur qui ne doit pas être négligeable.

IV.2.2.6. Autre classification transversale

Une autre forme de classement, distingue trois grands types d'entreprises existant dans tous les pays [69]:

- * Les entreprises privées à but lucratif (ex : TPE (Très Petite Entreprise), PME (Petite et Moyenne Entreprise), Grands Groupes).
- * Les entreprises privées à but non lucratif (relevant de l'économie sociale),
- * Les entreprises publiques (ex : SNCF...).

IV.2.3. Objectifs d'une entreprise

Un objectif pour une entreprise peut être économique, social, environnemental, mais c'est bien la multiplicité des objectifs qui caractérise la dynamique et l'ambition de cette dernière [73]. Certains objectifs relèvent du court terme et d'autres du moyen voire du long terme. Ainsi, les objectifs des entreprises englobent la production de biens et services, et aussi la valeur ajoutée, profit et pérennité.

IV.3. Etapes de création d'une l'entreprise

La création d'une entreprise est un projet qui demande de la préparation et des décisions importantes à prendre (voir Fig.IV.3 pour illustration). Pour mettre en place un projet de création d'entreprise, il est nécessaire de procéder par étapes, mais il n'est pas toujours évident de savoir comment s'y prendre et par où commencer [74].

Chapitre IV : Création d'une entreprise pour le traitement des déchets informatiques

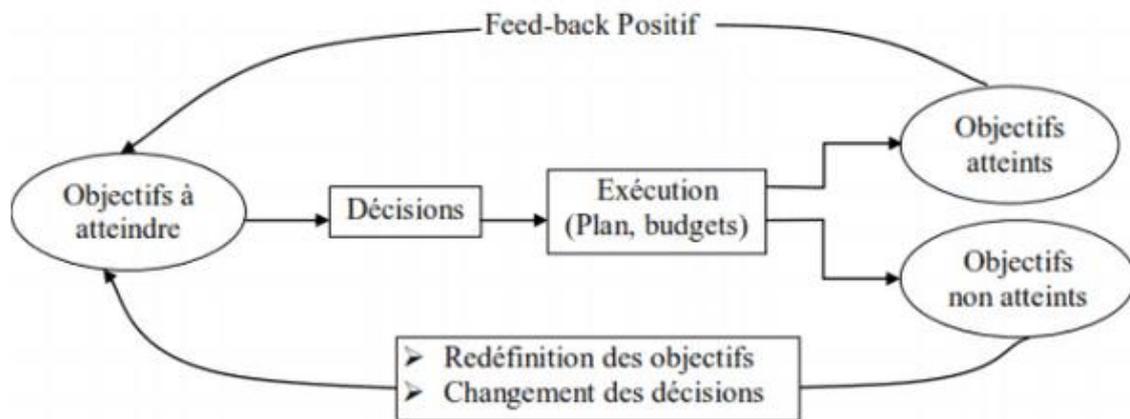


Figure IV.3: Schéma d'organisation de système entreprise [68].

Dans notre cas, cette partie concerne l'étude de la faisabilité de création d'une entreprise de traitement des déchets informatiques: ordinateurs fixes ou mobiles, câbles de connexion, imprimantes,... etc.

Ils y a plusieurs facteurs-clés de succès qui servent à la commercialisation des produits donc il est important de suivre les étapes suivantes pour une entreprise durable.

IV.3.1. Etude de marché

C'est une étape qui permet d'identifier la concurrence et de déterminer la zone des défis : c'est un travail de collecte et d'analyse d'informations ayant pour but d'identifier les caractéristiques d'un marché et de définir les clients concurrents pour bien encadrer le projet de toutes les concurrences [75].

Dans la démarche de validation d'un projet, l'étude de marché peut porter sur le domaine de l'acceptabilité du produit ou service à travers notamment l'utilisation de données quantitatives ou qualitatives, ou être davantage orientée vers la mesure du potentiel d'un marché avec une utilisation de données statistiques relatives aux comportements de consommation et aux données disponibles de géomarketing (études documentaires) [76]. Dans ce contexte, on a choisi un type d'études documentaires: le questionnaire comme guide dans notre travail sur la faisabilité de création d'une entreprise de traitement des déchets informatiques. Pour le moment, on s'était intéressé uniquement aux ordinateurs et leurs accessoires.

IV.3.1.1. Etude de cas

Face à l'absence d'une politique de remise en vie de l'équipement informatique, les entreprises se trouvent parfois obligées de gérer des quantités importantes de matériel obsolète. C'est dans ce cadre-là qu'on devrait élaborer un questionnaire d'évaluation sur le comportement et la responsabilité des entreprises envers leurs matériels informatiques en fin de vie. Malheureusement, suite à un travail réalisé en premier lieu auprès de notre faculté, il s'est avéré que les choses sont difficiles pour connaître le nombre et la destination du matériel

Chapitre IV : Création d'une entreprise pour le traitement des déchets informatiques

informatique en fin de vie. Face à cette situation, on s'était orienté vers les réparateurs de ce type de matériel dans le souci d'obtenir des informations.

IV.3.1.1.1. Méthodologie de la recherche

On a choisi le questionnaire comme étant un moyen de recherche dont l'objectif essentiel était la collecte des informations réelles et pertinentes auprès des personnes interrogées. Le questionnaire ainsi établi (voir Fig.IV.4) a été distribué auprès d'un échantillon composé de 15 réparateurs de matériel informatiques activant dans la région du Tlemcen. On a choisi la méthode d'échantillonnage aléatoire simple puisqu'on a travaillé sur un échantillon bien défini. Notre questionnaire a visé surtout les réparateurs d'outils informatiques. Comme résultats de cette modeste initiative, on a recueilli seulement 7 réponses, ce qui est vraiment peu et même décevant.

Ce travail de recherche permettra aux entreprises de se sensibiliser et d'être motivées à développer des politiques et des activités permettant d'améliorer à la fois leurs performances environnementales et économiques.

الرجاء الاجابة على الاسئلة التالية و شكرا:

1. ما هي انواع وسائل الاعلام الالي التي تاتيكم لمعالجتها [F] ؟
(Micro fixe, mobile...).
2. ما هي كمية هذه الوسائل الشهيرة التي تعالجها ؟
3. خلال المعالجة ما هي انواع قطع الغيار التي يتم معالجتها ؟
4. عند المعالجة هل القطع التي تعالجونها تكون جديدة ام تأخذونها من وسيلة اخرى ؟
5. بالنسبة للوسائل التي لا تحتاج للمعالجة كيف يتم استعمالها؟
6. بالنسبة اليك هل تفضل ان تشتري او تبني اشياء (قطع غيار) مستعملة من قبل ولكن في حالة جيدة ؟
7. ما هي اهم قطع الغيار التي تحتاجها في صفاك ؟
8. هل تتعامل مع القطاع الخاص وحده ام مع القطاع العمومي ؟ و من هم ؟
9. هل تعرف مؤسسات التي تقوم بمعالجة اجهزة الكمبيوتر؟
10. هل تعرف مهنيتك جهاز الكمبيوتر. انكر يبيع منها ؟

Page 1

الرجاء الاجابة على الاسئلة التالية و شكرا:

11. ما هو نوع التكوين الذي تحصلت عليه كي تقوم بهذا العمل (صيانة اجهزة الاعلام الالي) ؟
12. بالنسبة اليك: ما هي الشروط التي تتوفر في الشخص للدخول في هذا الميدان ؟
13. ما هي اقتراحاتك في صدد معرفة مشروعا حول دراسه امكانيه انشاء مؤسسة لمعالجة اجهزة الاعلام الالي؟

و شكرا

Page 2

Figure IV.4: Questionnaire soumis aux personnes interrogées.

IV.3.1.1.2. Discussion et analyse des résultats

Chapitre IV : Création d'une entreprise pour le traitement des déchets informatiques

Dans le questionnaire soumis aux réparateurs, on a posé 13 questions qui s'articulaient sur le traitement des déchets informatiques. Les diverses réponses récoltées ainsi, ont été analysées et les résultats sont comme suit :

Q1 : Quel est le type de supports informatiques qui vous parvient pour réparation?

95 % des réparateurs disent qu'ils traitent les micro-ordinateurs de type bureau et portables de marques: HP, DELL, AZUS, LENOVO, TOSHIBA, etc., qui sont les plus connus et utilisés par les Algériens.

Q2: Quelle quantité de matériel informatique traitez-vous par mois ?

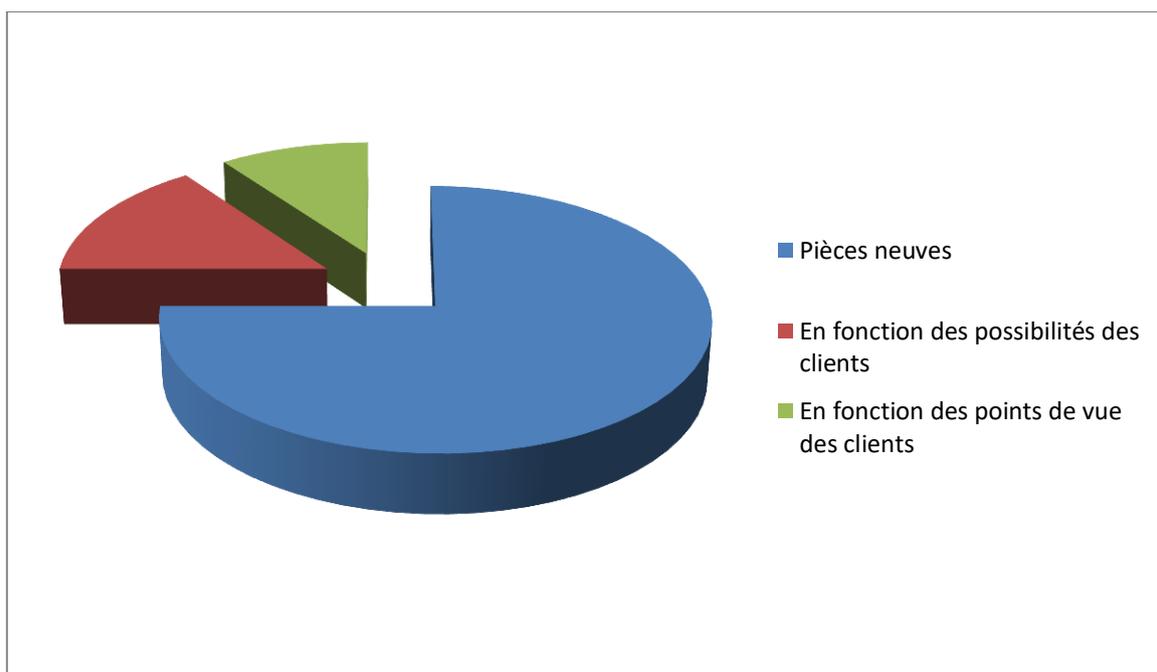
En moyenne, 78 % des réparateurs déclarent traiter 5 à 10 micro-ordinateurs par mois. Ce nombre devient grand si on considère une année d'activité de réparation, et constitue une base de réflexion pour une possible création d'entreprises dans ce domaine.

Q3: Pendant le traitement/réparation d'un ordinateur, quel type de pièces traitez/réparez-vous ?

La majorité des réparateurs déclarent traiter les pièces/les parties d'un ordinateur telles que: disque dure, Ram, alimentation carte mère, unités de puissance...

Q4 : Les pièces que vous réparez/changez, sont-elles neuves ou vous les prenez d'autres ordinateurs ?

Comme indiqué sur la Fig.IV.5, en moyenne 75 % des réparateurs déclarent utiliser des pièces neuves. 15 % déclarent utiliser des pièces neuves ou d'occasion en fonction des possibilités financières du client. Les 10 % restants disent prendre l'avis du client c'est-à-dire son choix: la crédibilité du réparateur joue un rôle important.



Chapitre IV : Création d'une entreprise pour le traitement des déchets informatiques

Figure IV.5 : Etat des pièces traitées/changées lors de la réparation d'un PC.

Q5: Concernant le matériel ne nécessitant pas une réparation, comment le traitez-vous ?

Comme l'indique la Fig.IV.6, en moyenne, 95 % des réparateurs déclarent retourner les micro-ordinateurs à leurs propriétaires. 5 % préfèrent les garder dans leurs entrepôts ou bien les mettre à la poubelle.

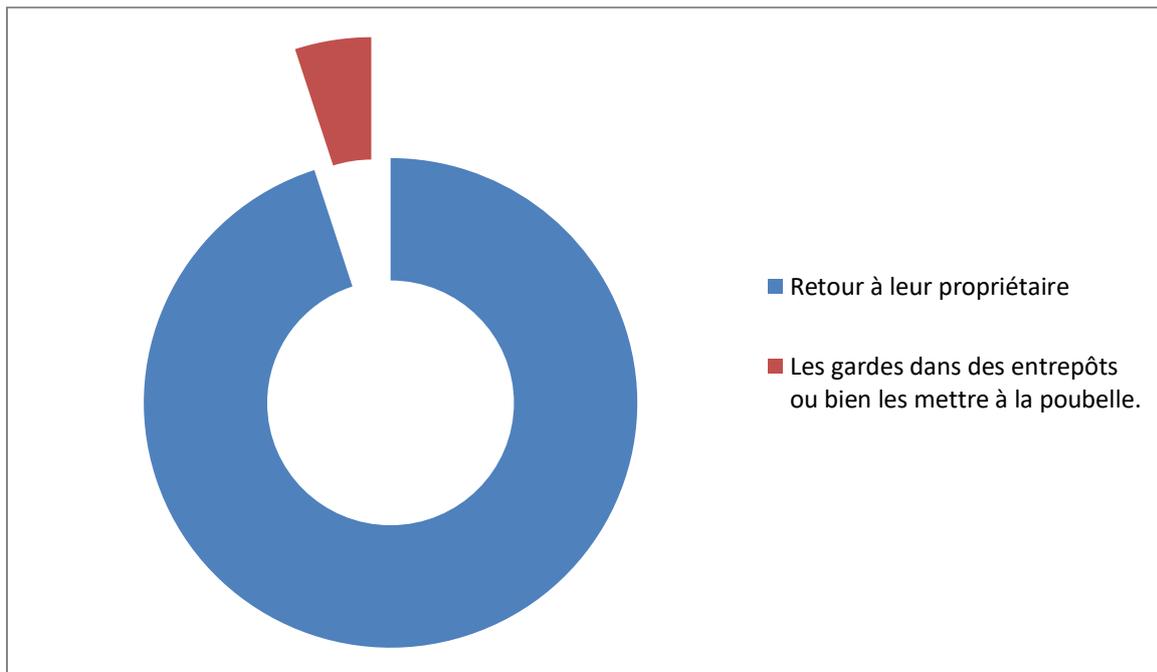


Figure IV.6: Destinations du matériel informatique obsolète/ne nécessitant pas une réparation.

Q6 : Pour vous, acceptez-vous d'acheter ou de vendre des pièces de rechange déjà utilisées mais en bon état?

Comme indiqué sur la Fig.IV.7, en moyenne 80 % n'acceptent pas acheter ou vendre des pièces de rechange déjà utilisées mais en bon état car c'est leur crédibilité au travail qui est mise en jeu. Les 20 % restants disent oui et qu'il n'y a de problèmes à ce sujet.

Chapitre IV : Création d'une entreprise pour le traitement des déchets informatiques

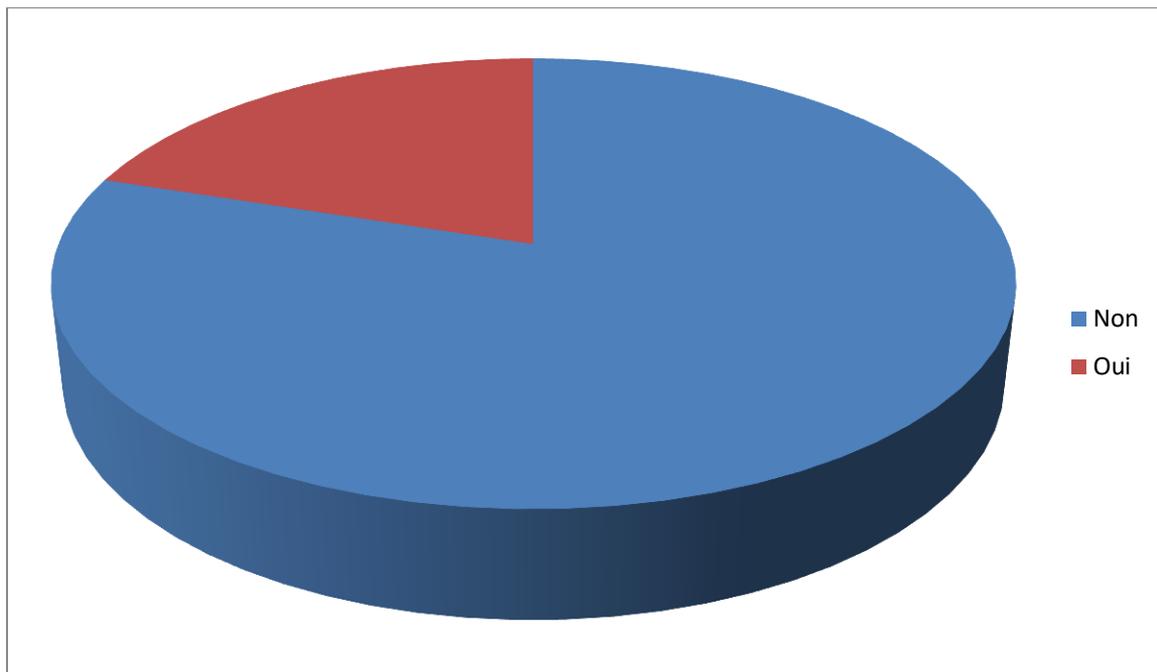


Figure IV.7: Sondage auprès des réparateurs de PC concernant l'achat ou la vente des pièces de rechange déjà utilisés mais en bon état.

Q7: Quel type de pièces de rechange avez-vous besoin dans votre travail de réparateur de PC ?

La majorité des réparateurs déclarent avoir besoin de pièces suivantes: Tourne Vis, Multimètre, Alimentation, Processeur, Ram, Disque dure.

Q8 : Traitez-vous avec le secteur privé seul ou avec le secteur public? Lesquels ?

En moyenne, 95 % déclarent traiter avec les deux secteurs privé et public tels que: Sonalgaz, Centre public de formation, la gendarmerie, la police, etc., par contre 5 % déclarent traiter uniquement avec le secteur privé.

Q9: Connaissez-vous des entreprises travaillant dans le domaine de traitement du matériel informatique PC ?

En moyenne 20 % déclarent connaître uniquement des réparateurs dans le domaine, et 80 % ont préféré garder le silence en disant non.

Q10: Connaissez-vous les principaux composants d'un l'ordinateur? Citez certains d'entre eux.

Tous déclarent connaître les composants d'un ordinateur tels que: Processeur, Ram, Disque dure, Carte graphique.

Q11: Quel type de formation avez-vous effectué pour travailler dans ce domaine, c'est-à-dire maintenance du matériel informatique ?

Chapitre IV : Création d'une entreprise pour le traitement des déchets informatiques

En moyenne, 30 % déclarent pratiquer ce domaine sans aucune formation préalable mais seulement par l'expérience/la pratique. 65 % des personnes interrogées, disent avoir effectué une formation dans un centre de formation en informatique. Les 5% restants sont des ingénieurs en informatiques.

Q12: D'après-vous, quelles conditions/qualités que doit satisfaire une personne pour entrer et travailler dans ce domaine ?

En moyenne, 10 % déclarent la patience, 10 % autres déclarent le diplôme, l'expérience, l'honnêteté et le sourire. Les autres restant disent que la personne doit être calme, attentionnée, aimant son métier, et en plus de tout ça doit avoir la volonté.

Q13 : Quelles sont vos suggestions concernant notre projet concernant l'étude pour une possible création d'une entreprise de traitement des déchets informatiques ?

La majorité des réparateurs considèrent que la revalorisation du matériel informatique est une source de profits plutôt que de dépenses (96 %). Ceci est évident puisque les activités liées au traitement et recyclage peuvent représenter des opportunités importantes pour améliorer les trois composantes (économique, environnementale et sociale) de la triple performance qui mesure les progrès de l'entreprise vers le développement durable.

IV.3.1.1.3. Discussion des résultats

A travers les résultats obtenus du questionnaire étudié dans la région de Tlemcen, on tient à proposer quelques recommandations:

- ✓ Il faudra mettre en place des systèmes de traitement et de valorisation surtout pour les grandes entreprises qui ont un parc informatique colossal et qui doivent disposer de programmes internes de gestion des ordinateurs.
- ✓ La filière de la revalorisation doit être concrètement structurée en Algérie.
- ✓ Le développement de la filière de collecte et de reconditionnement et de redistribution, des ordinateurs dans une démarche de qualité environnementale,
- ✓ Sensibiliser les entrepreneurs et les directions des entreprises,
- ✓ Création des entreprises pour la revalorisation des matériels informatiques,
- ✓ La récupération d'ordinateurs inutilisés mais toujours fonctionnels.

IV.3.1.1.4. Synthèse et difficultés rencontrées

Les résultats du questionnaire montrent bien que la majorité des réparateurs préfèrent garder les ordinateurs dans leurs stocks, ou bien de les mettre à la poubelle. C'est pour ça, que des conventions avec eux, nous permettront d'alimenter notre entreprise en PC: donc la matière première est disponible avec une quantité très abondante.

Lors de l'étude, quelques difficultés ont été rencontrées:

Chapitre IV : Création d'une entreprise pour le traitement des déchets informatiques

- ✓ Premièrement, le secteur de traitement/revalorisation des ordinateurs est un secteur en pleine émergence, bien que les plateformes de revalorisation informatiques ne sont pas encore à fait bien établies.
- ✓ Deuxièmement, les réparateurs rencontrés ne sont pas tous prêts à nous dévoiler leurs stratégies et certains semblent être inquiets quant à la confidentialité de l'étude.
- ✓ Troisièmement, le questionnaire ne s'était pas toujours déroulé dans un environnement favorisant l'échange.

Pour donner plus d'importance à notre projet, nous avons fait aussi l'étude de marché à notre faculté université Abou Bakr Belakid à Tlemcen, et nous avons obtenu le bilan des ordinateurs et accessoires par Monsieur le Doyen. Les résultats sont représentés dans le Tableau IV.1 au-dessous les quantités des déchets informatiques en 2018.

Tableau IV.1 : Quantités des déchets informatiques de la faculté technologie de l'université Abou Bakr Belkaid de Tlemcen en 2018.

Ordinateurs et accessoires	Quantités
Écran	36
Onduleur	20
Imprimante	14
Photocopieuse	16
Unité centrale	40
Scanneur	3
Disque dur	33

IV.3.1.1.5. Clients ciblés pour nos produits

Voici les listes des clients potentiels ciblés par notre entreprise pour l'achat de nos produits:

Chapitre IV : Création d'une entreprise pour le traitement des déchets informatiques

Tableau IV.2: Clients ciblés pour le plastique.

Entreprise	Activité	Adresse
Entreprise Maf	Recyclage du plastique	Zone Industrielle n°5 a Ain Defla, Tlemcen, Algérie
Nouvelle Présentation Industrielle, SARL.	Collecte et recyclage du plastique	Zone Industrielle n°2 31100 Senia Oran Algérie
Nord Sud Environnement	Collecte et recyclage du plastique	Cité Oum Salma BP 56 39000 El Oued Algérie
Melouka Travaux Des Terrassements & Routiers <i>MTTR</i>	Collecte et recyclage du plastique	Cité Oum Salma BP 56 39000 El Oued Algérie
Raskala Tout	Collecte et recyclage du plastique	Cité Chréa 09450 Bouinan Algérie

Chapitre IV : Création d'une entreprise pour le traitement des déchets informatiques

Tableau IV.3: Clients ciblés pour l'acier.

Entreprise	Activité	Adresse
Alfec Branche, SARL.	Recyclage des métaux ferreux	Siège Social:38, rue El Moudjahid Kacha Lahouari, coopérative Tekkouk Adda Canastel 31000 Oran Algérie
Entreprise de Récupération Ouest, SPA. ERO	Recyclage des métaux ferreux	1, rue Latrèche Mohamed BP 61 (31024-Oran RP) 31000 Oran Algérie

Tableau IV.4: Clients ciblés pour l'aluminium

Entreprise	Activité	Adresse
Entreprise de Récupération Ouest, SPA ERO	-Recyclage d'aluminium -Semi-produits en aluminium et ses alliages	1, rue Latrèche Mohamed BP 61 (31024-Oran RP) 31000 Oran Algérie
Entreprise nationale de récupération, SPA. ENR	Recyclage d'aluminium	12A, rue Capitaine Azzouez Mouzaoui El Maquaria 16005 Hussein Dey Algérie

Chapitre IV : Création d'une entreprise pour le traitement des déchets informatiques

Tableau IV.5: Clients ciblés pour le cuivre.

Entreprise	Activité	Adresse
Entreprise de Récupération Ouest, SPA. <i>ERO</i>	Recyclage de cuivre	1, rue Latrèche Mohamed BP 61 (31024-Oran RP) 31000 Oran Algérie
Entreprise Nationale de Récupération, SPA. ENR	-Recyclage de cuivre -Semi-produits en cuivre -Semi-produits en zinc	12A, rue Capitaine Azzouez Mouzaoui El Maquaria 16005 Hussein Dey Algérie
Entreprise Nationale des Produits de l'Electrochimie, SPA. ENPEC	-Collecte recyclage de cuivre -Semi-produits en cuivre -Semi-produits en zinc	4 ^{ème} Km route de Constantine El Hassi, BP 88 19000 Sétif Algérie

Chapitre IV : Création d'une entreprise pour le traitement des déchets informatiques

Tableau IV.6: Clients ciblés pour le caoutchouc.

Entreprise	Activité	Adresse
Nouvelle Présentation Industrielle, SARL. NPI	Collecte et recyclage du caoutchouc.	Zone industrielle n°2 31100 Senia Oran Algérie
Nord Sud Environnement <i>MTTR</i>	Collecte et recyclage du caoutchouc.	Cité Oum Salma BP 56 39000 El Oued Algérie
Melouka Travaux des Terrassements & Routiers <i>MTTR</i>	Collecte et recyclage du caoutchouc.	Cité Oum Salma BP 56 39000 El Oued Algérie
Raskala Tout	Collecte et recyclage du caoutchouc.	Cité Chréa 09450 Bouinan Algérie

IV.3.2. Etude technique

Pour commencer cette étude, il fallait tout d'abord localiser l'entreprise.

IV.3.2.1. Choix du local

Il s'agit de trouver l'emplacement idéal de l'entreprise: c'est pour cela qu'on a suivi la méthode de MCDM pour donner le meilleur local pour l'emplacement de notre entreprise. Ensuite, on a utilisé la méthode TSP (voyageurs de commerce) pour donner le meilleur chemin optimal pour la collecte des matières premières par rapport à nos vendeurs fidèles.

IV.3.2.1.1. Présentation du problème de localisation selon MCDM

Les modèles de prise de décision multicritères (MCDM) conviennent à l'évaluation et à la prise de décision pour les meilleures options alternatives afin de choisir les critères parfaits. Cela implique une classe générale de modèles de recherche opérationnelle, qui prend en compte les problèmes de prise de décision en présence de nombreux critères de décision. Il existe deux types de MCDM, qui sont: méthodes de décision multi-objectifs (MODM) et méthodes de décision multi-attributs (MADM). La catégorie MCDM a été utilisée pour

Chapitre IV : Création d'une entreprise pour le traitement des déchets informatiques

sélectionner un nombre minimal de solutions de remplacement. Il existe de nombreuses autres méthodes utilisées sous MADM telles que [77]:

- ✓ Processus de hiérarchie analytique (AHP),
- ✓ Pondération additive simple (SAW),
- ✓ Moyennes pondérées ordonnées (OWA),
- ✓ Technique de préférence de l'ordre par similarité avec la solution idéale (TOPSIS),
- ✓ Elimination et Choice Translating Reality (ELECTRE),
- ✓ Essai de décision et laboratoire d'évaluation,
- ✓ Laboratoire d'essais décisionnels et d'évaluation (DEMATEL),
- ✓ La côte multi-attributs simple d'évaluation multi-attributs (SMART).

Malgré toutes ces méthodes, la méthode AHP est considérée comme la plus célèbre des outils de MCDM pour la prise de décision basée sur des études bibliographiques.

IV.3.2.1.2. Méthode AHP

Le processus de hiérarchie analytique (AHP) créé dans la prise de décision multicritères (MCDM) est composé de techniques appropriées pour hiérarchiser les problèmes de gestion critiques. Le processus analytique de hiérarchie (AHP) a été introduit par Saaty depuis 1970. La méthode AHP est un processus de classement utilisé dans la prise de décision de groupe et largement utilisée dans le monde entier dans divers domaines tels que: les entreprises, les gouvernements, l'industrie, l'éducation, la santé et autres. La méthode permet également un test de cohérence dans la prise de jugement permettant de vérifier et de réduire les incohérences d'opinions ou de jugements. Les échelles de rapport et d'indice de consistance sont dérivées des principaux vecteurs Eigen et de la valeur Eigen, respectivement. La méthode consiste à hiérarchiser les critères de sélection et à distinguer les critères les plus importants des moins importants. Bien que certains chercheurs avancent un désavantage de l'AHP, cette dernière est une méthode simple qui met l'accent sur des comparaisons entre homologues qui permettent d'évaluer à la fois les conceptions qualitative et quantitative. De plus, cette méthode utilise le jugement pour analyser les données [77].

Toutes ces méthodes multicritères passent par les étapes suivantes [78]:

1. Identifier l'objectif global de la démarche et le type de décision,
2. Dresser la liste des actions ou solutions potentielles,
3. Identifier les critères ou standards qui orienteront les décideurs,
4. Juger chacune des solutions par rapport à chacun des critères,
5. Agréger ces jugements pour choisir la solution la plus satisfaisante.

Ce principe est décomposé en quatre étapes comme suit [78]:

- **Étape 1** : Décomposer le problème complexe en une structure hiérarchique,
- **Étape 2** : Effectuer les combinaisons binaires,
- **Étape 3** : Déterminer les priorités,

Chapitre IV : Création d'une entreprise pour le traitement des déchets informatiques

Pour localiser notre entreprise, on s'est basé sur le principe de la méthode AHP qui nous a bien orientés. Il sert à suivre des étapes bien détaillées comme suit :

Etape 1: Choisir le nombre de fournisseurs de matières premières.

Etape 2: Choisir le nombre de critères.

Dans notre cas, on a choisi six critères très importants qui sont :

- Coût de location,
- Proximité avec les fournisseurs (coût de transport),
- Accès aux grands camions pour le futur,
- Tournées des petits camions dans la ville,
- Agrandissement de l'entreprise plus tard,
- Installation de l'entreprise hors de la ville pour gérer la pollution.

Etape 3: Choisir le nombre de hiérarchie

Niveau 0 : Il représente notre objectif qui est la sélection d'un nombre de sites à partir d'un ensemble de sites candidats potentiels. Dans notre cas, on a sélectionné 4 sites dans la Wilaya de Tlemcen afin de choisir d'un seul site: Ain Defla à Chetouane, Saf Saf, Sabra et Remchi.

Niveau 1 : C'est le niveau des critères que nous avons déjà indiqué.

Etape 4: Construire la matrice originale

Cette 4^{ème} étape a pour objectif de construire une matrice originale comme suit :

Chapitre IV : Création d'une entreprise pour le traitement des déchets informatiques

	Coût de location	Proximité avec les fournisseurs	Accès des grands camions au futur.	Tournées des petits camions dans la ville	Agrandissement de l'entreprise plus tard	Installation de l'entreprise hors de la ville pour gérer la pollution
Coût de location	1	2	1/3	4	1/5	4
Proximité avec les fournisseurs	1/2	1	2	3	3	4
Accès des grands camions dans le futur.	3	1/2	1	1/2	1/3	2
Tournées des petits camions dans la ville.	1/4	1/3	2	1	1/2	3
Agrandissement de l'entreprise plus tard	5	1/3	3	2	1	3
Installation de l'entreprise hors de la ville pour gérer la pollution	1/4	1/4	1/2	1/3	1/3	1
Somme des colonnes	40/4	53/12	53/6	65/6	161/30	17

Les valeurs de cette matrice représentent l'importance d'un critère par rapport à un autre sur une échelle de 1 et 9.

Etape 5: Ajustement de la matrice originale

La 5^{ème} étape a pour objectif d'ajuster la matrice originale comme suit :

Chapitre IV : Création d'une entreprise pour le traitement des déchets informatiques

	a- Coût de location	b-Proximité avec les fournisseurs	c-Accès aux grands camions dans le futur.	d-Tournées des petits camions dans la ville	e-Agrandissement de l'entreprise plus tard	f-Installation de l'entreprise hors de la ville pour gérer la pollution	Poids (a+b+c+d)/6
Coût de location	4/40*1	12/53*2	6/53*1/3	6/65*4	30/161*1/5	1/17*4	0.205
Proximité avec les fournisseurs	4/40*1/2	12/53*1	6/53*2	6/65*3	30/161*3	1/17*4	0.262
Accès aux grands camions dans le futur	4/40*3	12/53*1/2	6/53*1	6/65*1/2	30/161*1/3	1/17*2	0.125
Tournées des petits camions dans la ville	4/40*1/4	12/53*1/3	6/53*2	6/65*1	30/161*1/2	1/17*3	0.114
Agrandissement de l'entreprise plus tard	4/40*5	12/53*1/3	6/53*3	6/65*2	30/161*1	1/17*3	0.243
Installation de l'entreprise hors de la ville pour gérer la pollution	4/40*1/4	12/53*1/4	6/53*1/2	6/65*1/3	30/161*1/3	1/17*1	0.048
Total	/	/	/	/	/	/	1.000

Le but de cette étape permet de normaliser la matrice originale. Pour cela, on divise chaque nombre de la colonne de la matrice originale par la somme de la même colonne de cette matrice. Une fois cette matrice est normalisée, on calcule la moyenne arithmétique des nombres sur chaque ligne. Notons que chaque ligne correspond à un critère.

Chapitre IV : Création d'une entreprise pour le traitement des déchets informatiques

Etape 6: Comparaison entre les fournisseurs par rapport aux critères sur une échelle de 1 à 9.

La 6^{ème} étape a pour but la comparaison entre le choix des sites les plus candidats par rapport aux critères sur une échelle de 1 à 9 (On refait les mêmes étapes de la matrice originale mais cette fois-ci entre les sites pour chaque critère).

❖ **Comparaison entre les sites par rapport au coût de location :**

	Site 1 (Ain Defla)	Site 2 (Saf Saf)	Site 3 (Sabra)	Site 4 (Remchi)
A. Coût de location	/	/	/	/
Site 1 (Ain Defla)	1	2	3	3
Site 2 (Saf Saf)	½	1	4	2
Site 3 (Sabra)	1/3	¼	1	1/3
Site 4 (Remchi)	1/3	½	3	1
Col somme	13/6	15/4	11	19/3

	a-Site 1 (Ain Defla)	b-Site 2 (Saf Saf)	c-Site 3 (Sabra)	d-Site 4 (Remchi)	Poids (a+b+c+d)/4
A. Coût de location	/	/	/	/	
Site 1 (Ain Defla)	6/13*1	4/22*2	1/11*3	3/19*3	0.392
Site 2 (Saf Saf)	6/13*1/2	4/22*1	1/11*4	3/19*2	0.273
Site 3 (Sabra)	6/13*1/3	4/22*1/4	1/11*1	3/19*1/3	0.085
Site 4 (Remchi)	6/13*1/3	4/22*1/2	1/11*3	3/19*1	0.168

❖ **Comparaison entre les sites par rapport à la proximité avec les fournisseurs :**

Chapitre IV : Création d'une entreprise pour le traitement des déchets informatiques

	Site1 (Ain Defla)	Site 2 (Saf Saf)	Site 3 (Sabra)	Site 4 (Remchi)
B. Proximité avec les fournisseurs	/	/	/	/
Site 1(Ain Defla)	1	2	3	4
Site 2 (Saf Saf)	1/2	1	3	4
Site 3 (Sabra)	1/3	1/3	1	2
Site 4 (Remchi)	1/4	1/4	1/2	1
Col somme	25/12	43/12	15/2	11

	a-Site 1 (Ain Defla)	b-Site 2 (Saf Saf)	c-Site 3 (Sabra)	d-Site 4 (Remchi)	Poids (a+b+c+d)/4
B. Proximité avec les fournisseurs	/	/	/	/	
Site1(Ain Defla)	12/25*1	12/43*2	2/15*3	1/11*4	0.450
Site 2 (Saf Saf)	12/25*1/2	12/43*1	2/15*3	1/11*4	0.320
Site 3 (Sabra)	12/25*1/3	12/43*1/3	2/15*1	1/11*2	0.142
Site 4 (Remchi)	12/25*1/4	12/43*1/4	2/15*1/2	1/11*1	0.086

❖ Comparaison entre les sites par rapport à l'accès aux grands camions dans le futur:

	Site 1(Ain Defla)	Site 2 (Saf Saf)	Site 3 (Sabra)	Site 4 (Remchi)
C. Accès aux grands camions dans le futur.	/	/	/	/
Site 1 (Ain Defla)	1	2	2	2
Site 2 (Saf Saf)	1/2	1	3	3
Site 3 (Sabra)	1/2	1/3	1	1/3
Site 4 (Remchi)	1/2	1/3	3	1
Col somme	5/2	11/3	9	19/3

Chapitre IV : Création d'une entreprise pour le traitement des déchets informatiques

	a-Site 1(Ain Defla)	b-Site 2 (Saf Saf)	c-Site 3 (Sabra)	d-Site 4 (Remchi)	Poids (a+b+c+d)/4
C. Accès aux grands camions dans le futur.	/	/	/	/	
Site 1(Ain Defla)	2/5*1	3/11*2	1/9*2	3/19*2	0.370
Site 2 (Saf Saf)	2/5*1/2	3/11*1	1/9*3	3/19*3	0.319
Site 3 (Sabra)	2/5*1/2	3/11*1/3	1/9*1	3/19*1/3	0.113
Site 4 (Remchi)	2/5*1/2	3/11*1/3	1/9*3	3/19*1	0.195

Comparaison entre les sites par rapport à tournées des petits camions dans la ville:

	Site 1 (Ain Defla)	Site 2 (Saf-Saf)	Site 3 (Sabra)	Site 4 (Remchi)
D. Tournées des petits camions dans la ville	/	/	/	/
Site 1 (Ain Defla)	1	2	3	4
Site 2 (Saf Saf)	1/2	1	2	4
Site 3 (Sabra)	1/3	1/2	1	1/3
Site 4 (Remchi)	1/4	1/4	3	1
Col somme	25/12	15/4	9	28/3

	a-Site1 (Ain Defla)	b-Site 2 (Saf Saf)	c-Site 3 (Sabra)	d-Site 4 (Remchi)	Poids (a+b+c+d)/4
D. Tournées des petits camions dans la ville	/	/	/	/	
Site1(Ain Defla)	12/25*1	4/15*2	1/9*3	3/28*4	0.443
Site 2 (Saf Saf)	12/25*1/2	4/15*1	1/9*2	3/28*4	0.209
Site 3 (Sabra)	12/25*1/3	4/15*1/2	1/9*1	3/28*1/3	0.110
Site 4 (Remchi)	12/25*1/4	4/15*1/4	1/9*3	3/28*1	0.156

❖ **Comparaison entre les sites par rapport à l'agrandissement de l'entreprise plus tard :**

Chapitre IV : Création d'une entreprise pour le traitement des déchets informatiques

	Site 1 (Ain Defla)	Site 2 (Saf Saf)	Site 3 (Sabra)	Site 4 (Remchi)
E. Agrandissement de l'entreprise plus tard	/	/	/	/
Site1 (Ain Defla)	1	1/2	1/3	3
Site 2 (Saf Saf)	2	1	3	4
Site 3 (Sabra)	3	1/3	1	2
Site 4 (Remchi)	1/3	1/4	1/2	1
Col somme	19/3	25/12	29/6	10

	a-Site 1 (Ain Defla)	b-Site 2 (Saf Saf)	c-Site 3 (Sabra)	d-Site 4 (Remchi)	Poids (a+b+c+d)/4
E. Agrandissement de l'entreprise plus tard	/	/	/	/	
Site 1(Ain Defla)	3/19*1	12/25*1/2	6/29*1/3	1/10*3	0.191
Site 2 (Saf Saf)	3/19*2	12/25*1	6/29*3	1/10*4	0.454
Site 3 (Sabra)	3/19*3	12/25*1/3	6/29*1	1/10*2	0.260
Site 4 (Remchi)	3/19*1/3	12/25*1/4	6/29*1/2	1/10*1	0.094

❖ Comparaison entre les sites par rapport à son installation hors de la ville pour gérer la pollution:

	Site 1 (Ain Defla)	Site 2 (Saf-Saf)	Site 3 (Sabra)	Site 4 (Remchi)
F. Installation hors de la ville pour gérer la pollution	/	/	/	/
Site 1 (Ain Defla)	1	1/2	1/2	1/3
Site 2 (Saf Saf)	2	1	3	2
Site 3 (Sabra)	2	1/3	1	2
Site 4 (Remchi)	3	1/2	1/2	1
Col somme	8	14/6	10/2	16/3

Chapitre IV : Création d'une entreprise pour le traitement des déchets informatiques

	a-Site 1 (Ain Defla)	b-Site 2 (Saf Saf)	c-Site 3 (Sabra)	d-Site 4 (Remchi)	Poids (a+b+c+d)/4
F. Installation hors de la ville pour gérer la pollution	/	/	/	/	
Site 1 (Ain Defla)	1/8*1	6/14*1/2	2/10*1/2	3/16*1/3	0.125
Site 2 (Saf Saf)	1/8*2	6/14*1	2/10*3	3/16*2	0.413
Site 3 (Sabra)	1/8*2	6/14*1/3	2/10*1	3/16*2	0.241
Site 4 (Remchi)	1/8*3	6/14*1/2	2/10*1/2	3/16*1	0.219

Etape 7: Choisir les meilleurs sites.

Dans cette étape, on multiplie les poids obtenus de chaque site par rapport à chaque critère par le poids correspondant à ce critère dans la matrice normalisée. Par la suite, on calcule la somme des nombres sur chaque ligne. Chaque ligne correspond à un site.

	A. Coût de location	B. Proximité avec les fournisseurs	C. Accès aux grands camions dans le futur.	D. Tournées des petits camions dans la ville	E. Agrandissement de l'entreprise plus tard	F. Installation de l'entreprise hors de la ville pour gérer la pollution	Poids (a+b+c+d+e+f)
Site 1 (Ain Defla)	0.205*0.392	0.262*0.450	0.125*0.370	0.114*0.443	0.243*0.191	0.048*0.125	0.347425
Site 2 (Saf Saf)	0.205*0.273	0.262*0.320	0.125*0.319	0.114*0.209	0.243*0.454	0.048*0.413	0.333652
Site 3 (Sabra)	0.205*0.085	0.262*0.142	0.125*0.113	0.114*0.110	0.243*0.260	0.048*0.241	0.156042
Site 4 (Remchi)	0.205*0.168	0.262*0.086	0.125*0.195	0.114*0.156	0.243*0.094	0.048*0.219	0.132485
							1.000

❖ Conclusion

Chaque ligne correspond à un site. Le choix du meilleur site se base donc sur les poids obtenus, par conséquent les sites sont classés comme suit : site 1 (Ain Defla de Chetouane), site 2 (Saf Saf), site 3 (Sabra) et site 4 (Remchi).

Chapitre IV : Création d'une entreprise pour le traitement des déchets informatiques

Donc la localisation de l'entreprise sera à Ain Defla de Chetouane à Tlemcen dans la zone industrielle car c'est la meilleure zone par rapport aux autres sites.

IV.3.2.1.3. Présentation du problème de voyageurs de commerce (TSP)

Une fois l'entreprise localisée dans la zone industrielle d'Ain Defla, pour gagner le temps et le coût, on a utilisé le problème de TSP pour savoir le plus court chemin pour la collecte des matières premières.

Le problème du voyageur de commerce est un problème d'optimisation combinatoire dont lequel nous disposons d'un réseau de villes. Les villes sont reliées par des qui représentent des distances qui sont données. L'objectif consiste à trouver le plus court chemin qui relie toutes les villes (c'est-à-dire trouver une route qui passe par chaque ville, exactement une fois et revient au point de départ tout en minimisant la distance totale parcourue), comme le montre l'exemple suivant (voir Fig.IV.9 pour illustration) [79]:

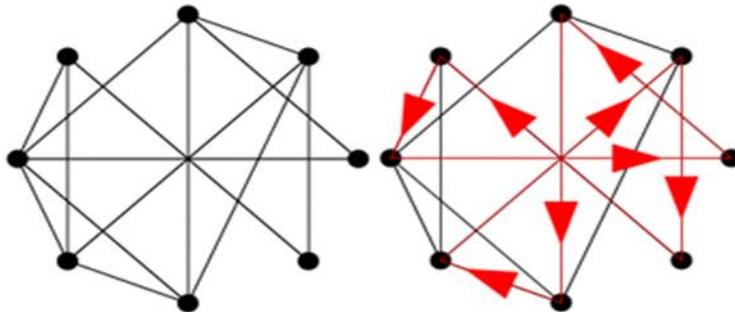


Figure IV.9 : Schéma de chemin de voyageur de commerce.

Étant donné un ensemble de 8 fournisseurs de matières premières séparées par des distances données (voir Fig. IV 10 pour illustration), l'objectif est de trouver le plus court chemin qui relie tous les fournisseurs pour la collecte, qui passe exactement une fois par chaque point et revienne au point de départ c'est l'entreprise.

Chapitre IV : Création d'une entreprise pour le traitement des déchets informatiques



Figure IV.10: Points de collecte (réparateurs + fournisseurs).

Le Tableau IV.7 ci-après montre les points de collecte et le type de point entre les réparateurs et fournisseurs.

Tableau IV.7: Position des points de collecte et le type de chaque point.

Point	Position géographique	Type de point
1	34.8799327522, -1.33647955294	Réparateur
2	34.8868712001, -1.34032389998	fournisseur
3	34.8825858001, -1.3432962	Réparateur
4	34.9199725046, -1.29680072749	Réparateur
5	34.8822680002, -1.31010000006	Fournisseur
6	34.8865199998, -1.33647700007	Fournisseur
7	35.7015982739, -0.631029022828	Réparateur
8	35.7047830995, -0.610950899969	Réparateur

➤ **Distance entre les fournisseurs (réparateurs) en km :**

Chapitre IV : Création d'une entreprise pour le traitement des déchets informatiques

	Fr 1	Fr 2	Fr 3	Fr 4	Fr 5	Fr 6	Fr 7	Fr 8	La zone de départ a Ain Defla
fournisseur 1	0	1.3	1.1	7.5	3	1.2	154	152	3.9
fournisseur 2	1.3	0	0.5	8.2	4	0.8	177	154	3.4
fournisseur 3	2.9	0.55	0	10.1	4.2	0.9	156	155	3.1
fournisseur 4	8.5	8.2	10.1	0	7.8	8	156	154	8.9
fournisseur 5	3	4	4.2	7.8	0	3.2	156	154	7
fournisseur 6	1.2	0.8	0.9	8	3.2	0	155	154	4
fournisseur 7	154	177	156	156	156	155	0	2.1	156
fournisseur 8	152	154	155	154	154	154	2.1	0	155
La zone de départ a Ain Defla	3.9	3.4	3.1	8.9	7	4	156	155	0

IV.3.2.1.4. Résolution du problème

Pour la résolution de ce problème on a utilisé le logiciel LINGO.



LINGO est un outil complet conçu pour rendre la construction et la résolution de modèles d'optimisation linéaires, non linéaires (convexes et non convexes / globaux), quadratiques, à contraintes quadratiques, cônes du second ordre, stochastiques et entiers plus rapides, plus

Chapitre IV : Création d'une entreprise pour le traitement des déchets informatiques

simples et plus efficaces. LINGO fournit un package complètement intégré comprenant un langage puissant pour l'expression de modèles d'optimisation, un environnement complet pour la création et la modification de problèmes, ainsi qu'un ensemble de solveurs intégrés rapides. La dernière version de LINGO 18.0 comprend un certain nombre d'améliorations importantes et de nouvelles fonctionnalités [80].

IV.3.2.1.4.1. Eléments d'un modèle LINGO

Un modèle LINGO est composé de quatre éléments essentiels qui sont les suivants [81]:

- **Les variables** : Une variable représente une valeur qui varie durant l'évolution de l'algorithme. Les variables peuvent être divisées en deux grandes catégories qui sont : les variables générales et les variables binaires.
- **Les contraintes** : Ce sont des formules qui définissent les limites sur les valeurs des variables.
- **Les commentaires** : Dans le modèle, Ils sont représentés avec un point d'exclamation (!) et apparaissent en vert (voir Fig.IV.11).

```
!-----Elimination des sub-tours par plusieurs contraintes;

!---sub-tours de longueur=1;
!@FOR( Ville( I): X(I,I)=0);
!---sub-tours de longueur=2;
!@FOR( Ville( I):
!@FOR( Ville( J): X(I,J)+X(J,I) <= 1));

!-----Elimination des sub-tours par une seule contrainte;
@FOR( Ville( I):
@FOR( Ville( J): J#NE#I .
```

Figure IV.11 : Espace de programmation dans le logiciel LINGO.

- **La fonction objective** : est une formule unique qui décrit exactement ce que le modèle devrait optimiser (voir Figs. IV.12 et IV.13). Cette fonction peut exprimer un profit que nous souhaitons maximiser ou un coût que nous voulons minimiser et pour notre problème c'est pour donner le plus court chemin entre les réparateurs.

Chapitre IV : Création d'une entreprise pour le traitement des déchets informatiques

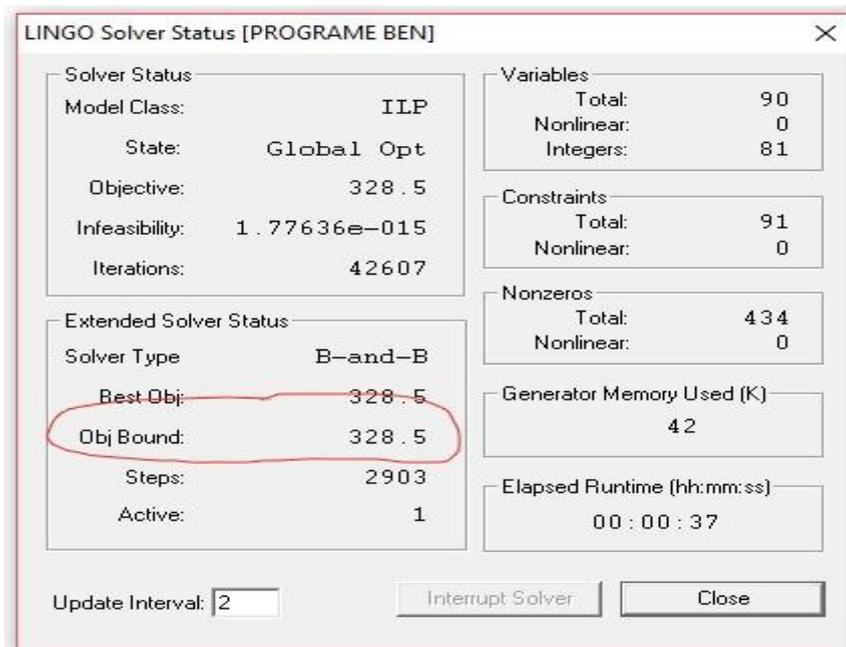


Figure IV.12 : Différents résultats obtenus lors de l'exécution du programme.

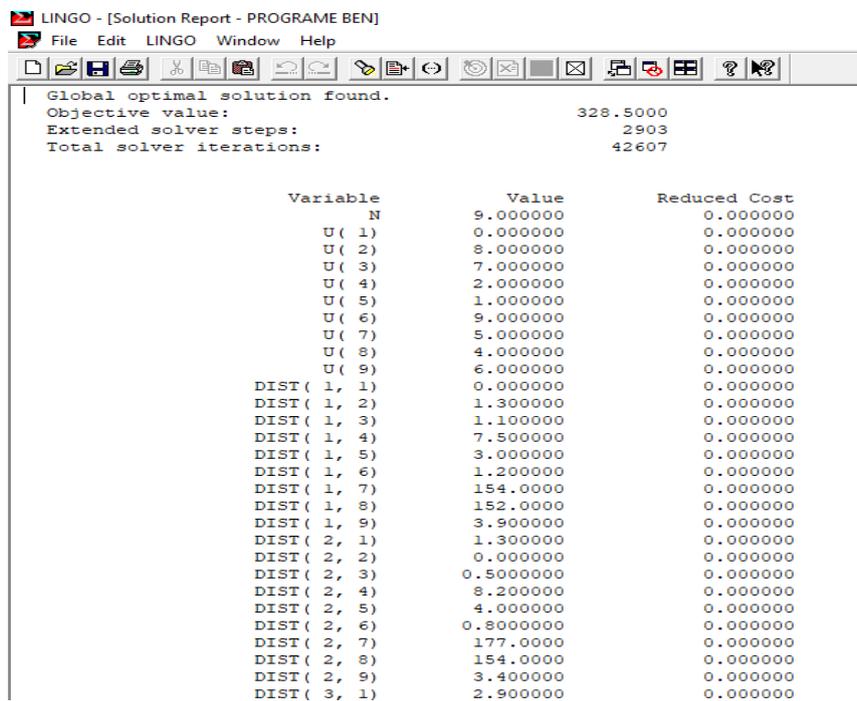


Figure IV.13 : Rapport des résultats obtenus lors de l'exécution du programme.

Chapitre IV : Création d'une entreprise pour le traitement des déchets informatiques

IV.3.2.1.4.2. Traduction des notations mathématiques selon le logiciel LINGO

Afin de proposer un modèle sur LINGO, on devrait savoir ce que signifient certaines notations pour les traduire à la syntaxe de LINGO (Voir Tableau IV.8 ci-dessous pour illustration).

Tableau IV.8 : Notation mathématique

Notation mathématique	Syntaxe LINGO
Minimiser	Min=
Maximiser	Max=
Coût	Coût (i)
$\sum_j a_j$	@sum(a(j))
\forall, a_j	@for (a(j))

- **Variables utilisées:** Il existe plusieurs variables sur LINGO et les plus utilisées sont les suivantes :
 - @GIN: permet de limiter la variable à une valeur entière,
 - @BIN: a pour objectif de transformer la variable en une variable binaire,
 - @FREE: permet à une variable de prendre une valeur réelle: positive ou négative,
 - @BND: permet de définir les bornes supérieure et inférieure spécifique à une variable.

On a utilisé le logiciel LINGO pour résoudre notre problème et ceci pour plusieurs raisons :

- a) Premièrement, LINGO permet de traiter des milliers de variables et des contraintes rapidement, donc utilisable même si la taille du problème est grande.
- b) Deuxièmement, LINGO est un outil facile à utiliser par rapport à d'autres logiciels compliqués et dispose de plusieurs fonctionnalités.

IV.3.2.1.4.3. Formulation mathématique du modèle

1. Paramètres: Ils sont comme suit:

i, j = indices de l'ensemble de fournisseurs.

Dist (i, j) = distance entre le fournisseur i et le fournisseur j .

n = nombre de fournisseurs (1...8).

1.1. Variables de décision: Elles sont comme suit:

$$X_{ij} = \begin{cases} 1 & \text{si le camion visite le fournisseur } i \text{ et le fournisseur } j \\ 0 & \text{sinon} \end{cases}$$

Le problème consiste à minimiser la longueur du cycle du camion selon les fournisseurs.

Chapitre IV : Création d'une entreprise pour le traitement des déchets informatiques

1.2. Fonction objective: Elle est comme suit:

$$\text{Minimiser } Z = \sum_{i=0}^n \sum_{j=0}^n x_{ij} * d_{ij} \quad (1)$$

1.3. Contraintes sont les suivantes: Elles sont les suivantes

$$\sum_{i=0}^n x_{ij} = 1, j=1 \dots n \quad (2)$$

$$\sum_{j=0}^n x_{ij} = 1, i=1 \dots n \quad (3)$$

Les deux contraintes (2) et (3) assurent que le camion n'entre et ne sorte qu'une seule fois par le sommet au fournisseur (réparateur).

$$\sum_{j \in S} x_{ij} \leq |S| - 1 \text{ Pour tout } S \text{ de } N \quad (4)$$

La contrainte (4) élimine tous les Sub-tournées possibles au sein d'une tournée.

$|S|$ représente le nombre de sommets faisant partie d'une sub-tournée potentielle composée de clients. Cette contrainte doit être décrite pour tous les sous-ensembles S de N .

$$x_{ij} \in \{0,1\} \forall i,j / i, j \in \{1, \dots, n\} / i \neq j \quad (5)$$

La contrainte (5) assure que les variables sont binaires.

IV.3.2.1.4.4. Modèle LINGO de ce problème

```
MODEL:
SETS:
    fournisseurs / 1.. 9/: U; ! U( I ) = le numéro de la séquence des
    fournisseurs;
    LINK(fournisseur, fournisseur ):
        DIST, ! La matrice des distances;
        X; ! X( I, J ) = 1 si le lien I, J est utilisé;
ENDSETS
DATA:
    !La matrice des distance doit être souvent symétrique;
    DIST =
        0 1.3 1.1 7.5 3 1.2 154 152 3.9
        1.3 0 0.5 8.2 4 0.8 177 154 3.4
        2.9 0.5 0 10.1 4.2 0.9 156 155 3.1
        8.5 8.2 10.1 0 7.8 8 156 154 8.9
        3 4 4.2 7.8 0 3.2 156 154 7
        1.2 0.8 0.9 8 3.2 0 155 154 4
        154 177 156 156 156 155 0 2.1 156
        152 154 155 154 154 154 2.1 0 155
        3.9 3.4 3.1 8.9 7 4 156 155 0;
ENDDATA

N = @SIZE( fournisseur );

MIN = @SUM( LINK: DIST * X);

@FOR( fournisseur( K):
@SUM( fournisseur( I) | J#NE#I: X( I, K)) = 1; !Arc entrant;

@SUM(vendeur( J) | J#NE#I: X( K, J)) = 1; !Arc sortant;
);

@FOR( LINK: @BIN( X));
```

Chapitre IV : Création d'une entreprise pour le traitement des déchets informatiques

END

IV.3.2.1.4.4.1. Interprétation du modèle

On remarque que la solution obtenue à partir des résultats (voir Tableau IV.9) et présentée au Tableau IV.10 au-dessous, est réalisable et optimale. Notons que la zone industrielle d'Ain Defla est le point de départ (point 9) en passant respectivement par les fournisseurs 3, 2, 6, 1, 5, 4, 8, et 7 pour terminer le parcours, et après retour au point de départ à Ain Defla pour finir la collecte des déchets.

Tableau IV.9: Rapport de résultats obtenus de l'exécution du programme.

Variable	Value	Value
DIST (9, 9)	0.000000	0.000000
X (1, 1)	0.000000	0.000000
X (1, 2)	0.000000	1.300000
X (1, 3)	0.000000	1.100000
X (1, 4)	0.000000	7.500000
X (1, 5)	1.000000	3.000000
X (1, 6)	0.000000	1.200000
X (1, 7)	0.000000	154.0000
X (1, 8)	0.000000	152.0000
X (1, 9)	0.000000	3.900000
X (2, 1)	0.000000	1.300000
X (2, 2)	0.000000	0.000000
X (2, 3)	0.000000	0.500000
X (2, 4)	0.000000	8.200000
X (2, 5)	0.000000	4.000000
X (2, 6)	1.000000	0.800000
X (2, 7)	0.000000	177.0000
X (2, 8)	0.000000	154.0000
X (2, 9)	0.000000	3.400000
X (3, 1)	0.000000	2.900000
X (3, 2)	1.000000	0.500000
X (3, 3)	0.000000	0.000000
X (3, 4)	0.000000	10.10000
X (3, 5)	0.000000	4.200000
X (3, 6)	0.000000	0.900000
X (3, 7)	0.000000	156.0000
X (3, 8)	0.000000	155.0000
X (3, 9)	0.000000	3.100000
X (4, 1)	0.000000	8.500000
X (4, 2)	0.000000	8.200000
X (4, 3)	0.000000	10.10000
X (4, 4)	0.000000	0.000000
X (4, 5)	0.000000	7.800000
X (4, 6)	0.000000	8.000000
X (4, 7)	0.000000	156.0000
X (4, 8)	1.000000	154.0000
X (4, 9)	0.000000	8.900000
X (5, 1)	0.000000	3.000000
X (5, 2)	0.000000	4.000000

L'ordre de passage sur ces fournisseurs, est représenté par les $U(i)$ dont les variables ont les valeurs suivantes:

Chapitre IV : Création d'une entreprise pour le traitement des déchets informatiques

Tableau IV.10: Ordre de passage des fournisseurs.

U (1)	U (2)	U (3)	U (4)	U (5)	U (6)	U (7)	U (8)	U (9)
4	2	1	6	5	3	8	7	0
4 ^{ème} fournisseur de la matière première	2 ^{ème} fournisseu r de la matière première	1 ^{ier} fournisseu r de la matière première	6 ^{ème} fournisse ur de la matière première	5 ^{ème} fourniss eur de la matière premièr e	3 ^{ème} fournisse ur de la matière première	8 ^{ème} fournisseu r de la matière première	7 ^{ème} fournisse ur de la matière première	Point de départ

IV.3.2.2. Etapes de traitement

Une fois revenu des différents points de collecte des déchets informatiques, le camion entame le déchargement des déchets sur le sol de l'entreprise pour qu'ils soient envoyés vers le processus du traitement pour séparer les pièces les unes des autres (voir Fig. IV.14).



Figure IV.14 : Stockage de la matière première (≡ déchets informatiques).

IV.3.2.2.1. Tests du matériel collecté

L'étape du test (voir Fig. IV.15 pour illustration) est très importante car elle permet de classer les différents traitements des ordinateurs en cinq catégories :

- **Réutilisation:** Elle est basée sur la récupération et la vente des produits utilisés ou leurs composants initialement conçus.
- **Entretien:** C'est une étape basée sur l'utilisation d'un produit après la réparation ou l'entretien.

Chapitre IV : Création d'une entreprise pour le traitement des déchets informatiques

- **Re-fabrication :** C'est le processus d'élimination des parties spécifiques du produit de déchets et la réutilisation par les réparateurs.
- **Recyclage:** Il concerne la récupération du matériel et le retraitement de ces composants pour les utiliser comme matière première dans la production de nouveaux produits.

Chapitre IV : Création d'une entreprise pour le traitement des déchets informatiques

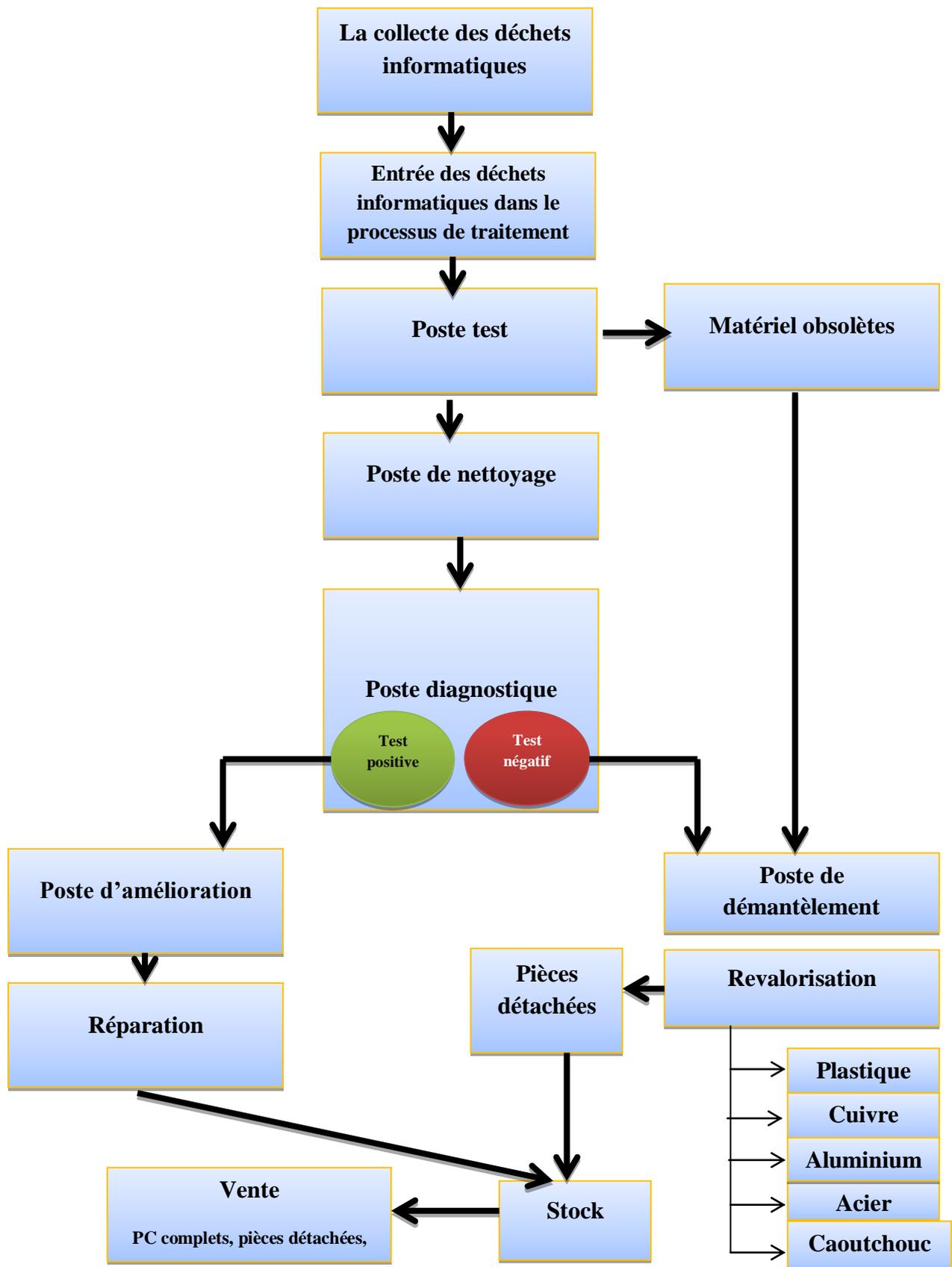


Figure IV.15 : Processus de traitement les déchets informatiques.

Chapitre IV : Création d'une entreprise pour le traitement des déchets informatiques

IV.3.2.2.2. Nettoyage du matériel collecté

Après le test, si les ordinateurs sont en fin de vie, ils passeront directement par l'étape de démantèlement. Sinon, ils passeront par le poste de nettoyage afin de subir l'étape de diagnostic.

IV.3.2.2.3. Diagnostic des déchets informatiques

Comparée au 1^{ier} test qui est général, cette étape comprend des tests bien spécifiques permettant de savoir si les pièces détachées sont en bon état ou non. Si ces dernières sont en bon état, elles passeront par le poste d'amélioration sinon par le poste de démantèlement.

IV.3.2.2.4. Démantèlement du matériel en fin de vie

Si le test est négatif, le matériel passe par le démantèlement. C'est une étape très importante, car elle permet de séparer les pièces des composants dangereux et non dangereux. Cette opération sera réalisée manuellement par des opérateurs due à des contraintes budgétaires.

Trois opérateurs se placent devant un tapis dont ils contrôlent le flux, pour démonter les composants des ordinateurs (voir Fig. IV. 16) et retirer les câbles, les cartes mères, les écrans, les souris, les unités centrales. Les composants polluants sont ensuite placés dans des caisses spéciales, pour être récupérés et traités par des entreprises spécialisées. Pour réaliser ce travail qui est la mission principale de notre entreprise, chaque opérateur doit bien connaître les composants des ordinateurs ainsi que leurs différentes pièces/éléments constitutants pour les retirer, tels que: l'acier, aluminium, cuivre, caoutchouc, plastique, etc. Le dernier continue sa route vers le broyeur.



Figure IV.16 : Démantèlement des ordinateurs par des opérateurs au poste de travail.

Chapitre IV : Création d'une entreprise pour le traitement des déchets informatiques

IV.3.2.2.5. Broyage

Comme il a été précisé précédemment, le plastique passera sur toute la longueur des cylindres composant d'un broyeur, pour être broyés sous forme de petits grains très demandés par des entreprises de plastique, ceci permettra à notre entreprise d'améliorer ses performances budgétaires.

IV.3.2.2.6. Poste d'amélioration

Si le test est négatif, le matériel passera par le poste d'amélioration pour réparer soit l'ordinateur lui-même, soit ses pièces, afin d'augmenter le profit de l'entreprise.

IV.3.2.2.7. Stockage et vente du matériel et des pièces détachées

Finalement, le matériel et les pièces détachées obtenus seront stockés dans des récipients spéciaux : sacs, bidons, caisses, etc. (voir Fig. IV.17 pour illustration), pour être vendus à des entreprises utilisatrices de ces produits.



Figure IV.17: Stock de pièces détachées dans le magasin de stockage.

IV.3.3. Etude organisationnelle et institutionnelle

L'aspect organisationnel et institutionnel joue un rôle très important dans l'étude de conception interne de l'entreprise car l'administration et la gestion peuvent paraître comme une condition nécessaire quant à la réussite ou à l'échec d'un projet.

Chapitre IV : Création d'une entreprise pour le traitement des déchets informatiques

IV.3.3.1. Etude organisationnelle

Elle s'articule autour de l'environnement au sein d'une organisation. D'après la définition : une organisation est la création d'un ordre qui permet de rationaliser les procédures et d'attribuer clairement les responsabilités en matière de prise de décisions et de répartition de tâches [82].

Cette analyse permet de tirer des premières conclusions sur le fonctionnement économique et rentable de l'organisation et management durable de l'entreprise

La structure de l'organisation n'est pas une opération isolée et indépendante, elle doit en effet être conçue en fonction de la finalité du projet. La Fig. IV.19 Au-dessous c'est la structure administrative de notre entreprise qui sera représenté dans l'organigramme de la structure administrative de notre entreprise.

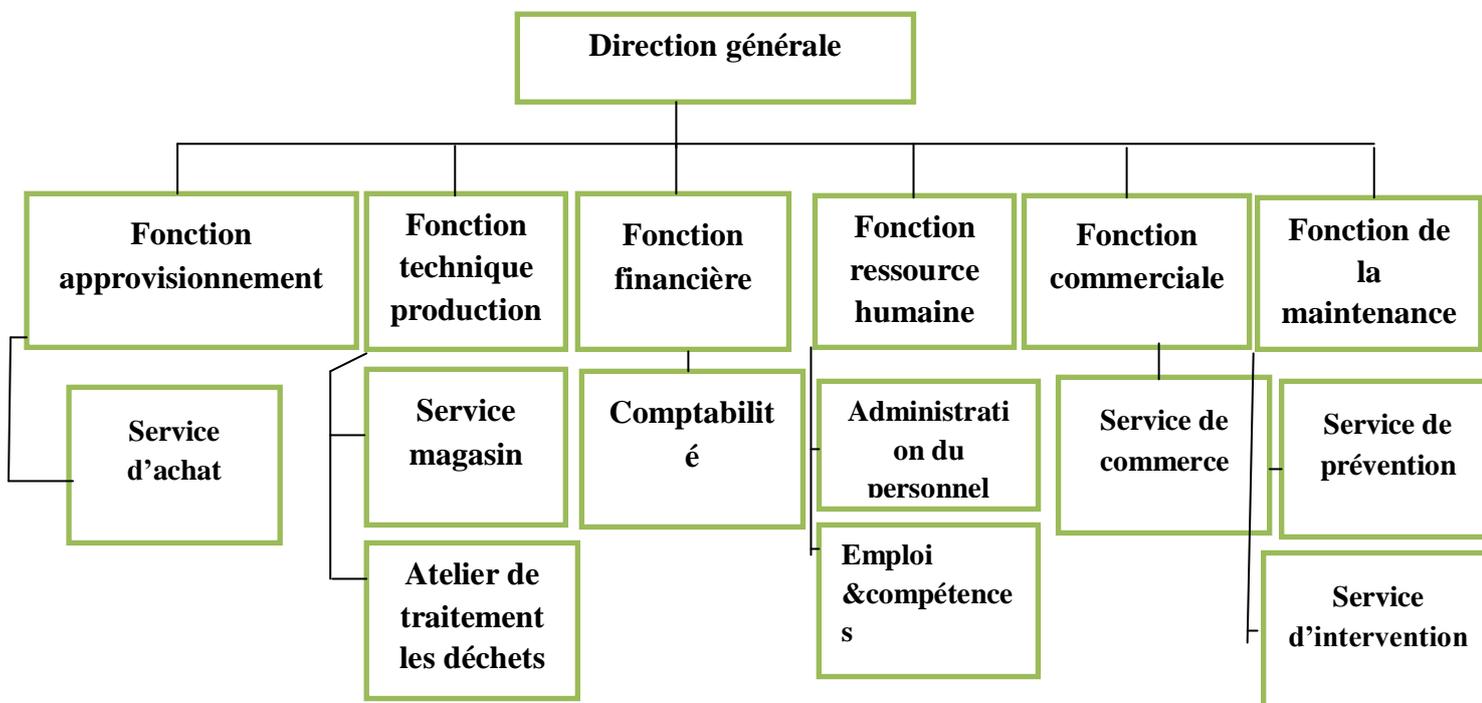


Figure IV.18 : Organigramme de l'entreprise.

- a) **Fonction approvisionnement** : Les flux d'approvisionnement correspondent aux livraisons de produits dans le stock. Ces livraisons sont assurées par nos fournisseurs extérieurs de notre entreprise. La gestion de ce système répond à des deux objectifs :
 - Minimiser les coûts liés aux stocks et aux approvisionnements.
 - Eviter la rupture de stocks c'est-à-dire recherche d'un stock suffisant.
- b) **Fonction technique production** : C'est le département qui est responsable de tout le processus de production dans notre entreprise. Il sert à effectuer des tests et des

Chapitre IV : Création d'une entreprise pour le traitement des déchets informatiques

contrôles des machines et des produits, et définir les tâches et les temps de traitement afin de réaliser les tâches conformément au plan de production.

- **Service magasin:** Il assure la réception et la coordination des produits, aussi, il sert à préparer et distribuer les marchandises. Dans la gestion de stock, ce service contrôle le volume et la qualité des approvisionnements. Dans la logistique, il sert à gérer le transport des produits sélectionnés. Son oublié de gérer le budget de son secteur.
- **Atelier de traitement des déchets:** Il est composé de tâches/opérations exécutées par des opérateurs qualifiés pour faire le démantèlement des ordinateurs manuellement, après diagnostic général. Les différents composants et leurs constituants pièces/éléments seront mis à la vente aux entreprises spécialisées.

c) **Fonction financière :** Dans notre entreprise, le département de finances ne se résume pas seulement au chiffre d'affaires, il a pour objectifs de contrôler les activités financières comme suit:

- Assurer que tous les projets d'investissements affectent les conditions de rentabilité et permettent d'augmenter la valeur de l'entreprise.
- Assurer que l'entreprise n'ait ni une insuffisance de capitaux, ni un excès de ressources qui gênent son fonctionnement.
- Réduire le coût financier de l'entreprise en optant pour une structure optimale de financement.
- Gérer les actifs financiers de l'entreprise.

d) **Fonction ressource humaine :** Ce département a pour mission de faire en sorte que l'organisation dispose du personnel nécessaire à son fonctionnement c'est-à-dire un bon personnel au bon moment pour une bonne tâche, et que ce personnel fasse de son mieux pour améliorer les performances de l'entreprise. Les missions de ce département sont comme suit :

- La gestion du recrutement et de l'intégration,
- La gestion des rétributions, la gestion des carrières et des compétences,
- La gestion des formations,
- La gestion sociale.

e) **Fonction commerciale:** Ce service englobe des activités commerciales permettant à :

- De mise à disposition (les transports, les livraisons).
- De mise en valeur (la présentation, la communication).

f) **Fonction de la maintenance:** La maintenance permet de diminuer les risques d'accidents industriels. Cette fonction a pour mission de maintien ou la réparation

Chapitre IV : Création d'une entreprise pour le traitement des déchets informatiques

d'équipements afin d'assurer la production. Les missions d'un technicien résident autour d'actions de dépannage, réparation, vérification, contrôle, déclassement, réforme et gestion, pour améliorer la qualité des interventions, et optimiser les coûts des maintenances donc éviter les pertes de temps.

Pour notre entreprise, le poste de maintenance présente une place importante: il permet de conserver le potentiel du matériel, et prenant en considération de nouveaux paramètres (qualité, sécurité, coût, environnement) pour assurer la continuité de la production et une amélioration continue de notre entreprise.

Le Tableau IV.11 suivant présente la fonction, le rôle de chaque personne de l'entreprise, ainsi que leur nombre.

Chapitre IV : Création d'une entreprise pour le traitement des déchets informatiques

Tableau IV.11: Fonction de chaque personne de l'entreprise.

Fonction	Rôle	Effectif
Direction générale	<ul style="list-style-type: none"> - Management global de l'entreprise - Gestion et pilotage de l'entreprise 	1
Comptable	Rassemblement, coordination et vérification les données comptables.	1
Responsable de la GRH	Gestion du personnel	1
Responsable de la production	<ul style="list-style-type: none"> - Organise, planifie et suit la production pour atteindre les objectifs définis - Amélioration des processus de production afin d'améliorer la productivité 	1
Magasinier	Gestion des flux réceptionnés du magasin	1
Electromécanicien de maintenance	<ul style="list-style-type: none"> - Installation de courant - Gérer les pannes 	1
Opérateurs pour le test général	Assurer le test général du matériel	1
Opérateurs pour nettoyage et diagnostique	Savoir rendre compte d'un matériel au service maintenance, et savoir les résoudre	1
Opérateurs pour le démantèlement	Démantèlement des déchets informatiques et dépollution des substances dangereuses	3
Opérateurs pour broyage	Broyer le plastique a des gains	1
Opérateurs pour la réparation	Réparer le matériel s'il est en mauvais état	1
Agent de sécurité	Assurer la sécurité de l'entreprise durant toute la journée.	1
Chauffeurs	Conduite de camion de collecte des déchets	1

Chapitre IV : Création d'une entreprise pour le traitement des déchets informatiques

IV.3.3.2. Etude institutionnelle

Elle est basée sur le choix de statut juridique de notre entreprise, pour un succès dans le domaine commercial et éviter de tomber dans le puits de risque. C'est pour ça, le choix du statut juridique est une problématique pour tous les créateurs et repreneurs d'entreprises. Il n'existe pas de statut juridique idéal mais simplement un statut juridique adapté à la situation de chaque entrepreneur, en fonction de ses souhaits, de la nature et de l'importance de son projet [83].

Voici les critères de choix à prendre en compte pour sélectionner le statut juridique de notre entreprise.

IV.3.3.2.1. Volonté de s'associer

Le choix du statut juridique d'une entreprise dépend, en premier lieu, du nombre de personnes contribuant au projet de création d'entreprise (ou de reprise d'entreprise). Lorsque le porteur de projet souhaite travailler seul, il pourra opter pour les statuts juridiques suivants [83]:

- Auto-Entreprise (AE) ;
- Entreprise Individuelle (EI) ;
- Entreprise Individuelle à Responsabilité Limitée (EIRL) ;
- Entreprise Unipersonnelle à Responsabilité Limitée (EURL) ;
- Société par Actions Simplifiée Unipersonnelle (SASU) ;

L'un des avantages d'avoir recours à une EURL ou à une SASU (outre le fait qu'elle permet de protéger le patrimoine des associés) réside dans le fait qu'il sera possible de faire entrer ultérieurement d'autres associés sans envisager une transformation de la société (et subir les conséquences fiscales induites) [83].

A l'inverse, l'auto-entreprise est un statut ultra-simplifié qui permet de « tester une activité » sans surcoût à la création et à la fermeture dans l'hypothèse où elle ne démarre jamais [83].

Si le porteur de projet souhaite s'associer à d'autres personnes, il devra obligatoirement opter pour une structure sociétale ; dont voici les plus courantes :

- Société A Responsabilité Limitée (SARL),
- Société par Actions Simplifiée (SAS),
- Société Anonyme (SA),
- Société en Nom Collectif (SNC),
- Société d'Exercice Libéral (SEL),

IV.3.3.2.2. Protection du patrimoine

Lorsque l'entrepreneur dispose d'un patrimoine privé qu'il souhaite mettre à l'abri des aléas de son activité professionnelle, il peut s'orienter vers [83]:

- Une structure en nom propre :
 - l'EIRL en composant soigneusement son patrimoine affecté,
 - l'Auto-Entreprise avec option pour l'EIRL,
- Une forme sociétale dans laquelle la responsabilité est limitée au montant des apports :
 - La SARL ou l'EURL,
 - La SAS ou la SASU,
 - La SA...

Chapitre IV : Création d'une entreprise pour le traitement des déchets informatiques

Dans ce cas, il conviendra de veiller à ne pas opter pour une structure dans laquelle les associés sont responsables indéfiniment et solidairement des dettes sociales (dispositions prévues pour la Société en Nom Collectif – SNC – par exemple) [83].

IV.3.3.2.3. Ampleur du projet

Certains statuts juridiques sont plus appropriés que d'autres en fonction de la dimension du projet. En effet, ceux qui nécessitent des investissements importants (et donc des financements considérables) sont généralement envisagés au sein de sociétés de capitaux comme la société par actions simplifiée (SAS) ou la société anonyme (SA) [83].

IV.3.3.2.4. Régime social du dirigeant

A chaque statut juridique correspond un régime social pour le dirigeant. Ce dernier pourra, soit être assimilé salarié, soit être non salarié :

Le gérant majoritaire d'une SARL/EURL, le chef d'entreprise d'une entreprise individuelle, d'une EURL ou encore tous les associés d'une SNC sont considérés comme « travailleurs non-salariés (TNS) » et cotisent à des caisses spéciales (le RSI pour les commerçants/artisans, la MSA pour les agriculteurs et l'URSSAF, la maladie et la vieillesse pour les professionnels libéraux) [83].

Les assimilés salariés bénéficient d'une meilleure protection sociale que les non-salariés en matière de remboursement de soins et de retraite mais leur coût est également plus important pour l'entreprise. Cet écart de protection s'en trouve de plus en plus réduit grâce à la faculté, pour les non-salariés, de souscrire auprès de compagnies privées des contrats déductibles des bénéfices de l'entreprise (contrats Madelin par exemple) et couvrant une multitude de risques [83].

IV.3.3.2.5. Régime fiscal de l'entreprise

Au même titre qu'en matière sociale, chaque statut juridique possède son propre régime fiscal de base, avec parfois la possibilité d'opter pour un autre mode d'imposition des bénéfices [83].

Il existe deux modes d'imposition des bénéfices qui sont comme suit:

- ✓ **Impôt sur le revenu** : Ce sont ses associés qui vont acquitter l'impôt en leur nom et pour leur compte. Selon la nature de la profession (commerçant, artisan, agriculteur ou professionnel libéral). Voici les structures soumises à l'impôt sur le revenu [83]:
 - l'EURL lorsque son associé est une personne physique (possibilité d'option à l'impôt sur les sociétés de manière irrévocable).
 - l'entreprise individuelle.
 - l'EURL (possibilité d'option à l'impôt sur les sociétés de manière irrévocable).

Chapitre IV : Création d'une entreprise pour le traitement des déchets informatiques

- la SNC (possibilité d'option à l'impôt sur les sociétés de manière irrévocable).
- ✓ **Impôt sur les sociétés:** Dans ce cas, c'est la société qui s'acquitte de l'impôt. Les associés qui souhaitent percevoir le fruit de leur investissement devront procéder à une distribution de dividendes et seront imposés à l'impôt sur le revenu ainsi qu'aux prélèvements sociaux. Voici les structures soumises à l'impôt sur les sociétés [83]:
 - l'EURL lorsque l'associé est une personne morale ;
 - la SARL (possibilité d'option à l'impôt sur le revenu pour les SARL de famille ou option temporaire pour le régime fiscal des sociétés de personnes sous conditions) ;
 - la SAS ou la SASU (option temporaire pour le régime fiscal des sociétés de personnes sous conditions) ;
 - la SA (option temporaire pour le régime fiscal des sociétés de personnes sous conditions).

IV.3.3.2.6. Autres critères: Il existe d'autres à prendre en compte pour choisir le statut juridique de son entreprise:

- **Activités réglementées :** L'exercice de certaines activités suppose le recours à un statut juridique imposé par la Loi. Les débits de tabac doivent obligatoirement être exploités au sein d'une SNC ou d'une entreprise individuelle.
- **Crédibilité vis-à-vis des partenaires (clients, fournisseurs, banque...)** :L'accession à certains marchés requiert parfois la constitution d'une société avec un capital conséquent, ne serait-ce que pour bénéficier d'une certaine crédibilité envers les partenaires de celle-ci. Les entreprises d'exercice en nom propre (AE, EI, etc.) manquent, malheureusement, parfois de crédibilité sur le marché.

Pour conclure, il n'existe pas de statut juridique idéal, parfait, mais plutôt un statut juridique approprié aux caractéristiques d'un projet, et à adapté la situation de l'entrepreneur ou bien créateur de l'entreprise. Si pour ça d'après l'étude des critères de choix du statut juridique de notre entreprise, on a choisi Entreprise Unipersonnelle à Responsabilité Limitée (EURL) car :

Il s'agit d'une SARL qui ne comporte qu'un associé. Ces deux formes juridiques partagent donc de nombreuses caractéristiques.

- **Associé(s) :** Une (personne physique ou morale).
- **Responsabilité de l'associé ou des associés :** Limitée à ses apports, sauf fautes de gestion s'il est aussi gérant.
- **Dirigeant(s) :** Un ou plusieurs gérants (personnes physiques), dont l'associé peut (ou non) faire partie.
- **Responsabilité du ou des dirigeant(s) :** Responsabilité civile et pénale.
- **Capital social :** Libre, en fonction de la taille et des besoins de la société.
- **Régime social :** Si le gérant est aussi l'associé unique, il est considéré comme travailleur non salarié. Sinon, le gérant est assimilé-salarié.

Chapitre IV : Création d'une entreprise pour le traitement des déchets informatiques

- **Imposition des bénéficiaires :** Impôt sur le revenu de l'associé unique s'il s'agit d'une personne physique (avec possibilité de choisir l'impôt sur les sociétés). Si l'associé est une personne morale, impôt sur les sociétés.

IV.3.4. Etude financière

Une bonne gestion financière doit contrôler le flux financier à l'intérieur de l'entreprise afin de mieux appréhender la situation de cette dernière par rapport aux charges et dépenses. La gestion financière se base sur des outils financiers, l'analyse des comptes et la procédure de l'élaboration budgétaire.

En règle générale, l'étude financière est un signe de réussite, Il s'agit d'un véritable levier de réflexion et de maîtrise qui traite des aspects moins chiffrables tels que l'humain, la gestion commerciale, la stratégie, l'organisation interne, l'environnement concurrentiel, la volonté de développement. La plus part de temps, la gestion financière, qu'elle concerne une entreprise ou un individu assure les tâches suivantes :

- ✓ L'administration ou la vente : facturation, sécurité des paiements, etc.
- ✓ Le recouvrement.
- ✓ La comptabilité : trésorerie.
- ✓ Le contrôle de gestion : vision financière, processus structurel, etc.

Afin de réaliser notre projet de traitement des déchets informatiques, on a utilisé la méthode d'estimation du coût des ressources: soit humaines soit matériel, pour estimer le coût total du projet. (Voir Tableaux IV.12-13 pour illustration).

Chapitre IV : Création d'une entreprise pour le traitement des déchets informatiques

Tableau IV.12: Estimation mensuelle des charges salariales des employés.

Personne	Prix (DA)	Effectif	Prix total
Directeur générale	100.000	1	100.000
Comptable	32.000	1	32.000
Responsable de la GRH	32.000	1	32.000
Responsable de la production	42.000	1	42.000
Magasinier	15.000	1	15.000
Electromécanicien de maintenance		1	
Opérateurs pour le test général	15.000	1	15.000
Opérateurs pour nettoyage et diagnostique	30.000	1	30.000
Opérateurs pour le démantèlement	20.000	3	
Opérateurs pour broyage	20.000	1	20.000
Opérateurs pour la réparation	15.000	1	15.000
Agent de sécurité	12.000	1	12.000
Chauffeurs	28.000	1	28.000
Total	/	/	341.000

Chapitre IV : Création d'une entreprise pour le traitement des déchets informatiques

Tableau IV.13: Estimation des coûts de matériels.

Matériel	Prix unitaire	Quantités	Prix total (DA)
Matériel informatique (avec les pc des tests)	68.900	7	482.300
Bureaux et accessoires	5000	10 Bureaux	57.500
	1500	5 chaises	
Bac à ordure	16.000	4	64.000
Installation d'électricité	/	/	24.000
Installation d'eau	/	/	21.000
Balance de 10 kg à 1 tonne	62.712	1	62.712
Convoyeur à bande (démantèlement) de largeur 700 mm, et longueur inférieure à 6m (10 convoyeur)	64.186	10	641.860
Broyeur à lame, vertical, pour matières plastiques de débit : Max: 150 kg/h.	61.232	1	61.232
Caisse	1326,60	1	1326,60
Achat du Camion Kilométrage : 1000 Km	600.000	1	600.000
Total	880.856,6	40	2.015.930,6

Chapitre IV : Création d'une entreprise pour le traitement des déchets informatiques

Après ces estimations de toutes les ressources soit humaines ou bien matériels le projet estimé totalement de: **2.356.930,6**. Et avec la location de l'entreprise qui coûte de 8 millions/moins c'est-à-dire **96 millions/année**. Donc le coût total de la création de cette entreprise est de: **3.316.930,6 DA**.

IV.3.4.1. Remboursement de l'argent à la banque

En premier temps, notre capitale de 3.316.930,6 DA estimé pour notre projet est subventionnée par l'ENSEJ 29%, la banque choisie 70% et par moi-même 1% avec un taux d'intérêt de 4%, et le remboursement se fait en 10 ans.

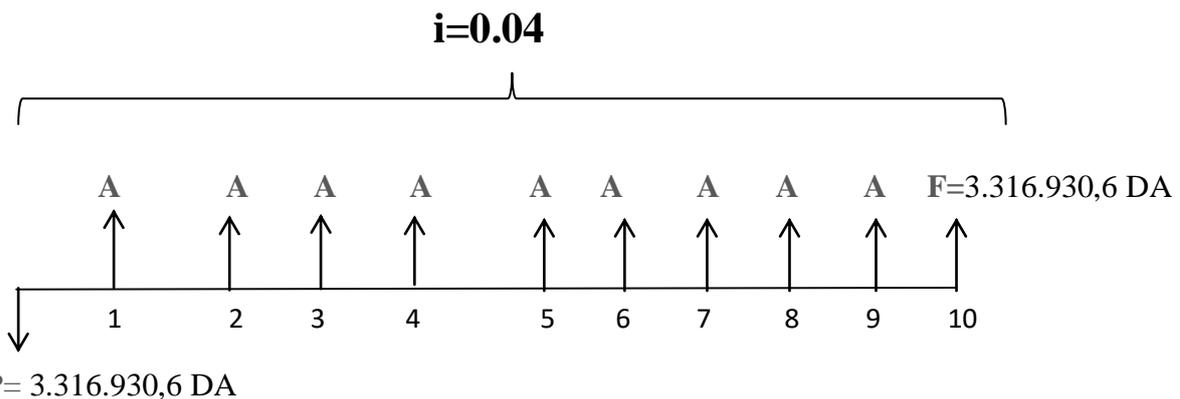
Quel l'est annuités constantes A si on connaît la valeur de présent sur des périodes de remboursement ?

On peut calculer A tel que:

- i = taux d'intérêt (01 an par défaut) $\longrightarrow i = 0.04$
- N = nombre d'année ou de période $\longrightarrow N = 10$ ans
- P = principal ou valeur présente ou valeur initiale. On appelle présent la date de référence à $t=0$ $\longrightarrow P = 3.316.930,6$ DA
- F = valeur future. Valeur dans un temps de N période $\longrightarrow F = 3.316.930,6$ DA

Donc les calculs de annuités constantes A c'est :

$$A = F (A/F, i, N) = p \frac{i*(1+i)^N}{(1+i)^N - 1} = 3.316.930,6 \frac{0.04*(1+0.04)^{10}}{(1+0.04)^{10} - 1} = \mathbf{408.947,505DA}$$



En conclusion, il faut rembourser 408.947,505 DA chaque année afin de terminer un emprunt de 3.316.930,6 DA sur 10 années.

Chapitre IV : Création d'une entreprise pour le traitement des déchets informatiques

IV.4. Conclusion

Dans ce chapitre, on a présenté une étude de faisabilité pour la création d'une entreprise de traitement des déchets informatiques. Les différentes étapes pour sa concrétisation sur le terrain ont été présentées en intégrant tous les aspects technico-commerciaux et environnementaux.

Conclusions générales et perspectives

Conclusions et perspectives

Les déchets informatiques ont toujours été reconnus comme un problème dû à leurs impacts environnementaux négatifs.

Notre projet s'est orienté vers l'étude et réflexion pour la création d'une entreprise de traitement de déchets informatiques, en particulier, les micro-ordinateurs fixes et portables obsolètes en fin de vie.

Des problèmes avaient surgi au début de notre étude mais qui s'étaient réglés à la fin d'où les bons résultats de la démarche suivie tout au long de ce travail. L'un des problèmes rencontré en pratique concernait le questionnaire soumis à un échantillon de réparateurs qui n'a pas donné tous les informations recherchées et souhaitées.

On peut affirmer que le nouveau projet, présente des performances intéressantes à tous les niveaux économiques, sociales et environnementaux. Ce qui nous a réconforté et encouragé est la présence d'une entreprise de traitement des déchets informatiques dans notre pays et à Blida précisément. Notre idée sur le sujet était donc à sa place.

Dans ce contexte, on souhaite concrétiser ce projet réellement, mais il reste du chemin pour terminer cette étude car ce domaine est vaste et la période allouée à son étude est insuffisante pour la mener à terme.

Comme perspective, nous comptons faire une étude pour la création d'une entreprise pour le traitement de divers déchets informatiques, électroniques et électriques.

Références bibliographiques

- [1] <https://owl-ge.ch/travaux-d-eleves/article/impact-de-la-production-des-dechets-sur-l-environnement>.
- [2] <https://www.ademe.fr/entreprises-monde-agricole/reduire-impacts/reduire-cout-dechets/dossier/dechets/quest-quun-dechet>.
- [3] https://www.actuenvironnement.com/ae/dictionnaire_environnement/definition/dechet.ph4
- [4] <https://www.futura-sciences.com/planete/definitions/developpement-durable-dechet-5725/>.
- [5] <https://owl-ge.ch/travaux-d-eleves/2011-2012/article/impact-de-la-production-de-dechets-sur-la-sante>.
- [6] Bennama Tahar, Les bases de traitement des déchets solides, Polycopié de Cours à l'usage des étudiants de Master & Licence en Génie des Procédés, Génie de l'Environnement et Chimie de l'Environnement, Janvier 2016, pp : 13.
- [7] <http://www.groupebouffard.com/fr/effet-des-dechets-dans-la-nature/#top>.
- [8] <https://www.futura-sciences.com/planete/dossiers/pollution-dechets-plastique-mer-septieme-continent-1898/page/4/>.
- [9] <http://environnement.mongroupe.ca/la-pollution-et-les-dechets>.
- [10] <http://bernard.lefort.pagesperso-orange.fr/profprincipal/sujets/Pollution-dechets-solides.pdf>.
- [11] <http://www.economiedenergie.fr/Les-dechets--leur-gestion.html>.
- [12] Jonathan Guillaume, Thomas Vander Beck, Le traitement des déchets, Elocution présentée au cours de biologie par deux élèves de cinquième année, 2003-2004.
- [13] Bruno Debray, Systèmes d'aide à la décision pour le traitement des déchets industriels spéciaux, HAL archives-ouvertes.fr, Prise : 7 aout 2013, <https://tel.archives-ouvertes.fr/tel-00850534>. , pp : 26.
- [14] https://fr.wikipedia.org/wiki/Gestion_des_d%C3%A9chets.
- [15] <https://meusehautemarne.andra.fr/le-projet-cigeo>.
- [16] https://fr.wikipedia.org/wiki/D%C3%A9chet_ultime.
- [17] https://fr.wikipedia.org/wiki/Mati%C3%A8re_organique.
- [18] https://fr.wikipedia.org/wiki/Pluie_acide.

Références bibliographiques

- [19] https://fr.wikipedia.org/wiki/Nappe_phr%C3%A9atique.
- [20] KottiKhouloud, ZouariAlaeddine, Benabdelhafid Abdellatif, La gestion des déchets informatiques dans un cadre d'économie circulaire: cas des entreprises tunisiennes, Logistiqua, 2016, pp: 526-542.
- [21] S. Schwarzer, A. De Bono, G. Giuliani, S. Kluser, P. Peduzzi, Les déchets électroniques, la face cachée de l'ascension des technologies de l'information et des communications, Bulletin d'Alerte Environnementale, Janvier 2005, pp: 1.
- [22] ADEME (l'Agence de l'Environnement et de la Maîtrise de l'Énergie), Rapport annuel : équipements électriques et électroniques, 2010, Site Web de l'ADEME, [En ligne]. <http://www2.ademe.fr/servlet/getDoc?cid=96&m=3&id=73930&p1=00&p2=05&ref=17597>.
- [23] Charles Becker, Haïdar El Ali, Les déchets électroniques et informatiques en Afrique, Défis et opportunités pour un développement durable au Bénin, au Mali et au Sénégal, Éditions Karthala, 22-24 bd Arago 75013 Paris, Centre de Recherche pour le Développement International, 2014.
- [24] http://movilab.org/index.php?title=Impact_des_TIC_sur_l%27environnement.
- [25] Maxime Lassalle, La fin de vie du matériel informatique : comparatif des modes de gestion en France et au Québec et détermination des facteurs de succès, Sous la direction de François Roberge, ING, M. Sc. A, 2011, pp : 9-28.
- [26] Directive 2002/95/CE de l'Union Européenne et du Conseil du 27 janvier 2003 relative à la limitation de l'utilisation de certaines substances dangereuses dans les équipements électriques et électroniques, Journal officiel de l'Union Européenne 2003, L17 p : 19-23.
- [27] https://fr.wikipedia.org/wiki/Clavier_d%27ordinateur.
- [28] <http://int.search.myway.com/search/AJimage.jhtml?&n=7857faa7&p2=%5EXP%5Expi000%5ETTAB02%5E&pg=AJimage&pn=2&ptb=C46E3809-5A58-481E-8B55-63934E3437D7&q=&searchfor=Pollution++%C3%A0+cause+des+d%C3%A9chets+informatiques.&si=&ss=sub&st=hp&tpr=sbt&trs=wtt&ots=1553112534353&imgs=1p&filter=on&imgDetail=true>
- [29] Meadows, D. Randers, J. Meadows, D, Limits to growth: the 30 year update. Chelsea, Chelsea Green Publishing, 2004, pp : 398.
- [30] CODDE (Conception Devel Durable Environnement), Analyse du cycle de vie d'un téléphone portable, Synthèse, 2008, In ADEME. Site Web de l'ADEME, [En ligne]. <http://www.ademe.fr/internet/telephone-portable/site-web/portable>.
- [31] <https://www.ginjfo.com/espace-environnement/green-it/politique-et-economie/les-dechets-electriques-une-etude-pour-connaître-les-consequences-sur-la-sante-humaine-20101210>.
- [32] <https://www.paprec.com/fr/comprendre-recyclage/recyclage-piles-deee/collecte-deee>.

Références bibliographiques

- [33] <https://www.valneo-developpement.com/reprise-financiere-des-d3e.html>.
- [34] <http://rsb-info.com/logistique/>
- [35] <https://www.economie.gouv.fr/cedef/dechets-equipements-electriques-electroniques-deee>.
- [36] <http://rsb-info.com/pesee-contrôle/>.
- [37] <https://www.paprec.com/fr/comprendre-recyclage/recyclage-piles-deee/tri-deee>.
- [38] <http://rsb-info.com/tri-et-depollution-demantelement/>.
- [39] <http://rsb-info.com/broyage-et-tri-matiere/>.
- [40] Le recyclage : notre cœur de métier, PAPREC (site pilote PSM), 2015, pp : 27.
- [41] <http://www.radioalgerie.dz/news/fr/article/20171214/128673.html>.
- [42] https://www.francetvinfo.fr/monde/afrique/environnement-africain/l-afrique-reste-desarmee-face-aux-dechets-electroniques-qui-s-accumulent_3057273.html.
- [43] http://int.search.myway.com/search/AJimage.jhtml?&n=7857faa7&p2=%5EXP%5Expi000%5ETTAB02%5E&ptb=C46E3809-5A58-481E-8B55-63934E3437D7&qS=&si=&ss=sub&st=hp&trs=wtt&tr=sbt&enc=2&searchfor=VBXEgmnYdv8fJDbH27t0EyFRkU0-7xz8iG9xSokzjBB-GZwRdZFiEQ8_mzgM_cZP2HZEaA1U7f39XtrT4jog4s_gZEYbQ3QZy4OuBSeBXQG64hq_dyAlmggf2VtnN6YjiOWJipUYNGASpqRbUitD-XaDOWYNKOnPgGfIVRIKSxEhSroIUv81wtGRxSVFoR4RtsjYeNnjhIwQjHohL3eNuRlrIxyYAstJb6o7lG3cw73hQDrGE1kVogYSYTkfm00aL5-sAX8loEafOHOedugEgoOE9QgW7ipO5vmMqzERhqEUWnKb21wK1-xQB-uPPNVjUWBixSEqb0tmEV4Nn5C9ew&ts=1554991846890&imgs=1p&filter=on&imgDetail=true
- [44] <http://www.rfi.fr/afrique/20120315-2017-afrique-generera-plus-dechets-electroniques-europe>.
- [45] Kehila Youcef, Rapport sur la gestion des déchets solides en Algérie, Avril 2014, SweepNet (Le réseau régional d'échange d'informations et d'expertises dans le secteur des déchets solides dans les pays du Maghreb et du Machreq), pp : 11-15.
- [46] <https://www.algerie-eco.com/2018/09/23/environnement-la-valorisation-des-dechets-ne-depasse-pas-7/>.
- [47] <http://www.aps.dz/algerie/82820-l-algerie-produit-34-millions-de-tonnes-de-dechets-par-an>.
- [48] <http://www.aps.dz/economie/81935-bechar-renceontre-sur-la-strategie-nationale-et-le-plan-d-action-de-la-gestion-integree-des-dechets>.

Références bibliographiques

- [49] <https://revade.dz/2017/07/19/la-transformation-des-dechets-en-energie-represente-un-gisement-inepuisable/>.
- [50] Journal Officiel de la République Algérienne Démocratique et Populaire, No.77, 30 Ramadhan 1422, 15 décembre 2001, pp : 7-9.
- [51] <http://belaidrecuperation.com/information/>.
- [52] <http://belaidrecuperation.com/procedure-de-recuperation/>.
- [53] <http://belaidrecuperation.com/>.
- [54] DiomayeDieng, +Cheikh Diop, el Hadji Mamadou Sonko, Jean BiraneGning, MamanÉDjitte et Cheikhou Ibrahima DiabyGassama, Gestion des déchets d'équipements électriques et électroniques (DEEE) au Sénégal : acteurs et stratégie d'organisation de la filière, Octobre 2017, International Journal of Biological and Chemical Sciences, 11(5) :2393-2407, pp : 2004-2405.
- [55] <http://www.rfi.fr/afrique/20120315-2017-afrique-generera-plus-dechets-electroniques-europe>.
- [56] <http://belaidrecuperation.com/matieres-recyclables/>.
- [57] <https://fr.wikipedia.org/wiki/RJ45>.
- [58] https://fr.wikipedia.org/wiki/Fil_%C3%A9lectrique.
- [59] <https://www.lifewire.com/what-is-an-ide-cable-2625908>.
- [60] https://fr.wikipedia.org/wiki/Universal_Serial_Bus.
- [61] https://en.wikipedia.org/wiki/SMA_connector.
- [62] <https://en.wikipedia.org/wiki/HDMI>.
- [63] https://en.wikipedia.org/wiki/Audio_and_video_interfaces_and_connectors.
- [64] https://fr.wikipedia.org/wiki/C%C3%A2ble_%C3%A0_puissance_constante.
- [65] <http://promo-metier.com/recyclage-informatique-metier-ecolo>
- [66] <http://www.lyon-entreprises.com/Annuaire/PAPREC-D3E-SUD-EST-63656/offre-1011-informatique.html>
- [67] <https://www.journaldunet.fr/business/dictionnaire-economique-et-financier/1199177-entreprise-definition-traduction/>
- [68] <https://www.tifawt.com/entreprenariat/lentreprise-definition-finalites-et-classification/>
- [69] Patrick Monassier, Cours Entreprise de Classification des entreprises, Université Lyon 1, 2010, pp : 1- 4.

Références bibliographiques

- [70] <https://www.tifawt.com/entrepreneariat/lentreprise-definition-finalites-et-classification/>
- [71] <https://bfmbusiness.bfmtv.com/entreprise/l-impact-environnemental-des-entreprises-une-grande-inconnue-925273.html>
- [72] Wided Boubaker, Eco-innovation, Performance environnementale et impact économique sur les entreprises: étude de cas des groupes Papetiers présents en France, HAL archives-ouvertes.fr, Prise : 30 novembre 2016, <https://tel.archives-ouvertes.fr/tel-01290782>. , pp : 122.
- [73] <https://www.telesecretariat.fr/blog/objectif-dune-entreprise/>
- [74] <https://www.lecoindesentrepreneurs.fr/etapes-cles-de-la-creation-d-entreprise/>
- [75] <https://www.petite-entreprise.net/P-882-134-G1-comment-creer-une-entreprise-les-etapes.html>
- [76] <https://www.legalstart.fr/fiches-pratiques/astuces-entrepreneurs/business-plan-a-quoi-ca-sert/>
- [77] Nor Filianie Aziz, Shahryar Sorooshian and Fatimah Mahmud, MCDM-AHP method in decision makings, ARPN Journal of Engineering and Applied Sciences, 2016, Vol. 11 (N°.11), pp: 7217-7220
- [78] Comment choisir les sites candidats, analyse multicritère d'aide à la décision méthodes et concepts, 1^{ier} année master, Département de génie électrique et électronique, Université Abou Bakr Belkaid Tlemcen, 2018, pp: 1- 31.
- [79] Belkaid Fayçal, Travaux pratiques de chaînes logistiques, Problème du voyageur de commerce (TSP), 3ème année licence Département de génie électrique et électronique, Université Abou Bakr Belkaid Tlemcen, 2018, pp: 1- 4.
- [80] https://www.binarysemantics.com/SoftwareProduct/SoftwareProduct_Optimization.htm
- [81] Merzak Zoulikha, Abbas Souheyla, Problème de tournées de véhicules avec gestion de stock dans un réseau de distribution, Mémoire de Master, Département de génie électrique et électronique -Université Abou Bekr-Belkaid à Tlemcen-, 2016, pp : 21-23.
- [82] Ibrahim Sofomagagi, Etude de faisabilité d'un projet d'installation de ferme avicole moderne dans la localité de Niamey au Niger, Diplôme d'études spécialisées en gestion des projets, 2007, pp : 17-18. (Mémoire online).
- [83] <https://www.entreprises-et-droit.fr/choisir-le-statut-juridique-de-son-entreprise/>
- [84] https://fr.wikipedia.org/wiki/D%C3%A9chet_m%C3%A9nager
- [85] https://fr.wikipedia.org/wiki/D%C3%A9chet_d%27activit%C3%A9s_%C3%A9conomiques

Références bibliographiques

[86] <https://www.geo.fr/environnement/les-dechets-d-activites-de-soins-a-risques-infectieux-170355>

[87] <http://www.cd2e.com/node/264>

Glossaire

¹**Déchets ultimes:** Ce sont les déchets dont on a extrait la part récupérable ainsi que les divers éléments polluants comme les piles et accumulateurs [2]. Au sens de la réglementation française, un déchet ultime est défini comme un déchet, qui n'est plus susceptible d'être traité dans les conditions techniques et économiques du moment, notamment par extraction de la part valorisable ou par réduction de son caractère polluant ou dangereux. Les déchets ultimes sont ceux situés en bout de chaîne de traitement, c'est-à-dire que leurs caractères polluants ou dangereux ne sont plus à même d'être réduits davantage. De la même manière, leurs parts valorisables ne sont plus économiquement et/ou techniquement extractibles. Ils doivent être éliminés [16].

²**Agence nationale pour la gestion des déchets radioactifs (Andra):** C'est un établissement Français public, placé sous la tutelle des Ministères de l'Énergie, de l'Environnement et de la Recherche, dont les missions concernent la gestion des déchets produits par les diverses activités nucléaires sur le territoire français. Créée en 1979 au sein du Commissariat à l'énergie atomique (CEA), l'Andra doit alors prendre en charge la masse grandissante de déchets radioactifs générés par l'industrie du nucléaire en plein développement. Les premières missions de l'agence portent sur la création et l'exploitation de centres de stockage en surface, mais elle commence à étudier très tôt, dès 1982, la faisabilité d'un stockage en couches géologiques profondes, destiné à accueillir les déchets les plus dangereux - cette démarche a abouti sur le projet Cigéo (Centre industriel de stockage géologique) [4] est le projet Français de centre de stockage profond des déchets radioactifs, il est conçu pour stocker les déchets hautement radioactifs et à durée de vie longue produits par l'ensemble des installations nucléaires actuelles et par le traitement des combustibles usés utilisés dans les centrales nucléaires [15].

³**Effet de serre:** C'est un processus naturel résultant de l'influence de l'atmosphère sur les différents flux thermiques contribuant aux températures au sol d'une planète. La prise en compte de ce mécanisme est nécessaire pour expliquer les températures observées à la surface de la Terre et de Vénus. Dans le système solaire, l'essentiel de l'énergie thermique reçue par une planète provient du rayonnement solaire et, en l'absence d'atmosphère, une planète rayonne idéalement comme un corps noir, l'atmosphère d'une planète absorbe et réfléchit une partie de ces rayonnements modifiant ainsi l'équilibre thermique. Ainsi l'atmosphère isole la Terre du vide spatial comme une serre isole les plantes de l'air extérieur [1].

L'usage de l'expression « effet de serre » s'est étendu dans le cadre de la vulgarisation du réchauffement climatique causé par les gaz à effet de serre qui bloquent et réfléchissent une partie du rayonnement thermique. Or, le bilan thermique d'une serre s'explique essentiellement par une analyse de la convection et non du rayonnement : la chaleur s'accumule à l'intérieur de la serre car les parois bloquent les échanges convectifs entre l'intérieur et l'extérieur. Aussi, le terme scientifique, utilisé par la communauté des climatologues pour décrire l'influence des gaz à effet de serre, composants de l'atmosphère bloquant le rayonnement infrarouge, sur le bilan thermique de la Terre, est forçage radiatif [1].

⁴Déchets biodégradables: Ce sont des déchets (notamment des déchets verts, bio-déchets ou déchets organiques) constitués, pour l'essentiel, de composants générés naturellement qui peuvent être décomposés, à plus ou moins longue échéance, par des bactéries ou des microchampignons avant d'être absorbés par l'écosystème. Ils sont principalement issus de l'agriculture, de l'industrie agroalimentaire, de la restauration, de la filière bois-papier, des jardins privés ou de collectivités (espaces verts) ou de cuisines [1].

⁵Matière organique (MO): C'est la matière fabriquée par les êtres vivants (végétaux, animaux, champignons et autres décomposeurs dont micro-organismes). La matière organique compose leurs organes (tige, coquille, muscles, etc.) [1]. Elle compose la biomasse vivante et morte (nécromasse) au sein d'un cycle décomposition/biosynthèse où une partie de cette matière est fossilisée (charbon, pétrole, gaz), minéralisée ou recyclée dans les écosystèmes et agro-écosystèmes.

La matière organique se distingue du reste de la matière minérale, à plusieurs titres : une faible proportion dans l'univers; le rôle central joué par le carbone; une évolution rapide au sein de cycles notamment dans les écosystèmes où elle passe par des étapes de décomposition. Elle est à l'origine de la couleur thé (acides humiques) des eaux s'écoulant dans les forêts ou tourbières, et de la couleur noire des sols riches en humus ou de certains sédiments riches en matière organique. Elle joue un rôle important dans la cohérence et la stabilité des sols. Elle peut être localement concentrée dans les sédiments et dans le noyau vaseux des estuaires, avec alors un comportement et une évolution biochimique particuliers, notamment lors du passage de l'eau douce à l'eau salée [17].

⁶Pluie acide: Elle désigne toute forme de précipitations anormalement acides. On distingue les retombées humides (pluie, neige, brouillard, smog...) des retombées sèches (particules en suspension, gaz) [1]. L'acidification des eaux météoriques contribue à l'acidification des eaux de certaines sources, des eaux de ruissellement et des eaux de surface, ainsi qu'à l'acidification des océans. Les eaux plus acides dissolvent mieux certains produits toxiques et les font circuler, pouvant augmenter les risques de saturnisme quand elles circulent dans des tuyaux de plomb, ou des réseaux de distribution contenant des soudures au plomb (dans les Vosges par exemple, zone considérée comme particulièrement écologiquement vulnérable à l'acidification en France) [18].

⁷Nappe phréatique: C'est une nappe d'eau que l'on rencontre à faible profondeur. Elle alimente traditionnellement les puits et les sources en eau potable. C'est la nappe la plus exposée à la pollution en provenance de la surface [1]. Par nappe, on entend la partie saturée en eau du sol, c'est-à-dire celle où les interstices entre les grains solides sont entièrement remplis d'eau, ce qui permet à celle-ci de s'écouler. Au-dessus, on peut trouver des terrains non saturés, dans lesquels les interstices contiennent aussi de l'air. Cette couche est appelée la zone non saturée ou encore zone vadose ou zone non saturée (ZNS) du sol est la partie du sol ou du sous-sol située à l'interface entre atmosphère-pédosphère et la nappe phréatique. Il peut suffire d'un petit apport supplémentaire d'eau en provenance de la surface pour faire basculer la couche non saturée à l'état saturé. Si l'épaisseur de cette tranche de terrain est importante, et si la topographie s'y prête, ce mécanisme peut déclencher une inondation par remontée de la nappe phréatique. Ce phénomène a aggravé les crues de la Somme en 2001 [19].

⁸**Résine époxy:** Les poly-époxydes, encore appelés polymères époxydes ou improprement « époxy », sont fabriqués par polymérisation de monomères époxydes avec un durcisseur (agent de réticulation) qui peut être à base d'anhydride d'acide, de phénol ou le plus souvent d'amine (polyamine, aminoamide): ce sont des polymères tridimensionnels. Les résines époxydes (ou époxydiques) durcissent (réaction irréversible) en présence d'un durcisseur, sous l'effet de la chaleur (matériaux thermodurcissables) [26].

⁹**Thermodurcissable:** Le mot thermodur est souvent utilisé par abus de langage à la place du mot thermodurcissable et désigne un réseau macromoléculaire tridimensionnel. Ce dernier résulte soit de la réticulation de polymères linéaires (monodimensionnels), soit de la polymérisation de monomères dont la valence moyenne est supérieure à 2 (en pratique, un mélange de monomères à 2 et 3 points d'accrochage est utilisé pour flexibiliser la structure). La transformation d'un matériau thermodurcissable fait intervenir une polymérisation, laquelle est irréversible et conduit à un produit fini solide, généralement rigide. Ce dernier est infusible donc non transformable, ce qui empêche son recyclage. Il est souvent préparé par réticulation, deux ingrédients homogène et stable, dont l'un est typiquement une « résine », réagissent sous l'action de la chaleur en présence de réactifs (catalyseur et accélérateur de polymérisation). La structure tridimensionnelle (réseau) formée, stable, présente une résistance thermomécanique et chimique [26].

¹⁰**Acrylonitrile butadiène styrène (ABS) :** C'est un polymère thermoplastique présentant une bonne tenue aux chocs, relativement rigide, léger et pouvant être moulé. Il appartient à la famille des polymères styréniques [26].

¹¹**Polychlorure de vinyle (PVC):** Le polychlorure de vinyle, connu sous le sigle PVC (sigle venant de l'appellation anglaise polyvinyl chloride), est un polymère thermoplastique de grande consommation, amorphe ou faiblement cristallin, principal représentant de la famille des chloro-polymères. Il est préparé à partir de deux matières premières : à 57 % de sel de mer (NaCl) et à 43 % de pétrole; c'est la seule matière plastique constituée par plus de 50 % de matière première d'origine minérale [26].

Le PVC **rigide** est surtout utilisé pour la fabrication de profilés et tubes par extrusion.

Le PVC **souple** (ou PVC plastifié) sert par exemple dans l'industrie des vêtements et des tapisseries.

¹²**Ignifuges bromés:** Des agents ignifuges bromés (Brominated flame retardant ou BFR, en français : retardateur de flamme bromé, ou RFB) sont des molécules synthétiques issues de la pétrochimie. On les utilise depuis les années 1950, et surtout depuis 1978 comme produits ignifugeants en remplacement des PCB interdits en raison de leur toxicité et écotoxicité, et de leur forte rémanence dans l'environnement. Le brome est souvent considéré comme l'un des additifs les plus efficaces pour l'ignifugation, en particulier en synergie avec des oxydes métalliques. Certains de ces produits sont néanmoins considérés comme (polluants organiques persistants) interdits de fabrication ou d'utilisation pour certains usages pour divers d'entre eux [26].

¹³**Technologies de l'information et de la communication (TIC):** Transcription de l'anglais (information and communication technologies, ICT) est une expression, principalement utilisée dans le monde universitaire, pour désigner le domaine de la télématique, c'est-à-dire les techniques de l'informatique, de l'audiovisuel, des multimédias, d'Internet et des télécommunications qui permettent aux utilisateurs de communiquer, d'accéder aux sources d'information, de stocker, de manipuler, de produire et de transmettre l'information sous différentes formes: texte, musique, son, image, vidéo et interface graphique interactive (IHM). Les textes juridiques et réglementaires utilisent la locution communications électroniques [24].

¹⁴**Saturnisme:** C'est une maladie correspondant à une intoxication aiguë ou chronique par le plomb. Ce nom fait référence à la planète Saturne, symbole du plomb en alchimie. Contrairement à d'autres métaux, le plomb n'a pas de rôle utile connu dans l'organisme humain, animal. Il est toxique au niveau cellulaire, quelle que soit sa concentration. Cette maladie était connue des anciens et des analyses d'ossements l'ont confirmé. Les principales sources de contamination étaient la vaisselle et les objets en plomb (récipients de cuisson, tuyauteries, réservoirs...) ou d'étains et d'émaux de poteries contenant du plomb, les vapeurs de plomb des fonderies romaines antiques ont eu des retombées jusque dans les régions polaires [24].

¹⁵**Smasher:** Né sous l'impulsion de l'entreprise de recyclage, lancée sur la voie de l'innovation et déterminée à hausser la qualité de ses prestations en se démarquant nettement de ses concurrentes, le smasher est un gros tambour rotatif chargé de démanteler efficacement les déchets électriques et informatiques, et de limiter les pertes de matières provoquées par les broyeurs classiques, conçus pour traiter les métaux ferreux et non ferreux. Incarcérée avec les machines traditionnelles, la matière placée au cœur du smasher est éclatée par les rotations de cette gigantesque machine à laver, dans laquelle les déchets recyclables les plus gros heurtent les plus petits. C'est une technique de traitement des déchets qui permet d'améliorer le taux de valorisation (de l'ordre de 20 à 30 %) mais aussi de limiter la consommation énergétique, le tambour du smasher nécessitant trois fois moins de puissance qu'un broyeur standard pour tourner à plein régime. Abrisée par une casemate insonorisée, et trônant au cœur d'un bâtiment de 8000 mètres carrés, cette machine exceptionnelle traite aujourd'hui cinq tonnes de déchets informatiques, électroniques et électriques par heure [36]. Le Smasher est un tambour rotatif conçu pour démanteler les petits appareils en mélange (PAM). En tournant, le grappin dans le smasher, va éclater ces éléments en fragments afin qu'ils soient ensuite triés par des opérateurs. Le taux de récupération est de 20% à 30% et le smasher consomme trois fois moins d'énergie qu'un broyeur classique [40].

¹⁶**Câbles réseaux:** Ce sont des câbles utilisés couramment pour les connexions Ethernet, et pour les connecteurs téléphoniques [57].

¹⁷**Câble d'alimentation:** C'est le composant électrotechnique servant au transport de l'électricité, afin de transmettre de l'énergie et de l'information. Il est constitué d'un matériau conducteur, souvent entouré d'une enveloppe isolante (plastique, Téflon...) [58].

¹⁸**Câbles IDE (Integrated Drive Electronics):** C'est un type de connexion standard pour les périphériques de stockage dans un ordinateur. En règle générale, IDE fait référence aux types de câbles et de ports utilisés pour connecter certains disques durs et lecteurs optiques les uns aux autres et à la carte mère. Un câble IDE est donc un câble conforme à cette spécification [59].

¹⁹**Câbles USB (Universal Serial Bus):** C'est une norme relative à un bus informatique en série qui sert à connecter des périphériques informatiques à un ordinateur ou à tout type d'appareil prévu à cet effet (tablette, Smartphone, etc.) [60].

²⁰**Câbles SMA (SubMiniature version A):** Ce sont des connecteurs RF coaxiaux semi-précis développés dans les années 1960. En tant qu'interface de connecteur minimale pour câble coaxial avec un mécanisme de couplage à vis, le connecteur a une impédance de 50 Ω [61].

SMA est conçu pour une utilisation en courant continu (0 Hz) à 18 GHz. Il est principalement utilisé dans les systèmes à hyperfréquences, les antennes de radio portable et de téléphonie mobile et, plus récemment, dans les systèmes d'antenne Wifi et les dongles radio définis par logiciel USB. Il est également couramment utilisé en radioastronomie, en particulier à des fréquences plus élevées (5 GHz +) [61].

²¹**Câbles HDMI (High Definition Multimedia Interface):** C'est une interface audio / vidéo propriétaire pour la transmission de données vidéo non compressées et de données audio numériques compressées ou non compressées à partir d'un périphérique source compatible HDMI, tel qu'un contrôleur d'affichage, vers un écran d'ordinateur, un vidéoprojecteur, une télévision numérique ou un périphérique audio numérique compatible. HDMI est un remplacement numérique pour les normes vidéo analogiques [62].

²²**Câbles audio:** Les connecteurs audio sont des connecteurs électriques ou optiques permettant de transporter des signaux audio [63].

²³**Câbles parallèles:** Ce sont des câbles constitués d'une succession de résistances identiques connectées comme un ensemble de circuits en parallèle, ce qui permet de disposer de la même puissance dissipée sur chacun de ces tronçons [64].

²⁴**EIRL (Entreprise Individuelle à Responsabilité Limitée):** C'est un statut particulier de l'Entreprise Individuelle (EI) : il s'agit d'une option donnée aux entrepreneurs individuels pour protéger leur patrimoine. Comme l'Entreprise Individuelle, l'EIRL n'est donc pas une société, mais un statut personnel particulier [68].

²⁵**EURL (Entreprise Unipersonnelle à Responsabilité Limitée):** C'est une SARL (société à responsabilité limitée) ayant un seul associé. Elle se trouve ainsi soumise, sauf adaptations prévues dans les statuts de l'EURL, aux règles juridiques applicables à la SARL (qui, pour sa part, comporte plusieurs associés). L'associé unique peut être le gérant de l'entreprise, mais ce n'est pas obligatoire. Elle est destinée aux entrepreneurs qui souhaitent lancer leur projet seuls. Pour autant, dans une perspective de développement de l'entreprise, ils peuvent par la suite décider de s'associer avec d'autres personnes en cédant des parts sociales pour permettre à un ou plusieurs autres associés d'entrer dans le capital [69].

²⁶**Société coopérative:** Une société coopérative et participative (SCOP), parfois également appelée « société coopérative ouvrière de production » ou « société coopérative de travailleurs », est en droit français, une société commerciale constituée en société anonyme, société à responsabilité limitée ou société par actions simplifiée qui se distingue des sociétés classiques par une détention majoritaire du capital et du pouvoir de décision par les salariés [70].

ملخص

في هذه المذكرة سوف ندرس ونفكر في جدوى إنشاء مؤسسة لمعالجة نفايات الكمبيوتر في الجزائر، في عالم يتميز بزيادة استهلاك المنتجات التي تلعب في إيقاع الابتكارات. إذ أصبحت منتجات نهاية العمر مشكلة كبيرة لأي مؤسسة. الغرض من عملنا هو تسليط الضوء على إدارة هذه المنتجات وطرق معالجتها قبل التسليم لشركات خاصة للمنتجات المعاد تدويرها. أي أن منتجاتنا هي مواد خام لهذه الشركات. في هذا السياق، سوف نقدم في المقام الأول، حالة من الفن على مفاهيم النفايات في العالم وما هي الطرق لإدارتها على البيئة. في المقام الثاني، سوف ندرس بصفة خاصة نفايات الكمبيوتر في جميع أنحاء العالم مع آثار وطريقة معالجتها. مع تحديد الحالات في الجزائر. و في المقام الثالث، سنقدم نتائج دراسة على شكل سبر آراء يحلل معدات الكمبيوتر التي انتهى عمرها من طرف مصلي أجهزة الكمبيوتر لولاية تلمسان. و في النهاية نقدم اقتراحات لإنشاء مؤسسة السالف ذكرها وإعطاء نموذج لعملية المعالجة، لوضع إدارة النفايات الحاسوبية في إطار الحماية والتنمية المستدامة.

الكلمات المفتاحية: مشكلة نفايات الكمبيوتر، إنشاء مؤسسة، معالجة النفايات كمبيوتر منتهية الصلاحية.

Résumé

Dans ce mémoire, on a réalisé une étude / réflexion sur la faisabilité de création d'une entreprise de traitement des déchets informatiques en Algérie, Dans un monde qui se caractérise par une consommation de plus en plus importante des produits informatiques. En fait, les produits de fin de vie sont devenus une grande problématique pour n'importe quelle organisation. L'objectif de notre travail est de mettre en lumière la gestion de ces produits et les méthodes de traitement avant leur livraison à des entreprises spécialisées pour les recycler sous forme de matières premières dans leur processus de fabrication ou d'utilisation. Dans ce cadre, on présente dans un premier lieu, un état de l'art sur le concept des déchets dans le monde et les méthodes pour gérer leurs impacts sur l'environnement. En deuxième lieu, on a étudié de manière particulière les déchets informatiques dans le monde avec leurs effets et leurs modes de traitement. Dans un troisième lieu, on a fait un état de lieu sur les déchets informatiques en Algérie. Dans ce contexte on présente les résultats d'un questionnaire remis à un échantillon de réparateurs d'outil informatique dans la wilaya de Tlemcen pour obtenir des informations sur la destination de ce matériel en fin de vie. Finalement on présente des suggestions pour la création d'une entreprise de traitement des déchets informatiques, dans un cadre de protection et développement durable.

Mot clés : problèmes des déchets informatiques, création d'une entreprise, traitement des déchets informatiques en fin de vie.

Abstract

In this work, we have performed a study / reflection on the feasibility of creating a computer waste treatment company in Algeria, in a world which is characterized by an increasing consumption of computer products. In fact, end-of-life products have become a big problem for any organization. The purpose of our work is to highlight the management of these products and treatment methods before their delivery to specialized companies to recycle them as raw materials in their manufacturing process or use. In this context, we present firstly a state of the art on the concept of wastes in the world and methods to manage their impacts on the environment. Secondly, we focus particularly on the computing wastes around the world with their effects and methods of processing. Thirdly, we made a place report on computer wastes in Algeria with presentation of results from questionnaire submitted to a sample of computer repairers in the city of Tlemcen to obtain information on the destination of this equipment at the end of life. Finally, we present some suggestions for the creation of a computer waste treatment company, in a framework of protection and sustainable development.

Keywords: computer waste problems, enterprise creation, waste treatment of end-of-life Computer.