

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية
République Algérienne Démocratique et Populaire

Ministère de l'Enseignement Supérieur
et de la Recherche Scientifique

Université Akli Mohand Oulhadj - Bouira -
Institut de Technologie



وزارة التعليم العالي والبحث العلمي
جامعة أكلي محمد أولحاج
- البويرة -
معهد التكنولوجيا

Département de Technologie chimique industrielle

Rapport de soutenance

En vue de l'obtention du diplôme
Licence professionnelle en :

Génie de la formulation

Thème :

TRAITEMENT ET VALORISATION DES DECHETS

Réalisé par :

M^r. AOUAIDJIA Youcef

Génie de la Formulation

Encadré par :

M^{me} .HALEM Zohra

MCB - Institut de Technologie de Bouira

Examineur :

M^{me}. IGGUI Kahina

MCB - Institut de Technologie de Bouira

Année Universitaire : 2019/2020

Dédicaces

*Je dédie ce travail à mes chers parents :
Deux personnes exceptionnelles qui, par leur
amour, leur dévouement, leur patience et leur
soutien inconditionnel
m'ont permis d'arriver là où je suis.*

*à mes frères : Saleh, Azize et Kamel
et à mes chères sœurs Imen et Amína.*



Remerciements

Je remercie **ALLAH** le tout puissant pour tout ce qu'il m'a prodigué pour arriver à ce but.

Mes remerciements infinis pour mes **Parents** qui m'ont tout donné et sacrifié leur vie pour moi.

Je tiens à témoigner toute ma reconnaissance à ma promotrice Mme. **Halem Zohra** Maître de Conférences Classe B, à l'Université Mohand Oulhadj de Bouira (UAMOB), pour l'intérêt et la confiance qu'elle a manifestée pour ce travail qu'elle a suivi toujours de près et ses conseils avisés.

Mes remerciements vont également
A mes amis **Nouar** et **Jamal** qui ont participé à ce projet.

Je tiens aussi à témoigner ma profonde gratitude à l'ensemble des **enseignants** et le **personnel** de l'institut de technologie de l'Université (UAMOB), sans leur aide ce travail n'aurait pu être effectué. Mes remerciements vont aussi à tous mes **amis** et **collègues** de la Promotion 2020 de l'institut de Technologie de Bouira.

Enfin mes remerciements les plus sincères à Madame **IGGUI Kahina** membre de jury qui s'est intéressée à ce travail et a accepté de le juger.



Liste des abréviations

- **C/N** : Rapport des teneurs en carbone et azote.
- **Mth/kg** : Millithermie par Kilogramme.
- **CET** : Centre Enfouissement Technique.
- **PET** : Polyéthylène Téréphtalate.
- **PE** : Polyéthylène.
- **PVC** : Polychlorure de Vinyle.
- **PP** : Polypropylène.
- **HAP** : Hydrocarbures Aromatiques Polycycliques.
- **ERU** : Eaux Résiduaires Urbaines.
- **MES** : Matière En Suspension.
- **MVS** : Matières Volatiles en Suspension.
- **MMS** : Matières Minérales Sèches.
- **pH** : Potentiel Hydrogène.
- **DCO** : Demande Chimique en Oxygène.
- **DBO** : Demande Biochimique en Oxygène.
- **DBO5** : Demande biochimique en Oxygène après 5 jours.
- **NH₄⁺** : Azote ammoniacal ionisées.
- **NH₃** : Azote ammoniacal non ionisées.
- **P** : Phosphore.
- **P₂O₅** : Pentoxyde de phosphore.
- **PO₄** :Ortho phosphates.
- **ISO** : Organisation Internationale de Standardisation.
- **SF** : Streptocoques Fécaux.
- **CSR** : Clostridium sulfito-réductrices.
- **STEP** : Station d'épuration des eaux usées.
- **VCFE**: Vacuum Cyclon Flash Evaporator.

Liste des Figures

Figure 1: Classification des Déchets	4
Figure 2: Schématisation des différents modes de recyclage des Déchets.....	11
Figure 3: (a) Types de valorisation, (b) Matériaux recyclables (plastiques, déchets minéraux et déchets organiques)	13
Figure 4: Cycle de vie des produits plastiques	14
Figure 5: Recyclage du verre d'emballage.....	17
Figure 6: Recyclage de papier	19
Figure 7: Dégrillage.....	31
Figure 8: Tamisage	32
Figure 9: Dessablage	32
Figure 10: Processus des boues activées	36
Figure 11: Lagunage naturel.....	36
Figure 12: Le principe d'un lagunage aéré	37
Figure 13: Diagramme du procédé de récupération des huiles usagées.....	46

Liste des tableaux

Tableau 1 : Agents de coagulation 34

Table des matières

Liste des abréviations

Liste des Figures

Liste des tableaux

INTRODUCTION 1

CHAPITRE I. :GENERALITES SUR LE TRAITEMENT DES DECHETS

I.1. DEFINITION DES DECHETS 3

I.2. Classification des déchets 3

 I.2.1. Distinction en fonction de l'activité à l'origine du déchet..... 4

 I.2.2. Distinction en fonction de la nature du déchet..... 5

 I.2.3. Distinction en fonction du mode (filrière) de traitement des déchets : 6

I.3. Les Caractéristiques des déchets 7

 I.3.1. La Densité 7

 I.3.2. Le degré d'humidité 7

 I.3.3. Le pouvoir calorifique..... 7

 I.3.4. Le rapport des teneurs en carbone et azote 8

I.4. Le traitement des déchets 8

 I.4.1. La valorisation de matière 8

 I.4.2. La valorisation organique par le compostage ou la méthanisation 9

 I.4.3. La valorisation énergétique 9

 I.4.4. L'enfouissement..... 9

CHAPITRE II. : RECYCLAGE DES DECHETS SOLIDE ET LEUR VALORISATION

II.1. Le recyclage 10

 II.1.1. Procédés du recyclage 11

II.2. Valorisation 12

II.3. Recyclage des déchets en plastique..... 14

 II.3.1. Origine et répartition des plastiques 15

 II.3.2. Etapes du recyclage des déchets plastiques. 15

 II.3.3. Méthodes de valorisation du plastique 15

II.4. Recyclage des déchets en verre 16

 II.4.1. Domaines de recyclage et valorisation des déchets de verre..... 17

II.5. Recyclage des déchets en papier 18

II.6. Recyclage des déchets en vert 19

 II.6.1. La valorisation organique 20

II.6.2. La valorisation énergie par production de biogaz	20
II.6.3. La valorisation d'énergie grâce au bois	20

CHAPITRE III. : RECYCLAGE DES DECHETS LIQUIDES

III.1. Traitement des eaux usées	21
III.1.1. Généralités sur les eaux usées	21
III.1.2. Différents types des eaux usées.....	21
III.1.3. Caractéristiques des eaux usées.....	24
III.1.4. Station d'épuration	30
III.2. Traitement des huiles usagées.....	42
III.2.1. Définition des huiles usées	42
III.2.2. Les huiles usagées en Algérie	43
III.2.3. Récupération des huiles usagées	43
CONCLUSION	47
IV. REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES.....	49

INTRODUCTION

Le terme déchet traduit l'idée de se défaire d'un produit dont une personne physique ou morale dispose, dont elle n'a plus l'utilité et qui l'embarrasse, vers un exutoire dont elle préfère ne pas assumer la responsabilité et qu'elle souhaite oublier (DAMIEN 2002). La gestion des déchets constitue un problème de plus en plus important dans nos sociétés modernes du fait de l'accroissement constant de leurs quantités, de leur grande diversité, des exigences environnementales de plus en plus draconiennes et des craintes des risques sanitaires qui leur sont associés (DAMIEN 2002).

La gestion des déchets apparaît d'abord comme une question d'organisation et d'optimisation des techniques déjà connues, dont les effets sur l'environnement sont apparemment maîtrisés. Elle se présente ainsi moins comme un enjeu environnemental majeur que comme une question économique et de gestion (SAADANI 2010).

Les grandes modalités de traitement sont identifiées (recyclage, enfouissement, incinération, compostage...) avec différentes solutions et techniques pour chacune d'entre elles. La difficulté de la gestion des déchets tient pour partie à la conjugaison d'un ensemble de critères économiques, techniques, sociaux ou environnementaux, dont la plupart sont sensibles aux contextes politiques et culturels du lieu et du moment (SAADANI, 2010).

Les eaux usées issues des industries et des collectivités ne devraient pas être directement rejetées dans le milieu naturel, car sans traitement elles peuvent engendrer de graves problèmes environnementaux et de santé publique. Par conséquent, elles devraient être dirigées vers les stations d'épuration qui ont pour rôle de concentrer la pollution contenue dans les eaux usées sous forme d'un résidu, et de rejeter une eau épurée répondant aux normes admises, et cela grâce à des procédés physicochimiques et biologiques (TOUATI, 2016).

Actuellement, une idée respectant le développement durable et écologique est la récupération des huiles alimentaires usagées produite par les industries agroalimentaires et les restaurations commerciales et collectives pour les valoriser en carburants ou en produits de nettoyage ou de cosmétique, car elles sont très riches en triglycérides et en acides gras libres. Ceci résoudrait le problème de la destruction de ces déchets car les huiles alimentaires usagées représentent un grave problème écologique (IZZAZA, 2017).

En Algérie, la quantité de déchets ménagers a connu une augmentation substantielle au cours des dernières décennies en raison d'une croissance démographique galopante conjuguée à une urbanisation non maîtrisée. La composition de ce type de déchets devient de plus en plus complexe (plastique, verre, matière organique, papier/carton et métaux) et peuvent nuire

à l'environnement et à la santé publique. À la base, une ressource naturelle est transformée puis consommée et enfin jetée comme déchets, or que la plupart de ces déchets sont des produits qui peuvent être valorisés et devenir de véritables matières premières secondaires. Malheureusement, en Algérie l'approche valorisation des déchets est peu développée.

En effet seulement 7% de déchets sont recyclés et 93% sont mis en décharge (décharges sauvages ou centres d'enfouissement technique (CET)) (AND, 2012).

Le présent travail consiste à expliquer les différents étapes de recyclage des déchets solide est liquide et leur valorisation

Enfin, l'étude sera composée de trois chapitres. Le premier, dressera un portrait sur la gestion des déchets. Le second, il exposera le recyclage des déchets solides et leur valorisation. Enfin, le dernier chapitre expose le recyclage des déchets liquide.

CHAPITRE I

GENERALITE SUR LE TRAITEMENT DES DECHETS

I.GENERALITES SUR LE TRAITEMENT DES DECHETS

I.1. DEFINITION DES DECHETS

Selon BERTOLINI (1990), Le déchet est défini "comme un produit dont la valeur d'usage et la valeur d'échange sont nulles pour son détenteur ou son propriétaire. Ce déficit en valeur économique tient du fait que le déchet n'est pas un produit rare, contrairement à l'air par exemple».

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 le définit comme tout résidu d'un processus de production, de transformation ou d'utilisation, et plus généralement toute substance, ou produit et tout bien meuble dont le propriétaire ou le détenteur se défait, projette de se défaire, ou dont il a l'obligation de se défaire ou de l'éliminer.

Les déchets sont donc un ensemble de résidus se présentant sous forme solide, voire liquides quand ils sont contenus dans des récipients réputés étanches. Ces déchets résultent des différentes activités humaines, domestiques, industrielles et agricoles (SOTAMENOU, 2005).

I.2. Classification des déchets

On peut classer les déchets selon plusieurs critères, comme :

- Des déchets solides, liquides ou gazeux.
- Dangereux ou non Dangereux.
- Selon leur provenance ou leur composition
- Propriétés physiques et chimiques.,
- En fonction de l'activité à l'origine du déchet, et sa nature
- Et en fin en fonction du mode (filère) d'élimination du déchet (SABRI,2011; LEROY, 1997).

La figure 1 résume la classification actuelle des déchets.

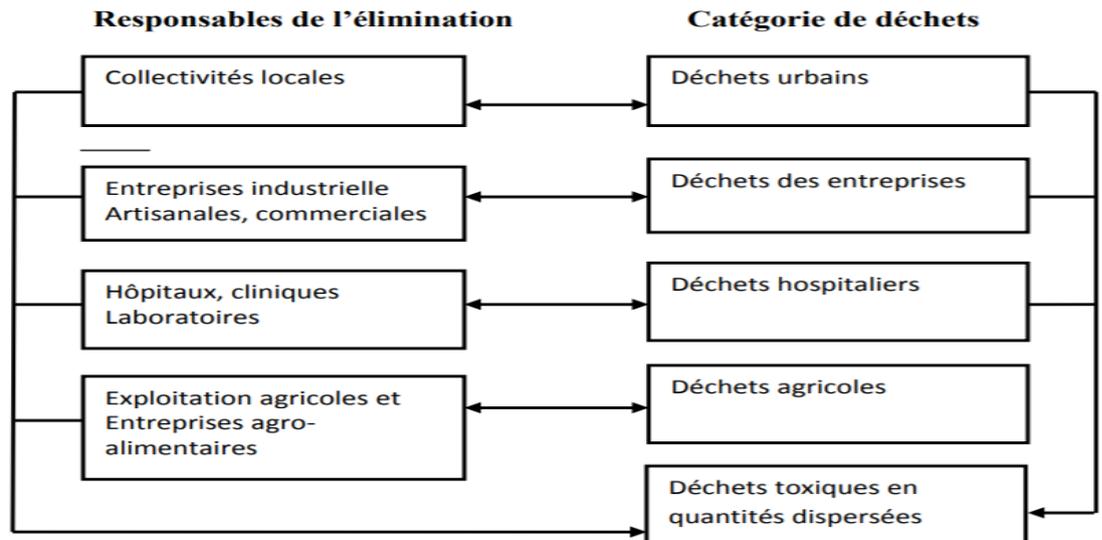


Figure 1: Classification des déchets (LEROY, 1997).

I.2.1. Distinction en fonction de l'activité à l'origine du déchet

I.2.1.1. Les déchets ménagers et assimilés

Les déchets ménagers et assimilés sont les déchets produits par les ménages qui peuvent être les commerçants, les artisans, les entreprises et les industries.

Ils ne présentent pas de caractère dangereux ou polluant comme par exemple papiers, cartons, bois, verre, textiles et emballages. Ces déchets sont collectés par la commune si, eu égard à leurs caractéristiques et aux quantités produites. Ils peuvent être éliminés sans sujétions techniques particulières et sans risques pour les personnes ou pour l'environnement (ARIB et al., 2017).

I.2.1.2. Les déchets industriels

Il existe deux types de déchets industriels

- Les déchets industriels **non dangereux** ou "banals" sont des déchets des entreprises qui sont aussi appelés "déchets assimilés aux déchets ménagers".
- Les déchets industriels **dangereux** ou "spéciaux" sont les déchets des entreprises dangereuse en raison de leurs propriétés, ils ne peuvent pas être déposés dans des installations de stockage recevant d'autres catégories de déchets (ARIB et al., 2017).

I.2.1.3. Les déchets agricoles

Sont les déchets issus de l'activité agricole. Il s'agit essentiellement des déchets organiques comme les déjections des animaux, les déchets de culture et ...,etc (ARIB et al, 2017).

I.2.1.4. Les déchets d'activité de soins de santé

Ce sont les déchets issus des hôpitaux, établissements de soins, les laboratoires, les centres de recherches, les morgues, les centres d'autopsie, les banques de sang et les services de collecte de sang (ARIB et al., 2017).

I.2.2. Distinction en fonction de la nature du déchet

I.2.2.1. Les déchets dangereux

Les déchets sont considérés comme dangereux s'ils présentent une ou plusieurs des propriétés suivantes :

- explosif,
- comburant,
- inflammable,
- irritant,
- nocif,
- toxique,
- cancérogène,
- corrosif,
- infectieux,
- toxique pour la reproduction,
- mutagène,
- écotoxique (ARIB et al., 2017).

Les commerçants ou les types moyennes entreprises représentent la grande majorité des sociétés en France (PME) exemple (garages, coiffeurs, laboratoires photo, imprimeries, laboratoires de recherche...). Ils peuvent s'agir comme des déchets banals souillés (chiffons, carton, piles, résidus de peinture, etc...) (ARIB et al., 2017).

I.2.2.2. Les déchets non dangereux

Les déchets non dangereux sont les déchets qui ne présentent aucune des caractéristiques relatives à la "dangerosité" mentionnées ci-dessus (toxique, explosif, corrosif, etc.) Ce sont les déchets "banals" ménagers (ARIB et al., 2017, LEROY 1997).

Les déchets inertes : Ce sont des déchets solides minéraux qui ne subissent aucune transformation physique, chimique ou biologique importante comme ; pavés, gravats, carrelage. Ils proviennent des chantiers du bâtiment, des travaux publics, mais aussi des mines et des carrières. Exemple : le béton, les briques, les tuiles, les céramiques, les carrelages... (ARIB et al., 2017, LEROY 1997).

I.2.2.3. Les déchets ultimes

Un déchet ultime résultant ou nom du traitement d'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 (ARIB et al., 2017, LEROY 1997).

I.2.3. Distinction en fonction du mode (filière) de traitement des déchets :

I.2.3.1. Les déchets biodégradables ou composables

Comme les résidus verts, boues d'épuration des eaux et les restes alimentaires, etc. Ces déchets sont au moins pour partie détruits naturellement, plus ou moins rapidement, en général par les bactéries, champignons ,autres micro-organismes et/ou par des réactions chimiques laissant des produits de dégradation identiques ou proches de ceux qu'on peut trouver dans la nature, parfois néanmoins contaminés par certains résidus (CHIBANE, 2016).

I.2.3.2. Les déchets recyclables

Comme le verre, métaux, matières plastiques. Ces déchets peuvent être réutilisés tels quels dans d'autres domaines ou recyclés (CHIBANE, 2016).

I.2.3.3. Les déchets ultimes

Les déchets qui ne sont plus susceptibles d'être traités dans les conditions techniques et économiques du moment eux seuls devraient être mis en décharge (CHIBANE, 2016).

I.2.3.4. Les déchets spéciaux et déchets industriels spéciaux

Dont font partie des déchets toxiques, les déchets radioactifs et déchets nucléaires qui doivent faire l'objet d'un traitement tout à fait particulier en raison de leur nocivité particulière liée à la radioactivité (CHIBANE, 2016).

I.3. Les Caractéristiques des déchets

On caractérise les déchets par quatre paramètres essentiels qui sont:

- La densité
- Le degré d'humidité
- Le pouvoir calorifique
- Le rapport des teneurs en carbone et azote (C/N) (NIGNIKAM, 1992 in SOTAMENOU, 2005).

I.3.1. La Densité

La connaissance de la densité est très importante pour le choix des moyens de collecte et de stockage.

Toutefois comme les déchets sont compressibles, la densité n'a qu'un seul sens que: si on définit les conditions dans lesquelles on la détermine.

C'est pourquoi on peut avoir une densité qui peut être :

- En poubelle
- Une densité en benne
- Une densité en décharge
- Une densité en fosse, etc... (NIGNIKAM, 1992).

I.3.2. Le degré d'humidité

Les ordures renferment une suffisante quantité d'eau variant en fonction des saisons et le milieu environnemental. Cette eau a une grande influence sur la rapidité de la décomposition des matières qu'elles renferment et sur le pouvoir calorifique des déchets (NIGNIKAM, 1992).

I.3.3. Le pouvoir calorifique

Le pouvoir calorifique est défini comme la quantité de chaleur dégagée par la combustion de l'unité de poids en ordures brutes. Il s'exprime en millithermie par kilogramme d'ordures (mth/Kg) (NIGNIKAM, 1992).

I.3.4. Le rapport des teneurs en carbone et azote

Le rapport C/N a été choisi comme critère de qualité des produits obtenus par le compostage des déchets qui est d'une grande importance pour le traitement biologique des déchets, car son évolution en fermentation peut être suivie par la détermination régulière de ce rapport (NIGNIKAM, 1992).

I.4. Le traitement des déchets

Selon la loi 01-19 du 12 décembre 2001 définie le traitement des déchets comme toute mesure pratique permettant d'assurer que les déchets sont valorisés, stockés et éliminés d'une manière garantissante.

La protection de la santé publique et/ou de l'environnement contre les effets nuisibles que peuvent avoir ces déchets.

Selon LEROY, (1997) traiter un déchet c'est lui permettre soit d'être valorisé : cas de tous les tris, récupération, transformations qui permettront de lui trouver une utilisation, soit d'être rejeté dans le milieu extérieur dans des conditions acceptables.

I.4.1. La valorisation de matière

Selon la loi 01-19 la valorisation des déchets est toutes les opérations de réutilisation, de recyclage ou de compostage des déchets.

I.4.1.1. Le réemploi

Consiste à utiliser une nouvelle fois un produit ou objet usagé .Pour un usage analogue à celui de sa première utilisation ou pour une autre utilité, sans qu'il y ait de traitements intermédiaires (SAHNOUNE, 2005).

I.4.1.2. La réutilisation

Consiste à utiliser de nouveau un déchet, pour usage différent de son premier emploi .exemple : l'utilisation de pneus usagers pour protéger la coque des bateaux (SAHNOUNE, 2005).

I.4.1.3. Le recyclage

Le recyclage désigne la réintroduction d'un matériau contenu dans un déchet dans le cycle production, en remplacement total ou partiel d'une matière neuve (SAHNOUNE, 2005).

I.4.2. La valorisation organique par le compostage ou la méthanisation

I.4.2.1. Le compostage

C'est un procédé biologique aérobie de dégradation et de valorisation de matière organique en un produit stabilisé et hygiénisme disposant des caractéristiques d'un terreau enrichi en composés humiques (SAHNOUNE, 2005).

I.4.2.2. Bio méthanisation

L'opération de méthanisation consiste à transformer des matières organiques en conditions anaérobies (sans oxygène), produisant à la fois un gaz combustible, appelé biogaz (mélange de gaz carbonique et méthane), et un amendement organique (SAHNOUNE, 2005).

I.4.3. La valorisation énergétique

Consiste à utiliser une source d'énergie résultant de l'incinération ou de la thermolyse, ces modes de traitement des déchets sont tout à fait applicables dans un système industriel appliquant les principes de l'écologie industrielle puisqu'ils permettent de récupérer l'énergie de la combustion (SAHNOUNE, 2005).

I.4.4. L'enfouissement

Le dernier mode de traitement des déchets est l'enfouissement, méthode la moins écologique de toute puisque le déchet n'est ni réutilisé, ni valorisé, ce mode de gestion s'applique essentiellement aux déchets ultime dont aucune solution, à l'heure actuelle n'été trouvée (SAHNOUNE, 2005).

I.4.4.1. Les types de centre l'enfouissement technique (CET)

On distingue 3 types de décharges ou de Centres d'Enfouissement Technique (CET) qui peuvent être en 3 classes

Les CET de classe 1 : ou les centres de stockage pour résidus ultimes sont capables d'accueillir les déchets les plus toxiques tels que mâchefers, poussières d'épuration, des usines d'incinération, déchets industriels spéciaux.

Les CET de classe 2 : un peu moins étanches que les précédents, sont habilités à recevoir les ordures ménagères et assimilés.

Les CET de classe 3 : accueillie les déchets, gravats et mâchefers non toxiques (SABRI, 2011).

CHAPITRE 2

**RECYCLAGE DES DECHETS SOLIDE
ET LEUR VALORISATION**

II. RECYCLAGE DES DECHETS SOLIDE ET LEUR VALORISATION

Depuis quelques années nous remarquons, que la qualité de l'air et de la terre se détériore en raison de certains paramètres, dont notamment la pollution et l'accroissement du nombre de déchets. C'est pour cela qu'actuellement, de nombreux pays cherchent des alternatives pour pallier à ce problème. C'est ainsi, qu'apparaît la notion de développement durable, avec par exemple sur le plan énergétique, l'apparition des éoliennes ou de la géothermie. Cependant l'aspect du développement durable que nous avons choisi d'étudier est le recyclage, la valorisation des déchets et leur réutilisation (JULIEN, 2011).

II.1. Le recyclage

Le recyclage est un procédé de traitement des déchets industriels et des déchets ménagers (Figure 2) qui permet de réintroduire, dans le cycle de production d'un produit, des matériaux qui le composent. Le recyclage a deux conséquences écologiques majeures : la réduction du volume des déchets et la préservation des ressources naturelles. C'est une des activités économiques de la société de consommation. Certains procédés sont simples et bon marché mais, à l'inverse, d'autres sont complexes, coûteux et peu rentables. Dans ce domaine, les objectifs de l'écologie et ceux des consommateurs se rejoignent mais parfois divergent ; c'est alors le législateur qui intervient. Ainsi, en particulier depuis les années 70, le recyclage est une activité importante de l'économie et des conditions de vie des pays développés (JULIEN, 2011).

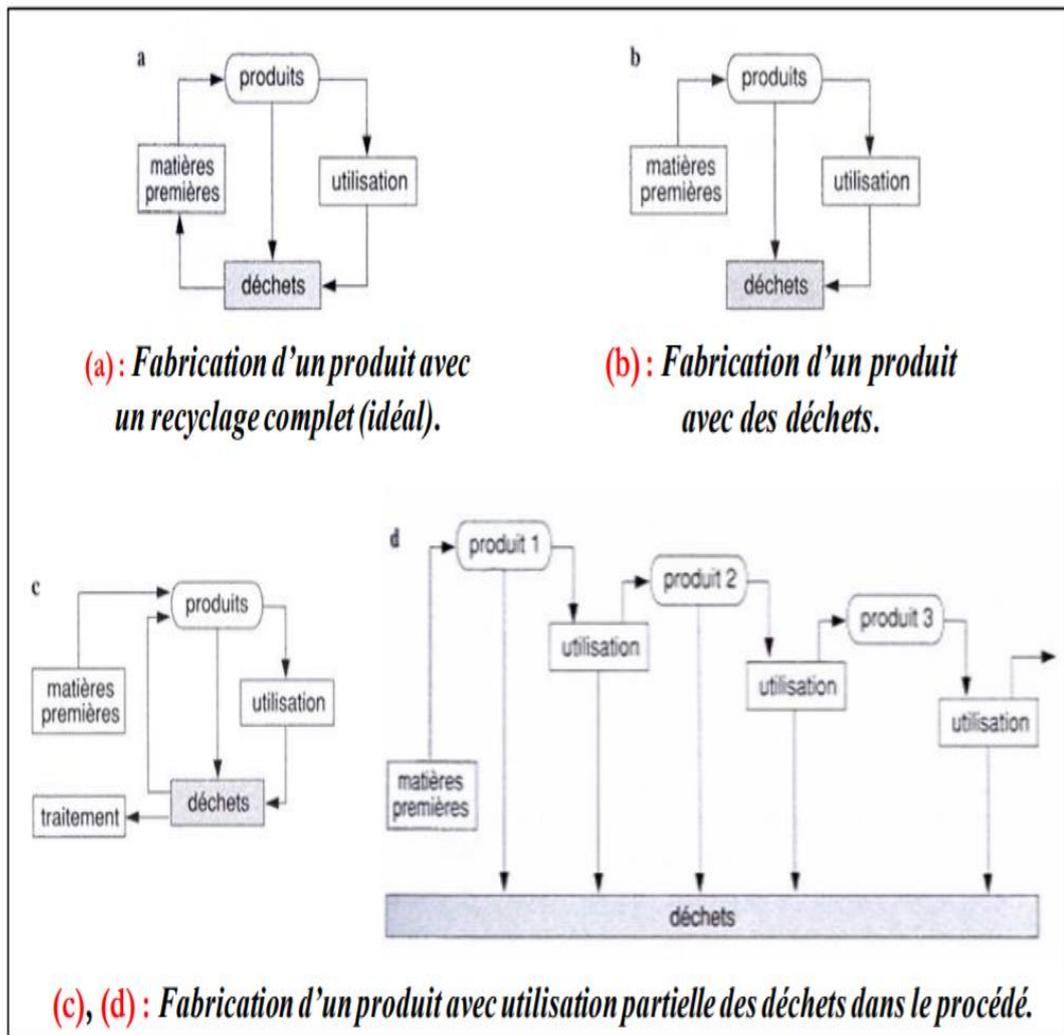


Figure 2: Schématisation des différents modes de recyclage des déchets (BENNAMA, 2016).

II.1.1. Procédés du recyclage

Il existe trois grandes familles de techniques de recyclage :

- Chimique
- Mécanique
- Organique.

Le recyclage dit «chimique» : utilise une réaction chimique pour traiter les déchets, par exemple séparation des certains composants.

Le recyclage dit «mécanique» : est la transformation des déchets à l'aide d'une machine, par exemple broyage.

Le recyclage dit «organique» : consiste, après compostage ou fermentation, à produire des engrais et du carburant tel que le biogaz (BENNAMA, 2016).

II.1.1.1. La chaîne du recyclage

a. Collecte de déchets

Les opérations de recyclage des déchets commencent par la collecte des déchets. Les déchets non recyclables sont incinérés ou enfouis en centres d'enfouissement techniques.

Les déchets collectés pour le recyclage ne sont pas destinés ni à l'enfouissement ni à l'incinération mais à la transformation. La collecte sélective, dite aussi séparative et souvent appelée à tort tri sélectif est la forme la plus répandue pour les déchets à recycler son principe est le suivant : celui qui crée le déchet le trie lui-même à la suite de la collecte, les déchets, triés ou non, sont envoyés dans un centre de tri où différentes opérations permettent de les trier de manière à optimiser les opérations de transformation. Le tri manuel est une de ces opérations (VORBURGER 2006, BELAÏB 2012).

b. Transformation

Une fois triés, les déchets sont pris en charge par les usines de transformation. Ils sont intégrés dans la chaîne de transformation qui leur est spécifique. Ils entrent dans la chaîne sous forme de déchets et en sortent sous forme de matière prête à l'emploi.

(VORBURGER, 2006; BELAÏB, 2012).

c. Commercialisation et consommation

Une fois transformés, les produits finis issues du recyclage sont utilisés pour la fabrication de produits neufs qui seront à leur tour proposés aux consommateurs et consommés. Pour être en fin de vie, à nouveau jetés, récupérés et recyclés (VORBURGER 2006; BELAÏB, 2012).

II.2. Valorisation

La valorisation des déchets est définie comme un mode de traitement qui consiste dans le réemploi, le recyclage ou autre action visant à obtenir, à partir des déchets, des matériaux réutilisables ou de l'énergie (Figure 3) (VORBURGER, 2006).

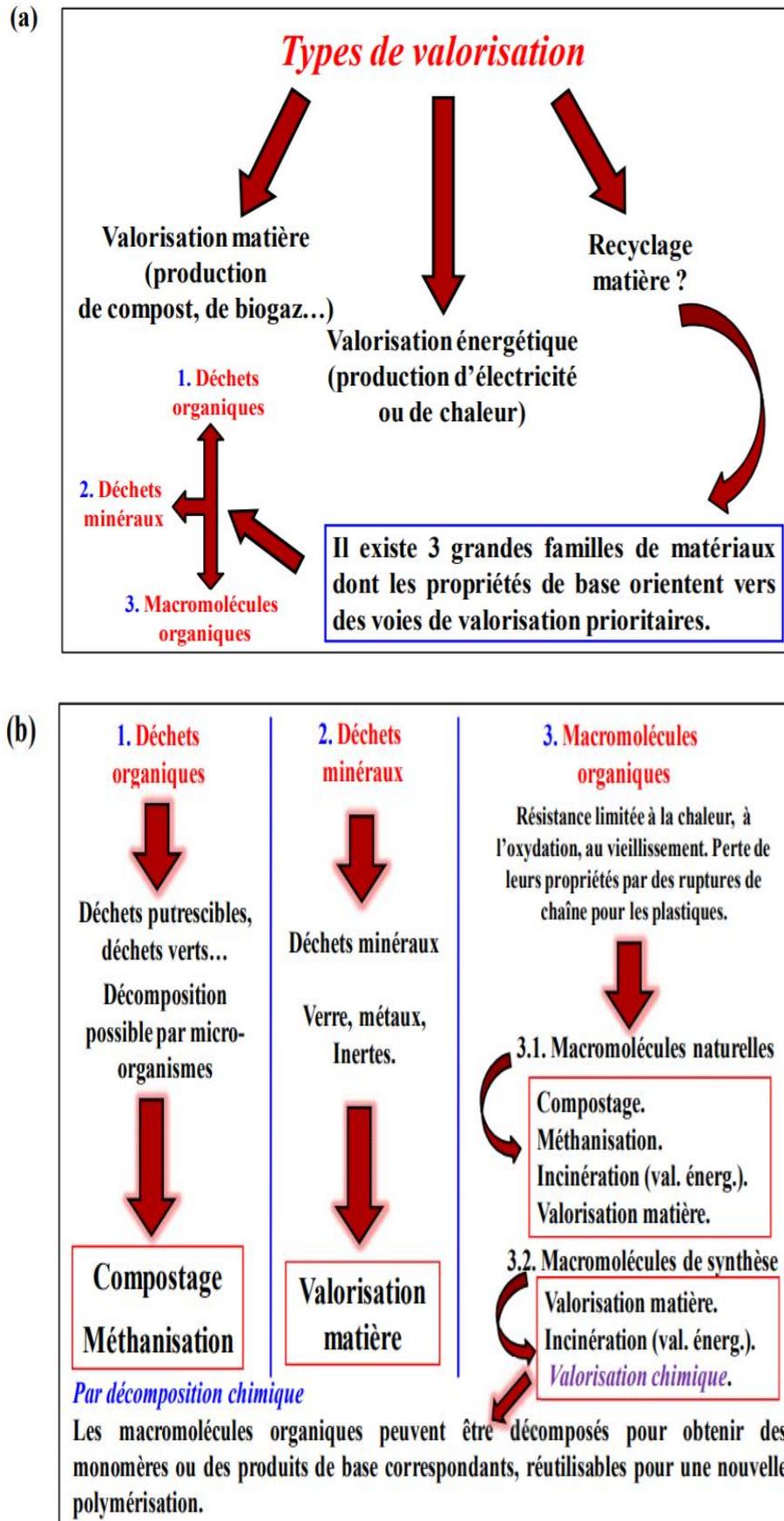


Figure 3 : (a) Types de valorisation, (b) Matériaux recyclables (plastiques, déchets minéraux et déchets organiques) (BENNAMA, 2016).

II.3. Recyclage des déchets en plastique

Les plastiques sont des mélanges de polymères et d'adjuvants synthétiques de nature organique (METALSI-TANI, 1986). Une matière plastique est un matériau susceptible de se déformer sous l'action d'une Force extérieure et de conserver la forme ainsi acquise lorsqu'on interrompt celle-ci (REYNE, 2006). Ce sont des matériaux organique constitués de macromolécules obtenues par polymérisation de monomère, elles sont produites par transformation des substances naturelle, ou par synthèse directe à partir de substance extraites d'un pétrole, du gaz naturel, de charbon ou d'autres matière minérales (VENE, 1976).

Un matériau plastique est apte à être recyclé selon sa nature et ses propriétés physiques et physico-chimiques. On entend par produit plastique recyclable celui qui est susceptible d'être refondu et moulé ou injecté à nouveau (CAP SCIENCES, 2006).

Ce sont les produits thermoplastiques qui se prêtent à cette pratique, contrairement aux plastiques thermo rigides, ou thermodurcissables, tels que le polyuréthane et le polyester.

Les déchets thermoplastiques sont traités et transformés en granulés par triage, broyage, lavage, séchage et fonte dans une extrudeuse pour être régénérés (Figure 4). Parmi les produits thermoplastiques répandus que l'on rencontre sur le marché national et qui sont recyclables, figurent : le PET (PolyEthylène Téréphtalate) ; le PE (PolyEthylène); le PVC (PolyChlorure de Vinyle) ; le PP (PolyPropylène) ; et les matériaux caoutchouteux (CAP SCIENCES, 2006).



Figure 4 : Cycle de vie des produits plastiques (BENNAMA, 2016)

II.3.1. Origine et répartition des plastiques

Les déchets de matières plastiques sont classés par catégories et par secteurs d'application.

- Déchets industriels
- Déchets de distribution (transport, emballage)
- Déchets des consommateurs finaux (GAUTRON, 2001).

II.3.2. Etapes du recyclage des déchets plastiques.

II.3.2.1. Le broyage, lavage et séchage

Après la collecte et tri des déchets plastiques, ils sont broyés et transformés en paillettes, puis lavés à chaud. Les paillettes propres doivent être complètement séchées. (Toute humidité résiduelle peut affecter la qualité du produit fini) (GABIRAULT, 2013).

II.3.2.2. Fonte et le filtrage

Les paillettes séchées sont passés dans une extrudeuse où la chaleur et la pression font fondre le plastique. (Chaque type de plastique a un point de fusion particulier). Le plastique fondu subit un filtrage serré, (cette étape permet d'enlever tout contaminant qui aurait résisté au cycle de lavage) (GABIRAULT, 2013).

II.3.2.3. Granulation

Les pailles sont refroidies puis coupées en granules. Celles-ci sont entreposées pour la vente et l'expédition. Les granules obtenues serviront de matière première pour de nouveaux produits, ils sont pris en charge par les usines de transformation. Ils sont intégrés dans la chaîne de transformation qui leur est spécifique et en sortent sous forme de matière prête à l'emploi (GABIRAULT, 2013).

II.3.3. Méthodes de valorisation du plastique

II.3.3.1. La valorisation énergétique

Consiste à incinérer les déchets plastiques pour récupérer l'énergie qu'elle contient sous forme de chaleur. Les plastiques, composés de pétrole raffiné, ont une capacité calorifique proche de celui-ci. Cette méthode de valorisation permet de recycler une grande partie des déchets plastiques. En revanche si elle est mal maîtrisée elle peut présenter des risques majeurs pour l'environnement et la santé des êtres vivants par l'émission de dioxines et des Hydrocarbures Aromatiques Polycycliques (HAP), molécules cancérigènes présentes dans les fumées (MESSAL, 2013).

II.3.3.2. La valorisation matière, ou valorisation mécanique,

Consiste à réutiliser les déchets plastiques avec un minimum de transformation de la matière. Cette technique est utilisée pour le traitement des déchets thermoplastiques.

Elle repose avant tout sur une collecte sélective ou un tri des déchets plastiques à partir des ordures ménagères. Il est très souvent nécessaire d'avoir des déchets plastiques triés par type de résine plastique. Plus le tri qui est efficace, plus le produit en sortie de valorisation matière est de bonne qualité. Les expériences que nous présentons ci-après sont des modes de valorisation matière (MESSAL, 2013).

II.3.3.3. Valorisation chimique

Consiste à transformer la matière plastique en molécule de base (polymère, ester...), pouvant servir à la synthèse d'une nouvelle matière plastique, ou pour la pétrochimie.

Ces technologies sont encore peu développées ou limitées à certaines natures de résines plastiques. On ne les utilise que dans les pays du Nord et les pays émergents (MESSAL, 2013).

II.4. Recyclage des déchets en verre

Le verre est la seule matière minérale solide que l'on puisse produire à des dimensions et sous des formes quelconques tout en conservant sa transparence (PETER et HUGH, 1990).

Le verre constitue une composante importante des ménages et des déchets industriels en raison de son poids et de sa densité. La composante de verre dans les déchets municipaux est généralement constituée de bouteilles cassées, verrerie, des ampoules et autres articles. Aussi de nombreuses méthodes manuelles de création d'objets en verre ont un taux de défectuosité de l'ordre de quarante pourcent (40%) (DJEMACI, 2011).

Le recyclage du verre est le processus de transformation des déchets de verre en produits utilisables (figure 05). Pour ce faire, les déchets de verre doivent être séparés par leur composition chimique (séparés en différentes couleurs) car le verre conserve sa couleur après le recyclage, ensuite, en fonction de l'utilisation finale et les capacités locales de transformation. Cette procédure permet d'utiliser moins d'énergie que la fabrication du verre à partir de sable, de chaux et de soude. Chaque tonne de déchets de verre recyclé dans les nouveaux éléments permet d'économiser 315 kg de dioxyde de carbone d'être relâchés dans l'atmosphère lors de la création du nouveau verre (DJEMACI, 2011).

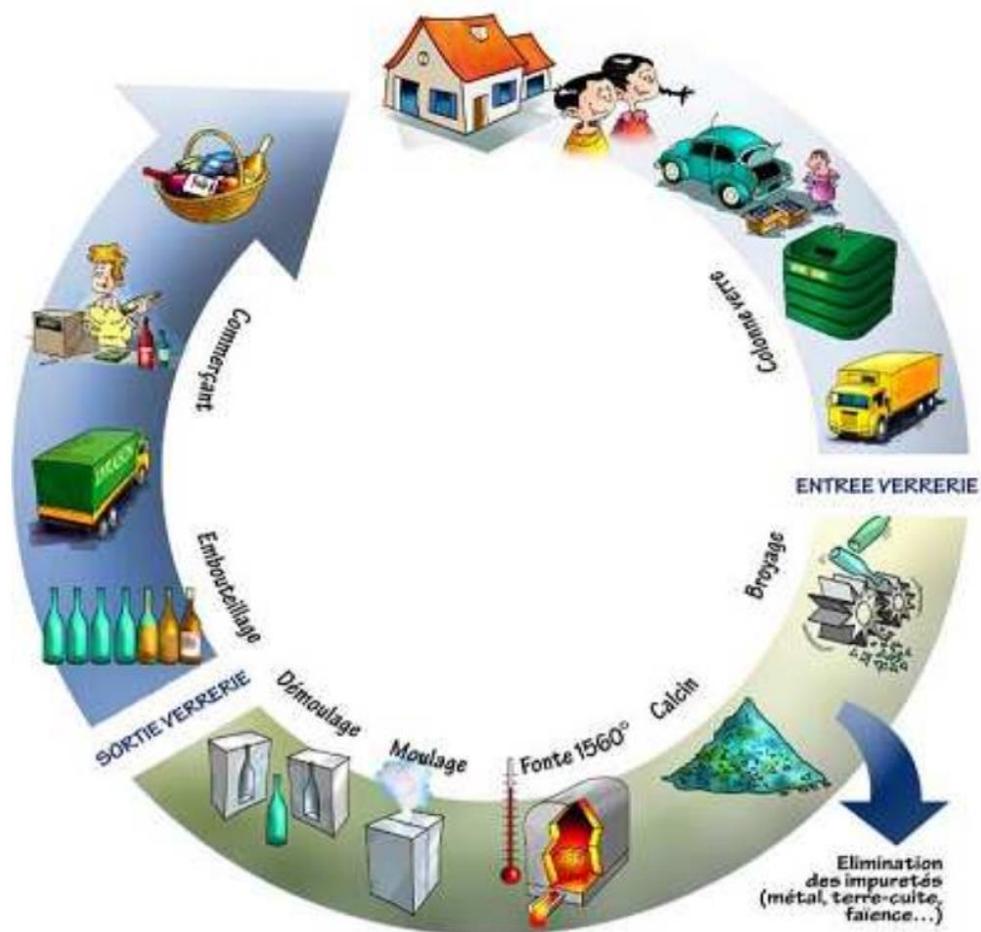


Figure 5 : Recyclage du verre d'emballage (DJEMACI, 2011).

II.4.1. Domaines de recyclage et valorisation des déchets de verre

Le recyclage du verre d'emballage possède de nombreux avantages, et celui notamment d'être utilisé à l'infini (DJEMACI, 2011). Le verre après broyage peut être réutilisé sous plusieurs formes dans plusieurs secteurs d'activité :

- **La construction** : il remplace les gravillons qu'on peut trouver dans les parpaings, et possède des qualités d'acoustique et de légèreté (DJEMACI, 2011).

- **L'abrasion** : les microbilles de verre pour traiter des surfaces sans les endommager ou la poudre de verre afin de préparer des surfaces à travailler, et les billes de verre pour le broyage. Les pigments pour la peinture dans les enduits pour un effet esthétique particulier ou dans la peinture pour la signalisation routière (DJEMACI, 2011).

- **Les matériaux de décoration** : dans les roches décoratives pour la mosaïque par exemple : Le nettoyage par la libération de soude et de potasse, ainsi que grâce à ses microparticules, qui possèdent des qualités de détergents (DJEMACI, 2011).

II.5. Recyclage des déchets en papier

La consommation de papiers augmente avec le développement et la richesse d'un pays. Le papier a été réalisé à partir de fibres de cellulose issue de sous-produits de la forêt (petits bois d'éclaircies, copeaux, délignification de feuillus ou de résineux), transformés sous forme de pâte. La quasi-totalité des produits à base de papiers sont recyclables, mais comme matière première secondaire. Ils peuvent être utilisés pour fabriquer des produits comparables. Compte tenu de son importance sur le plan économique, le gisement de papiers est constitué de divers circuits, à savoir, industriel, commercial et déchets ménagers (journaux, magazines, produits de bureaux, emballages ménagers...). On précise que 93 % des fibres récupérées sont issues du circuit industriel et commercial (TAHRAOUI, 2006).

Il existe deux modes de recyclage : le pulpage et le compactage.

- **Le pulpage** : permet de récupérer les fibres de carton afin de fabriquer de nouveaux papiers.

- **Le compactage** : permet de fabriquer des panneaux destinés à l'industrie du meuble et de la construction sans ajout de liant. Les matériaux sont déchiquetés, chauffés, compressés et refroidis. (TAHRAOUI, 2006). Ce recyclage permet de réutiliser plusieurs fois car les fibres de cellulose constituant du papier ou du carton et ces derniers sont issues d'une ressource naturelle et renouvelable.

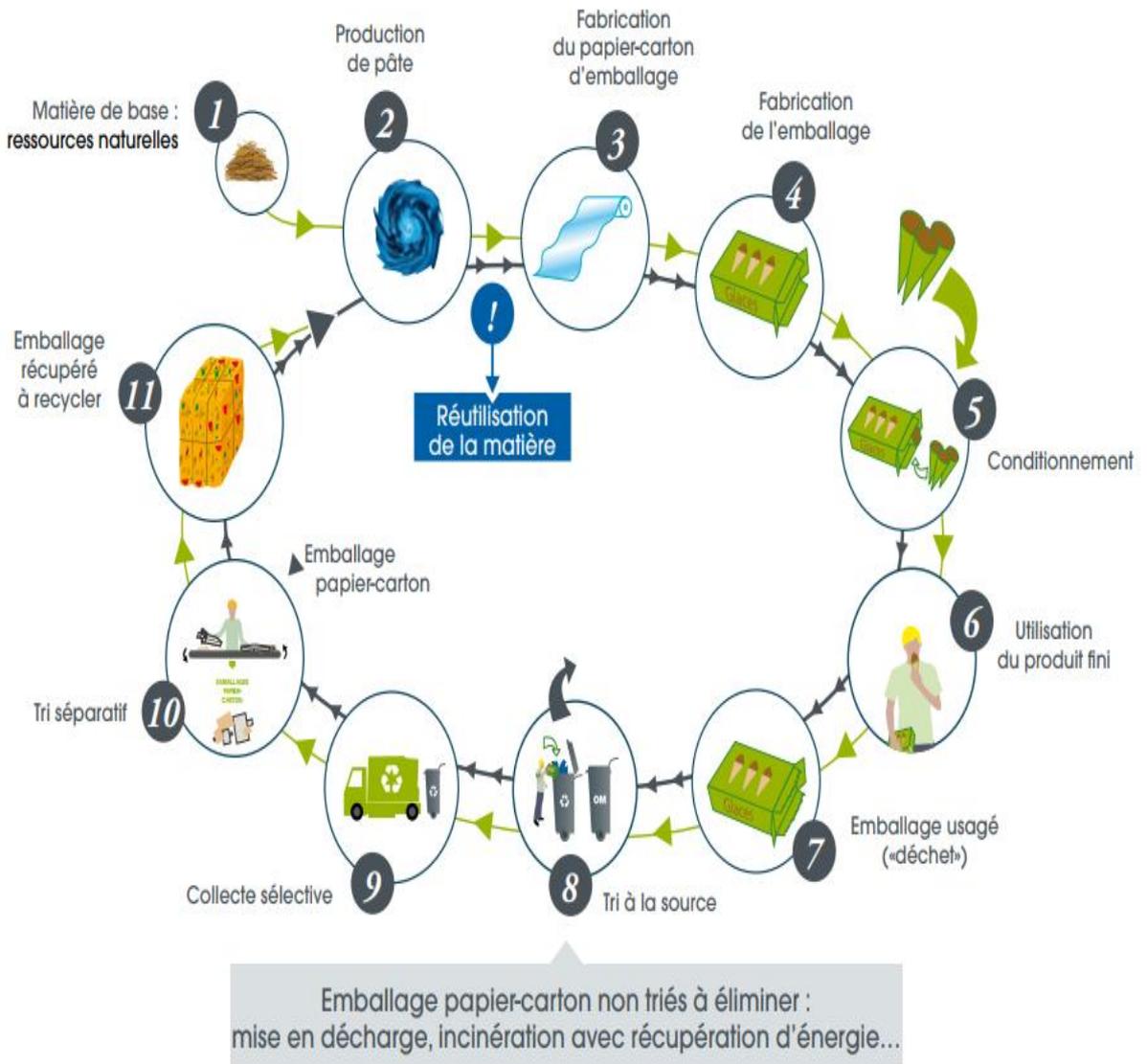


Figure 6 : Recyclage de papier (ECO-EMBALLAGES, 2009)

II.6. Recyclage des déchets en vert

Les déchets verts sont des résidus d'origine végétale qui proviennent des activités de jardinage et d'entretien des espaces verts. Ils sont aussi produits par les ménages ou par les collectivités territoriales, et par les agriculteurs. L'ensemble des déchets verts ne sont pas assimilables aux bios déchets. Ils regroupent différents types de déchets qui ont été classés en quatre grandes catégories (VIAL, 2014).

- Tontes de pelouses et fauchage : déchets celluloseux
- Feuilles mortes : déchets ligno-celluloseux à celluloseux
- Tailles d'arbustes, haies, arbustes et brindilles : déchets ligno-celluloseux
- Elagage et abattage d'arbres et haies : déchets ligneux

Cependant, leur valorisation reste une étape très importante dans le traitement de ces déchets. Il existe trois grands types de valorisation des déchets verts qui sont :

II.6.1. La valorisation organique

Cela comprend la valorisation par compostage, qui est un procédé de transformation de matière. Le résultat du compostage, qui est le compost, permet d'amender les sols en améliorant leur structure et leur fertilité (VIAL 2014).

II.6.2. La valorisation énergie par production de biogaz

Cela est rendu possible par la méthanisation, procédé de décomposition de la matière organique qui est régi par les micro-organismes en l'absence d'oxygène. Ces dernières sont ensuite expédiées dans une unité de production de biogaz. Après décomposition, les déchets organiques servent à produire du fertilisant agricole et du biogaz servant à produire de l'électricité ou de la chaleur (VIAL, 2014).

II.6.3. La valorisation d'énergie grâce au bois

Ce type de valorisation qui est d'ailleurs la première source d'énergie renouvelable dans le monde, va servir entre autres à :

- Produire de la chaleur (principale voie de valorisation bois énergie)
- Produire de l'électricité et des biocarburants

Le mode de valorisation le plus fréquent reste tout de même le compostage qui reste bien moins coûteux que la méthanisation par exemple (VIAL, 2014).

CHAPITRE 3

RECYCLAGE DES DECHETS LIQUIDES

III. RECYCLAGE DES DECHETS LIQUIDES

III.1. Traitement des eaux usées

III.1.1. Généralités sur les eaux usées

En parlant de l'eau usée il semble important d'avoir une idée sur sa définition, son origine et ses caractéristiques, ainsi que les différentes méthodes utilisées pour son épuration. Selon (REJSEK, 2002), les eaux résiduaires urbaines (ERU), ou eaux usées, sont des eaux chargées de polluants, solubles ou non, provenant essentiellement de l'activité humaine.

Une eau usée est généralement un mélange de matières polluantes répondant à ces catégories, dispersées ou dissoutes dans l'eau qui a servi aux besoins domestiques ou industriels (GROSCLAUD, 1999). Donc sous la terminologie d'eau résiduaire, on groupe des eaux d'origines très diverses qui ont perdu leurs puretés ; c'est-à-dire leurs propriétés naturelles par l'effet des polluants après avoir été utilisées dans des activités humaines (domestiques, industrielles ou agricoles).

III.1.2. Différents types des eaux usées

D'après (RODIER et al., 2005), les eaux usées peuvent être classé comme :

- Les eaux d'origine urbaines constituées par des eaux ménagères (lavage corporel et du linge, lavage des locaux, eaux de cuisine)
- Les eaux vannent chargées de fèces et d'urines, Toute cette masse d'effluents est plus ou moins diluée par les eaux de lavage de la voirie
- Les eaux pluviales peuvent s'y ajouter suivant les cas les eaux d'origine industrielle et agricole. L'eau, ainsi collectée dans un réseau d'égout, apparaît comme un liquide trouble, généralement grisâtre, contenant des matières en suspension d'origine minérale et organique à des teneurs extrêmement variables. En plus des eaux de pluies, les eaux résiduaires urbaines sont principalement d'origine domestique mais peuvent contenir des eaux résiduaires d'origine industrielle d'extrême diversité.

Donc les eaux résiduaires urbaines (ERU) sont constituées par :

- Des eaux résiduaires ou eaux usées d'origine domestique, industrielle et/ou agricole
- Des eaux pluviales ou de ruissellement urbain.

III.1.2.1. Origine pluviales

Ce sont des eaux de ruissellement qui se forment après une précipitation. Elles peuvent être particulièrement polluées surtout en début de pluie par deux mécanismes le lessivage des sols et des surfaces imperméabilisées. Les déchets solides ou liquides déposés par temps sur ces surfaces sont entraînés dans le réseau d'assainissement par les premières précipitations qui se produisent. Par temps sec, l'écoulement des eaux usées dans les collecteurs des réseaux est lent ce qui favorise le dépôt de matières décan tables. Lors d'une précipitation, le flux d'eau plus important permet la remise en suspension de ces dépôts (SAADI et LAHMAR, 2018).

III.1.2.2. Origine industrielle

Les déchets et les effluents industriels définissent largement la qualité et le taux de pollution de ces eaux usées. Les établissements industriels utilisent une quantité importante d'eau qui tout en restant nécessaire à consommer qu'en très faible partie reste est rejeté. On peut néanmoins, faire un classement des principaux rejets industriels suivant la nature des inconvénients qu'ils déversent :

- Pollution due aux matières en suspension minérales (lavage de charbon, carrière, tamisage du sable et gravier, industries productrices d'engrais phosphatés....)
- Pollution due aux matières en solution minérales (usine de décapage, galvanisation...)
- Pollution due aux matières organiques et graisses (industries agroalimentaires, équarrissages, pâte à papier...)
- Pollution due aux rejets hydrocarbonés et chimiques divers (raffineries de pétrole, porcherie, produits pharmaceutiques.....)
- Pollution due aux rejets toxiques (déchets radioactifs non traités, effluents radioactifs des industries nucléaires....).

Les eaux résiduaires d'origine industrielle ont généralement une composition plus spécifique et directement liée au type d'industrie considérée. Indépendamment de la charge de la pollution organique ou minérale, de leur caractère putrescible ou non, elles peuvent présenter des caractéristiques de toxicité propres liées aux produits chimiques transportés (RODIER, 2005).

III.1.2.3. Origine domestique

Les effluents domestiques sont un mélange d'eaux contenant des déjections humaines : urines, fèces (eaux vannes) et eaux de toilette et de nettoyage des sols et des

aliments (eaux ménagères). Ces eaux sont généralement constituées de matières organiques dégradables et de matières minérales, ces substances sont sous forme dissoute ou en suspension. Elles se composent essentiellement par des eaux de vanne d'évacuation de toilette. Et des eaux ménagères d'évacuation des cuisines, salles de bains. Elles proviennent essentiellement :

- Des eaux de cuisine qui contiennent des matières minérales en suspension provenant du lavage des légumes, des substances alimentaires à base de matières organiques (glucides, lipides, protides) et des produits détergents utilisés pour le lavage de la vaisselle et ayant pour effet la solubilisation des graisses.
- Des eaux de buanderie contenant principalement des détergents.
- Des eaux de salle de bain chargées en produits utilisés pour l'hygiène corporelle, généralement des matières grasses hydrocarbonées.
- Des eaux de vannes qui proviennent des sanitaires (W.C), très chargées en matières organiques hydrocarbonées, en composés azotés, phosphatés et microorganisme.(REJESK, 2002).

III.1.2.4. Origine agricole

Ce sont des eaux qui ont été polluées par des substances utilisées dans le domaine agricole. Dans le contexte d'une agriculture performante et intensive, l'agriculteur est conduit à utiliser divers produits d'origine industrielle ou agricole dont certains présentent ou peuvent présenter, des risques pour l'environnement et plus particulièrement pour la qualité des eaux. Il s'agit principalement des fertilisants (engrais minéraux du commerce ou déjections animales produites ou non sur l'exploitation) et des produits phytosanitaires (herbicides, fongicides, insecticides,...) (GROSCLAUDE, 1999), donc ces eaux sont l'issues :

- Des apports directs dus aux traitements des milieux aquatiques et semi- aquatiques tels que le désherbage des plans d'eau, des zones inondables (faucardage chimique) et des fossés, ainsi que la démoustication des plans d'eau et des zones inondables (étangs et marais).
- Des apports indirects dus en particulier à l'entraînement par ruissellement, aux eaux de rinçage des appareils de traitement, aux résidus présents dans des emballages non correctement rincés ou détruits, aux eaux résiduares des usines de fabrication et de conditionnement. (GROSCLAUDE, 1999).

III.1.3. Caractéristiques des eaux usées

III.1.3.1. Paramètres Organoleptiques

a. La couleur

Une eau pure observée sous une lumière transmise sur une profondeur de plusieurs mètres émet une couleur bleu clair car les longueurs d'ondes courtes sont peu absorbées alors que les grandes longueurs d'onde (rouge) sont absorbées très rapidement (REJESK, 2002). La coloration d'une eau est dite vraie ou réelle lorsqu'elle est due aux seules substances en solution. Elle est dite apparente quand les substances en suspension y ajoutent leur propre coloration. (RODIER et al., 2005).

b. Odeur

Les eaux résiduaires industrielles se caractérisent par une odeur. On dit que toute odeur est polluée car due à la présence de matières organiques en décomposition (RODIER et al., 2005).

III.1.3.2. Paramètres Physiques

a. Température

Il est important de connaître la température de l'eau avec une bonne précision.

En effet, celle-ci joue un rôle dans la solubilité des sels et surtout des gaz, dans la dissociation des sels dissous, sur la conductivité électrique, dans la détermination du pH, pour la connaissance de l'origine de l'eau et des mélanges éventuels, etc... (RODIER et al., 2005).

b. Turbidité

La turbidité est inversement proportionnelle à la transparence de l'eau, le paramètre de pollution indiquant la présence de la matière organique ou minérale sous forme colloïdale en suspension dans les eaux usées. Elle varie suivant les matières en suspension (MES) présentes dans l'eau (RODIER et al., 2005).

c. La matière en suspension (MES)

Exprimée en milligramme par litre (mg/l). Ce sont les matières non dissoute de diamètre supérieur à 1µm contenues dans l'eau. Dans le milieu récepteur, les matières en suspension (MES) peuvent entraîner des perturbations de l'écosystème par une diminution de la clarté de l'eau, les matières volatiles en photosynthèse végétale. De plus, ces derniers peuvent être de nature organique et entraîner les nuisances associées aux molécules organiques (RODIER, 2005).

d. Les matières volatiles en suspension (MVS)

Elles sont recueillies soit par filtration, soit par centrifugation, séchées à 105°C, puis pesées, ce qui fournit la teneur en matières volatiles en suspension (MES) exprimé en (mg/l).

Elles sont ensuite chauffées à 500-600°C les matières volatiles disparaissent, et la perte de poids est attribuée aux MVS (g ou mg/l) (REJSEK, 2002).

e. Les matières minérales sèches (MMS)

Elles représentent la différence entre les matières en suspension (MES) et les matières volatiles en suspension (MVS) et correspondent à la présence de sel, et de silice (REJSEK, 2002).

f. Les matières décan tables et non décan tables

On distingue les fractions qui décantent en un temps donné (2 heures) suivant les conditions opératoires, et les matières non décan tables qui restent dans l'eau et qui vont donc être dirigées vers les procédés biologiques (REJSEK, 2002).

III.1.3.3. Paramètres Chimiques

a. Potentiel Hydrogène (pH)

L'acidité, la neutralité ou l'alcalinité d'une solution aqueuse peut s'exprimer par la concentration en H_3O^+ (noté H^+ pour simplifier). De manière à faciliter cette expression, on utilise le logarithme décimal de l'inverse de la concentration en ion H^+ : c'est le pH. (MATHIEU et PIELTAIN, 2003).

$$pH = \log \frac{1}{[H^+]} = -\log[H^+]$$

b. Demande Chimique en Oxygène (DCO)

La demande chimique en oxygène est un composé essentiel de l'eau car il permet la vie de la faune et il conditionne les réactions biologiques qui ont lieu dans les écosystèmes aquatiques. Elle est définie comme étant la concentration massique, exprimée en mg/L, en dioxygène, équivalente à la quantité de dichromate de potassium consommée par les matières oxydables de la solution.

La solubilité de l'oxygène dans l'eau dépend de différents facteurs, dont la :

- Température
- Pression
- force ionique du milieu.

La concentration en oxygène dissous est exprimée en mg (REJSEK, 2002).

c. Demande Biochimique en Oxygène (DBO)

Pratiquement, la demande biochimique en oxygène devrait permettre d'apprécier la charge du milieu considéré en substances putrescibles, son pouvoir auto-épurateur et d'en

déduire la charge maximale acceptable, principalement au niveau des traitements primaires des stations d'épuration. (RODIER, 2005).

Selon (REJSEK, 2002), la demande biochimique en oxygène après 5 jours (DBO5) d'un échantillon est la quantité d'oxygène consommé par les microorganismes aérobies présents dans cet échantillon pour l'oxydation biochimique des composés organiques et/ou inorganiques.

La relation suivante permet de calculer la valeur de la DBO en mgO₂ / l :

$$\text{DBO5} = ((P0-P5) - (K0-K5))*V/E \text{ (Eq. 27)}$$

Avec :

- P0 : concentration d'O₂ dans la dilution au début de l'essai;
- P5 : concentration d'O₂ dans la dilution à la fin de l'essai (après 5 jours);
- K0 : concentration d'O₂ dans l'eau de dilution au début de l'essai
- K5 : concentration d'O₂ dans l'eau de dilution à la fin de l'essai (après 5 jours);
- V : volume du flacon ;
- E : prise d'essai.

d. Azote

L'azote présent dans l'eau et a un caractère organique ou minéral.

- L'azote organique est principalement constitué par des composés tels que des protéines, des polypeptides, des acides aminés, de l'urée. Le plus souvent ces produits ne se trouvent qu'à de très faibles concentrations.
- l'azote minéral (ammoniaque, nitrate, nitrite), il constitue la majeure partie de l'azote total. (RODIER, 2005).

e. Nitrates

Les nitrates se trouvant naturellement dans les eaux provenant en grande partie de l'action de l'écoulement des eaux sur le sol constituant le bassin versant. Leurs concentrations naturelles ne dépassent pas 3 mg/L dans les eaux superficielles et quelques mg/L dans les eaux souterraines. La nature des zones de drainage joue donc un rôle essentiel dans leur présence et l'activité humaine accélère le processus d'enrichissement des eaux en nitrates. La

teneur en nitrates est en augmentation ces dernières années, de l'ordre de 0,5 à 1 mg/l/an, voire 2 mg/l/an dans certaines régions.

Cette augmentation est due à plusieurs origines :

- Agricole : agriculture intensive avec utilisation massive d'engrais azoté ainsi que rejets d'effluents d'élevage. Cette source représente les 2/3 de l'apport en nitrates dans le milieu naturel.
- Urbaine : rejet des eaux épurées des stations d'épuration où l'élimination de l'azote n'est pas total et qui peuvent rejeter des nitrates ou des ions ammonium qui se transformeront en nitrates dans le milieu naturel. Cette source représente les 2/9 des apports.
- Industrielle : rejet des industries minérales, en particulier de fabrication des engrais azotés. Cette source représente 1/9 des apports (REJSEK, 2002).

f. Azote Ammoniacal

Pour désigner l'azote ammoniacal, on utilise souvent le terme d'ammoniaque qui correspond aux formes ionisées (NH_4^+) et non ionisées (NH_3) de cette forme d'azote. Dans son état primitif, l'ammoniac (NH_3) est un gaz soluble dans l'eau, mais, suivant les conditions de pH, il se transforme soit en un composé non combiné, soit sous forme ionisée (NH_4^+). Les réactions réversibles avec l'eau sont fonction de la température sont les suivantes :



g. Phosphore

Le phosphore peut exister dans les eaux en solution ou en suspension, à l'état minéral ou organique. Les composés phosphorés qui, sans hydrolyse ou minéralisation, répondent au test spectrophotométriques sont considérés comme étant des ortho phosphatés.

L'hydrolyse en milieu acide fait apparaître le phosphore hydrolysable et minéralisation, le phosphore organique. Chaque fraction (phosphore en solution ou en suspension) peut être séparée analytiquement en ortho phosphatés, phosphore hydrolysable et phosphore organique.

Suivant les cas, la teneur en phosphates peut être exprimée en mg/L de PO_4 ou de P_2O_5 1mg/L, $\text{PO}_4 = 0,747 \text{ mg/L}$, $\text{P}_2\text{O}_5 = 0,326 \text{ mg/L}$ (Rodier 2005).

h. Sulfate

La concentration en ion sulfate des eaux naturelles est très variable. Dans les terrains ne contenant pas une proportion importante de sulfates minéraux, elle peut atteindre 30 à 50

mg/L, mais ce chiffre peut être très largement dépassé (jusqu'à 300 mg/L) dans les zones contenant du gypse ou lorsque le temps de contact avec la roche est élevé. La teneur en sulfates des eaux doit être reliée aux éléments alcalins et alcalinoterreux de la minéralisation.

Leur présence dans l'eau est généralement due à des rejets en provenance d'ateliers de blanchiment (laine, soie, etc...), d'usines de fabrication de cellulose (pâte à papier, etc...) et d'unités de décoloration. Sont utilisées, par ailleurs, les propriétés réductrices des sulfites dans les eaux de chaudières pour éviter la corrosion liée à la présence d'oxygène dissous, l'injection dans le circuit se fait habituellement en continu à la concentration de 20 mg. Cependant un excès d'ions sulfites dans les eaux de chaudières peut avoir des effets néfastes car il abaisse le pH et peut alors développer la corrosion. En cas de rejet dans l'environnement, les sulfites se combinent à l'oxygène en donnant des sulfates (RODIER, 2005).

III.1.3.4. Paramètres Bactériologiques.

Les bactéries sont ubiquitaires dans la nature car il s'agit probablement des premiers êtres vivants apparus sur la terre (archéobactéries). Seules quelques dizaines d'espèces sont adaptées à l'homme la plupart sont inoffensives ou même utiles, étant commensales et faisant partie des flores cutanées, digestive, buccale, génitale, certaines sont pathogènes, opportunistes, une minorité est régulièrement pathogène (RODIER, 2005).

a. Coliformes

Sous le terme de «coliformes» est regroupé un certain nombre d'espèces bactérie ne s'apparentent en fait à la famille des entérobactéries. La définition suivante a été adoptée par l'Organisation Internationale de Standardisation (ISO) : «Bacille à Gram négatif, non sporogène, oxydase négative, facultativement anaérobie, capable de croître en présence de sels biliaires ou d'autres agents de surface possédant des activités inhibitrices de croissance similaire, et capable de fermenter le lactose (et le mannitol) avec production d'acide et d'aldéhyde en 48 h, à des températures de 35 à 37°C» (REJSEK, 2002).

Les coliformes comprennent les genres : Escherichia, Citrobacter, Enterobacter, Klebsiella, Yersinia, Serratia.

Le terme de «coliformes fécaux» ou de «coliformes-tolérants» correspond à des coliformes qui présentent les mêmes propriétés (caractéristiques de coliformes) après incubation à la température de 44°C.

b. Streptocoques fécaux (SF)

Sont des bactéries à gram positif sphériques à ovoïde formant de chainettes, non sporulées, se cultivant en anaérobiose à 44°C et à pH=9,6. La recherche de streptocoques fécaux ne doit pas être considérée que comme un complément à celle des coliformes thermotolérant pour être le signe d'une contamination fécale. Le genre Streptococcies est vaste et divers, de sorte qu'il est difficile de classer ces bactéries de façon satisfaisante (REJSEK, 2002).

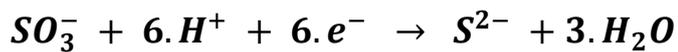
Les 29 espèces du genre Streptococcies sont subdivisées en 4 groupes principaux les :

- Streptocoques pyogènes hémolytiques.
- Streptocoques oraux.
- Entérocoques.
- Streptocoques lactiques.

c. Clotridiumsulfito-réductrices (CSR)

Les Clotridium sulfito-réducteurs sont souvent considérés comme des témoins de pollution fécale. La forme spore, beaucoup plus résistante que les formes végétatives des coliformes fécaux et des streptocoques fécaux, permettrait ainsi de déceler une pollution fécale ancienne ou intermittente. Sans débattre de l'intérêt réel d'une telle indication concernant la date de pollution, il faut cependant considérer que si les Clotridium sulfito réducteurs peuvent certes être des germes fécaux, ce sont également des germes telluriques et que, de ce fait, aucune spécificité d'origine fécale ne peut être attribuée à leur mise en évidence. Dans une telle optique d'interprétation, il y a intérêt à ne rechercher que les espèces les plus susceptibles d'être d'origine fécale : c'est le cas en particulier de Clostridium perfringens. (RODIER, 2005).

Selon (REJSEK, 2002), les spores des bactéries anaérobies sulfito réductrices et celles de Clotridium perfringens peuvent être intéressantes en tant qu'indicateurs de traitement. Ainsi, elles peuvent montrer l'efficacité d'un traitement de filtration, où elles se comportent comme des kystes de parasites, aussi bien au niveau d'une station de traitement qu'au niveau du sol signe d'efficacité de la filtration naturelle. De plus, Clotridium perfringens, sous sa forme sporulée, est très résistant à la chloration et va donc se comporter comme les microorganismes plus difficiles à mettre en évidence. Donc la nomenclature sulfito réducteurs est attribuée à ces germes car ils ont comme point commun de réduire le sulfite de sodium en sulfure selon la réaction suivante :



III.1.4. Station d'épuration

Une station d'épuration est un centre de traitement de l'eau qui peut remplir deux missions distinctes :

- recycler les eaux usées en éliminant les polluants avant leur rejet dans leur milieu naturel.
- rendre les eaux naturelles propres et sans danger pour la consommation humaine.

Elle est installée à l'extrémité d'un réseau de collecte des égouts et en amont du milieu naturel. Il existe plusieurs filières de station d'épuration selon le type et la quantité de pollution à traiter.

Le rôle des stations d'épurations peut être résumé dans les points suivants :

- Traiter les eaux.
- Protéger l'environnement.
- Protéger la santé publique.
- Valoriser éventuellement les eaux épurées et les boues issues du traitement (BADIA-GONDARD, 2003).

III.1.4.1. Procédés d'épuration des eaux usées

a. Prétraitements

Le prétraitement est un l'ensemble d'opérations physiques et mécaniques, ils ont pour objectif d'éliminer les éléments les plus grossiers qui sont susceptibles de gêner les traitements ultérieurs s'il s'agit des déchets volumineux (dégrillage), des sables et graviers (dessablage) et des graisses (dégraissage, déshuilage) (BADIA-GONDARD, 2003).

b. Dégrillage

Le dégrillage (figure 7) est une opération indispensable pour éliminer de gros objets susceptibles de gêner le fonctionnement des procédés situés en aval. Il permet de séparer et d'évacuer les matières volumineuses, amenées par l'effluent à traiter. L'efficacité de ce traitement dépend essentiellement de l'écartement des barreaux des grilles qui sont de trois types:

- Dégrillage fin (écartement 3 à 10mm).
- Dégrillage moyenne (écartement 10 à 25mm).

- Dégrillage grossier (écartement 50 à 100mm) (SATIN et SELMI, 2006).

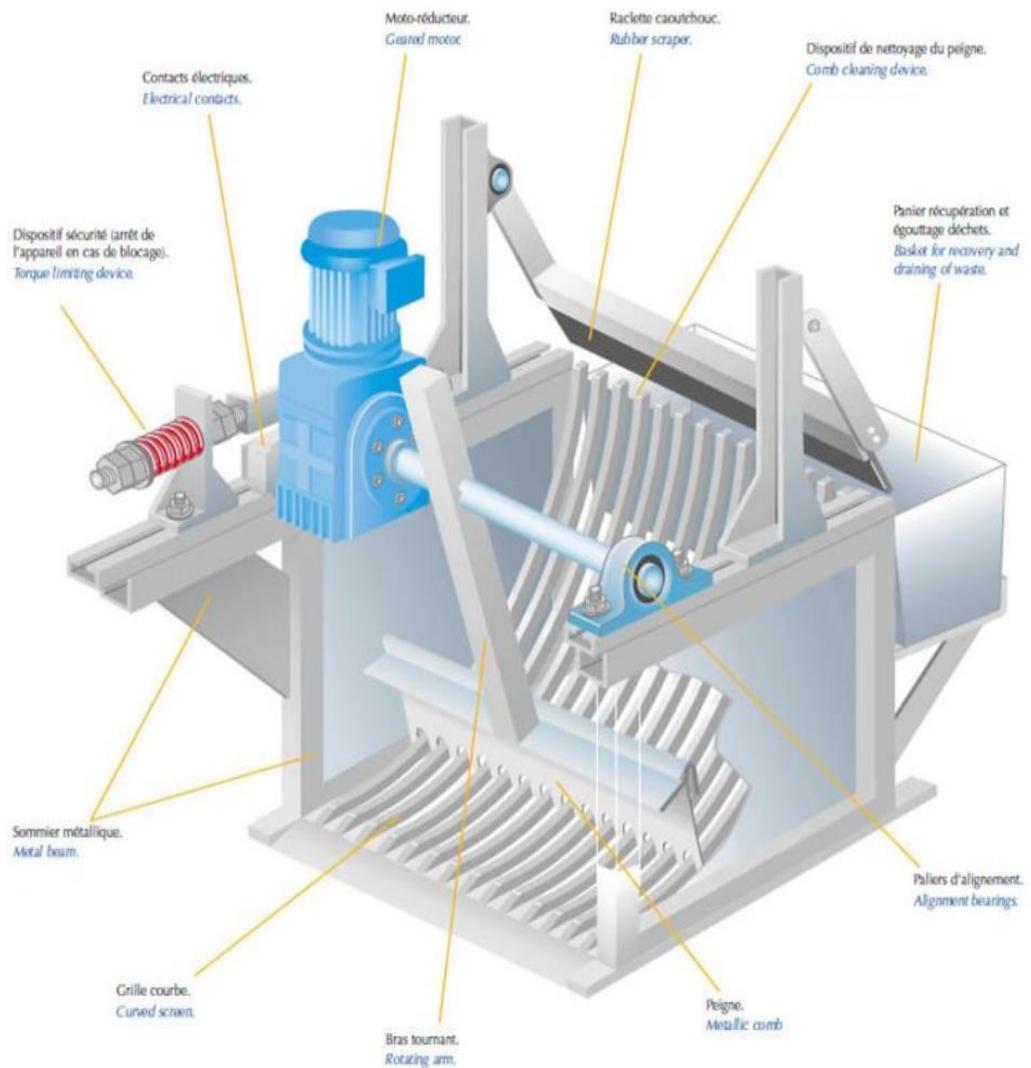


Figure 7: Dégrillage (SAADI et LAHMAR, 2018).

Tamisage

Le tamisage est un dégrillage poussé utilisé dans les stations d'épuration industrielles. Il consiste en une filtration sur toile mettant en œuvre des mailles de différentes dimensions. Il existe un macrotamisage (mailles > 0.3mm) et un tamisage (mailles < 100µm).



Figure 8: Tamisage (SAADI et LAHMAR, 2018).

Dessablage

Le dessablage consiste en l'élimination des sables présents dans l'effluent brute pour éviter leur dépôt dans les canalisations induisant leur bouchage et permet de réduire la production des boues et d'éviter de perturber les autres étapes de traitement, en particulier, le réacteur biologique (SATIN et al., 2010).



Figure 9 : Dessablage (SATIN et al., 2010).

Déshuilage et dégraissage

Le déshuilage est une opération de séparation liquide-liquide, alors que le dégraissage est une opération de séparation solide-liquide (à la condition que la température de l'eau soit suffisamment basse, pour permettre de figer les graisses). Ces deux procédés visent à éliminer la présence des corps gras dans les eaux usées, qui peuvent gêner l'efficacité du traitement biologique qui intervient par la suite (DEGREMENT, 1989). La rétention environ 80% de la matière grasse lorsque la température est inférieure à 30°C (DEGREMENT, 1995).

b. Traitement primaires

Le traitement primaire constitue une pré-épuration non négligeable pour garantir la qualité du rejet en milieu naturel. Il fait appel à différents procédés physiques et chimiques. Les matières décantables se déposent au fond ou flottent à la surface par différence de densité ou après l'adjonction de produit agglomérant les matières, accélérant leur flottation ou leur sédimentation (SATIN et SELMI, 2006). Le traitement primaire élimine plus de la moitié des matières en suspension jusqu'à 60% et de la matière organique de l'ordre de tiers de la DBO5 entrante (DEGREMENT, 1989).

Procédés de décantation physique

❖ Décantation

La décantation a pour principe d'éliminer les particules en suspension par gravité, les matières solides se déposent au fond d'un ouvrage appelé "décanteur" pour former les "boues primaires". Ces dernières sont récupérées au moyen d'un système de raclage (VILAGINES, 2010).

L'utilisation d'un décanteur lamellaire permet d'accroître le rendement de la décantation, ce type d'ouvrage comporte des lamelles parallèles inclinées.

Ce qui multiplie la surface de décantation et accélère donc le processus de dépôt des particules. Une décantation lamellaire permet d'éliminer plus de 70 % des matières en suspension. La décantation est encore plus performante lorsqu'elle s'accompagne d'une floculation préalable (DALOZ, 2007).

❖ Flottation

La flottation est un procédé de séparation solide-liquide ou liquide qui s'applique à des particules dont la masse volumique est inférieure à celle du liquide qui les contient (VILAGINES, 2010). Pour l'extraction des particules en suspension, on fait appel à des techniques de clarification et d'épaississement par insufflation d'air. Les bulles d'air s'accrochent aux particules fines à éliminer en les ramenant à la surface de l'eau (SATIN et

al., 2010). Ce traitement élimine 50 à 55 % des matières en suspensions et réduit d'environ 30% de la DBO5 et de la DCO (VILAGINES, 2000).

Procédés de décantation chimique

La coagulation concerne des colloïdes qui sont des particules très petites. Par contre, au niveau des particules plus grosses, nous parlerons de floculation. Ces processus sont considérés comme des traitements préparatoires.

Les séparations solide-liquide, la décantation et la flottation permettent d'éliminer 75% de la DBO5 et jusqu'à 90 % des matières en suspension (EDELIN, 1992).

Cette technique comporte une première phase d'adjonction d'un réactif qui provoque l'agglomération des particules en suspension, puis une accélération de leur chute au fond de l'ouvrage (DALOZ, 2007).

Coagulation

La coagulation est utilisée pour agglomérer les particules de très petite taille. Les Matière en Suspension (MES) souvent de très petite dimensions, sédimentent difficilement, pour faciliter leur prise en masse, on utilise des agents chimiques appelés coagulants.

L'ajout de ces coagulants permettent l'accroissement de la taille des matières en Suspension (MES) est une décantation plus rapide, déstabiliser les suspensions colloïdales, la réduction de la turbidité est la concentration en polluants dissous par précipitation (GREGORIO et al., 2007).

Tableau 1 : Agents de coagulation (DESJADINS, 1997).

Produit	Formule chimique
Sulfate d'alumine	$Al_2(SO_4)_3$
Sulfate de fer	$FeSO_4$
Aluminate de soude	$NaAlO_2$
La chaux	$Ca(OH)_2$
Chlorure ferrique	$FeCl_3$

Floculation

La floculation permet l'agglomération des particules de colloïdes granulaires lorsqu'elles favorisent les contacts entre les particules colloïdales déstabilisées et leur agglomération. Cette floculation a justement pour but d'augmenter la probabilité des contacts entre les particules formée par la coagulation (GREGORIO et al., 2007).

D'après (MOUCHET, 2000), La formation du floc étant amorcée par l'introduction du coagulant, il est nécessaire d'accroître son volume, sa masse et sa cohésion.

Une bonne floculation est favorisée par :

- Une coagulation préalable aussi parfaite que possible.
- Une augmentation de la quantité du floc dans l'eau.
- Un brassage homogène est lent pour tout le volume d'eau.
- L'emploi de certains produits appelés flocculant ou adjuvant de coagulation.

Les adjuvants les plus utilisés sont :

- Flocculant minéraux : silice activée ;
- Flocculant organiques (polymères à haut poids moléculaires) d'origine naturelle tel que l'alginate ou d'origine synthétique (polyélectrolyte anionique, cationique ou non ioniques).

c. Traitement Secondaires (Biologique)

Le traitement biologique consiste à l'utilisation de la flore bactérienne dans les eaux usées pour dégrader les matières organiques polluantes. Il constitue le second grand stade de l'épuration des eaux de raffinage. Ce stade est destiné initialement à éliminer la DBO5 et la DCO qui subsiste après l'épuration physico-chimique (KOLLER, 2009).

✚ Technologie de traitement par des cultures bactériennes libres

Le traitement par des cultures bactériennes libres utilisé jusqu'à maintenant, mettent en œuvre des micro-organismes maintenus en suspension sous la forme des floccs au sein du liquide à traiter (GAID, 1993).

✚ Traitement Biologique par boues activées

Le procédé à boues activées consiste à provoquer le développement d'un floc bactérien dans un bassin alimenté en eaux usées à traiter (bassin d'aération) (KOLLER, 2004), l'apport d'air dans le bassin d'aération pour la satisfaction de la DBO5 est pour la respiration de la masse cellulaire. Il est destiné à contribuer au brassage et au maintien en suspension des boues activées (BERNE et CORDONNIE, 1991). Il permet d'obtenir des performances poussées pour éliminer le carbone, l'azote et le phosphore.

Le bassin d'aération peut être précédé d'un décanteur primaire dans le but d'éliminer les matières en suspension décantables et sera suivie d'un clarificateur qui assurera la séparation de l'effluent épurée avec les boues, celle-ci seront en partie recyclée dans le bassin

d'aération pour assurer le réensemencement et la concentration permanente, et l'autre partie extraites vers le traitement des boues (KOLLER, 2004).

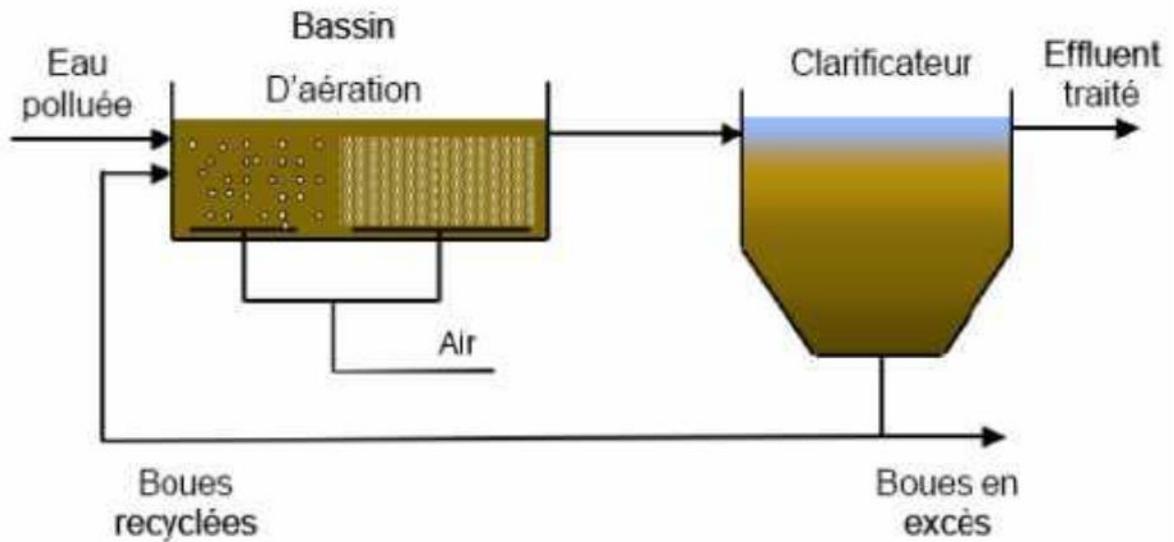


Figure 10 : Processus des boues activées (BASSOMPIERRE, 2007).

✚ Lagunage

On distingue deux types de lagunage :

❖ Lagunage naturelle

Les eaux usées admises sur un lagunage naturel sont dégradées par un écosystème constitué essentiellement d'algues microscopiques, de bactéries aérobie et anaérobie et une microfaune adaptée. L'oxygène dissout nécessaire à la respiration bactérienne est produit uniquement grâce aux mécanismes photosynthétiques en présence de rayonnement solaire (GREGORIO et al., 2007).

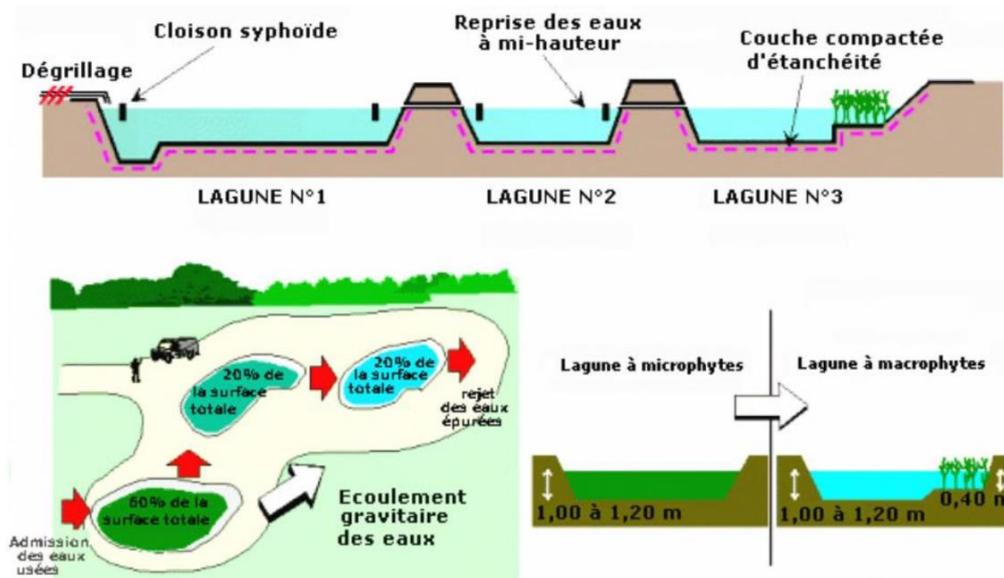


Figure 11 : Lagunage naturel (SAADI et LAHMAR, 2018).

❖ Lagunage aérée

Le lagunage aéré consiste à intensifier l'activité aérobie par un apport artificiel d'oxygène par des aérateurs mécaniques flottants ou fixes ou une insufflation d'air avec un long temps de séjour des effluents dans des bassins pour parvenir à une épuration poussée (MOLLETA, 2006).

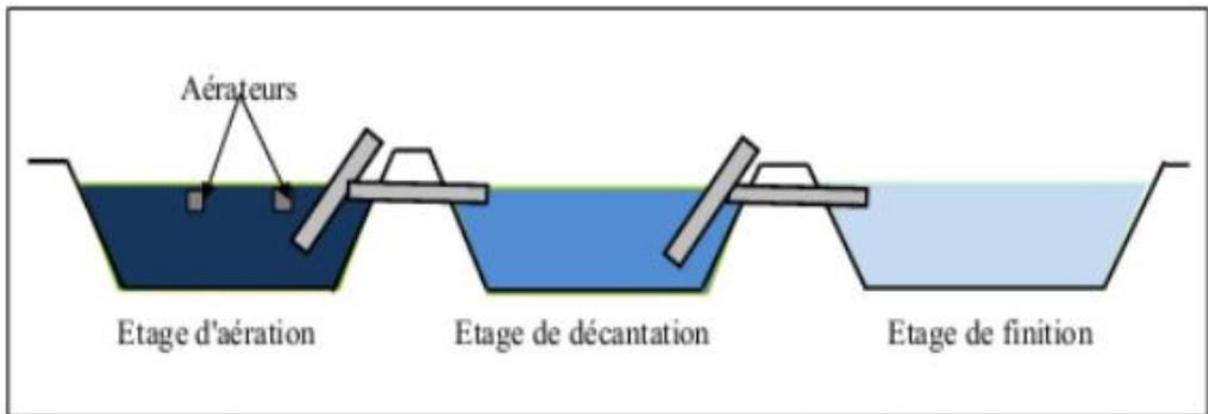


Figure 12: Le principe d'un lagunage aéré (MOLLETA, 2006).

✚ Technologies de traitement par des cultures bactériennes fixes

Le traitement par des cultures bactériennes fixes regroupe tous les procédés où la biomasse épuratrice est accrochée sur un support solide à travers l'eau à traiter (GAID, 1993).

❖ Lits bactériens

Le principe de fonctionnement d'un lit bactérien consiste à faire ruisseler l'eau à traiter préalablement décantée sur une masse de matériau (naturelle ou plastique), servant de support aux microorganismes épurateurs, qui y est formé d'un film épais.

Les microorganismes fixés éliminent les matières organiques par adsorption des constituants solubles et en suspension (DEGREMENT, 1995).

❖ Les bio-filtres

Les bio-filtres combinent des processus physiques et biologiques par l'utilisation d'un matériau filtrant millimétrique immergé, aéré ou non selon le traitement recherché et sur lequel se fixent les populations bactériennes, qui vont participer à la dégradation de la charge polluante apportée par l'effluent. Sous l'effet du développement de la biomasse et de l'accumulation des Matière En Suspension (MES) le bio-filtre se colmate et nécessite un lavage périodique (le plus souvent quotidien) (DERONZIER et CHOUBERT, 2004).

❖ **Les disques biologiques**

Les disques biologiques, faisant appel aux cultures fixées sont constitués par les disques biologiques tournants où se développent les microorganismes et forment un film biologique épurateur à la surface. Les disques sont semi immergés, leur rotation permet l'oxygénation de la biomasse fixée (AUDIC, 2002).

❖ **Décantation secondaire**

Le clarificateur est un bassin circulaire, équipé d'un point racleur. La liqueur mixte, venant des bassins biologiques via la deuxième chambre de répartition est séparée en eau épurée et boues biologiques par décantation. Les boues décantées sont siphonnées par une pompe à vide une partie sera acheminée vers la première chambre du répartiteur assurant la recirculation des boues contenant la culture bactérienne épuratrice. Afin de maintenir la concentration en biomasse nécessaire dans ce bassin, l'autre partie sera transmise au flotteur (AUDIC, 2002).

d. Traitement tertiaire

Certains rejets d'eaux traitées sont soumis à des réglementations spécifiques concernant l'élimination d'azote, de phosphore ou des germes pathogènes, qui nécessitent la mise en œuvre de traitements tertiaires regroupe toutes les opérations physiques et chimiques qui complètent les traitements primaires et secondaires (METAHRI, 2012).

✚ **L'élimination de l'azote**

Les stations d'épuration n'éliminent qu'environ 20 % de l'azote présent dans les eaux usées, par les traitements de nitrification/dénitrification.

Pour satisfaire aux normes de rejet en zones sensibles, des procédés physiques et physico-chimiques complémentaires permettent l'élimination de l'azote par électrodialyse, résines échangeuses d'ions, "stripage" de l'ammoniaque, mais ces traitement ne sont pas utilisés dans le traitement des eaux résiduaires urbaines, pour des raisons de rendement et de coût.

L'élimination de l'azote se fait généralement selon un processus biologique en deux étapes importantes (DEGREMENT, 1989).

❖ **La nitrification**

La nitrification est un processus se déroulant sous l'action de certains microorganismes spécifiques et qui conduit à la transformation de l'ammoniac (ou de l'ammonium) en nitrate en deux étapes :

- Nitrosation : sous l'action de bactéries nitreuses aérobies (Nitrosomonas).
- Nitration : par les bactéries nitrifiantes aérobies (Nitrobacter).

La nitrification est une des étapes du traitement d'une eau usée qui vise la transformation de l'ammonium (NH_4) en nitrate (NO_3). Cette dernière est réalisée par des bactéries, en milieu aérobie (DEGREMENT, 1989).

❖ **La dénitrification**

Est un processus anaérobie par lequel les nitrates sont réduits en azote et en oxydes d'azote.

Les micro-organismes utilisent les nitrates comme source d'oxydante à la place de l'oxygène et en présence d'une source d'un carbone organique qui doit être apportée dans le milieu (DEGREMENT, 1989).

✚ **L'élimination du phosphore**

L'élimination du phosphore, ou "dé phosphatation", peut être réalisée par des voies physico-chimiques ou biologiques.

En ce qui concerne les traitements physico-chimiques, l'adjonction de réactifs, comme des sels de fer ou d'aluminium, permet d'obtenir une précipitation de phosphates insolubles et leur élimination par décantation.

Ces techniques, Les plus utilisées actuellement, éliminent entre 80% et 90% du phosphore, mais engendrent une importante production de boues (METAHRI, 2012 ; DEGREMENT, 1989).

✚ **Elimination et traitement des odeurs**

Les eaux usées, chargées en matières organiques particulières et dissoutes, peuvent induire directement ou indirectement, par l'intermédiaire de leurs sous-produits d'épuration (graisses, boues), la formation d'odeurs désagréables suivant un processus de fermentation. Les odeurs provenant des STEP sont dues aux gaz, aérosols ou vapeurs émises par certains produits contenus dans les eaux usées ou dans les composés se formant au cours des différentes phases de traitement (METAHRI, 2012 ; DEGREMENT, 1989).

Les sources les plus importantes d'odeurs sont :

- Les prétraitements.
- Les boues et leur traitement.

Pour éviter ces nuisances, les ouvrages sensibles seront couverts et munis d'un système de ventilation ainsi que d'une unité de traitement biologique des odeurs.

On distingue généralement deux types de traitement biologique des odeurs :

- les bio-filtres
- les bio-laveurs.

Les premiers, la biomasse est supportée par un plancher spécifique et l'air traverse le massif (souvent de la tourbe). Les seconds réalisent un deuxième filtre grâce à une suspension.

La biomasse est libre, et l'épuration se produit dans un réacteur (METAHRI, 2012 ; DEGUMENT, 1989).

La désinfection

Un abaissement de la teneur des germes, parfois exigé pour les rejets dans des zones spécifiques (zones de baignade, zones de conchylicoles) ou dans le cadre d'une réutilisation, il sera réalisé par des traitements de désinfection chimique (CARDOT, 1999).

❖ **Le chlore**

Est un oxydant puissant qui réagit à la fois avec des molécules réduites et organiques, et avec le micro-organisme. Les composés utilisés dans le traitement des eaux usées sont : le chlore gazeux (Cl_2), l'hypochlorite de sodium (NaClO) appelé communément «eau de Javel» hypochlorite de calcium [$\text{Ca}(\text{ClO})_2$], le chlore de chaux ($\text{CaCl}_2 \cdot \text{OCl}_2$) et le chlorite de sodium (NaClO_2) (CARDOT, 1999).

❖ **L'ozone (O_3)**

Est un oxydant puissant, la désinfection par l' O_3 est utilisée aux États Unis, en Afrique du Sud et au Moyen Orient essentiellement. Il permet l'élimination des bactéries, des virus et des protozoaires. C'est le seul procédé vraiment efficace contre les virus. Les tests de toxicité effectués sur des poissons, des crustacés et des algues n'ont pas permis de mettre en évidence une quelconque toxicité. Il existe aussi des traitements physiques (METAHRI, 2012), tel que :

- Les rayons ultraviolets : qui consistent à utiliser des lampes à mercure disposées parallèlement ou perpendiculairement au flux d'eau. Leur rayonnement s'attaque directement aux microorganismes. Ce traitement est très simple à mettre en œuvre, car il n'y a ni stockage, ni manipulation de substances chimiques et les caractéristiques chimiques de l'effluent ne sont pas modifiées (METAHRI, 2012).

- La filtration : est un procédé physique qui permet de retenir les microorganismes par rétention à l'aide d'un filtre. Qu'elle soit réalisée sur sable ou sur membrane cette technique exige une épuration secondaire préalable garantissant une élimination assez poussée des matières en suspension. L'élimination des virus, des bactéries et des protozoaires est fonction du milieu poreux, de la vitesse de percolation, de l'épaisseur du massif filtrant et du niveau d'oxydation de l'eau filtrée (METAHRI, 2012).

e. Traitements de stabilisation des boues

Le traitement de stabilisation des boues réside essentiellement dans l'élimination ou la réduction du pouvoir fermentescible des boues organiques, notamment des matières à évolution bactérienne rapide afin d'éviter l'émission d'odeurs désagréables (KOLLER, 2009). L'empêchement de la fermentation des matières organiques des boues se fait par l'addition de la chaux pour maintenir un (pH > à 12) en inhibant toute activité microbienne (MOLLETA, 2006).

✚ Traitement de l'épaississement et de concentration des boues

L'épaississement est la première étape pour réduire le volume des boues tout en augmentant la concentration pour permettre la déshydratation.

Le concentrateur statique présente deux phases de fonctionnement :

- La clarification permet d'obtenir un surnageant pauvre en matière en suspension, l'épaississeur est alors considéré comme un décanteur, puis sous l'action de la pesanteur, la teneur des boues en matière en suspension progresse (CARDOT, 1999)

✚ Conditionnement des boues

Après l'épaississement, les boues contiennent encore une très forte proportion d'eau, ce qui rend difficile la réduction de leur volume. Elles sont intimement liées à la masse colloïdale de nature hydrophile. Un conditionnement est indispensable pour rendre son exploitation dans les différents équipements (DEGREMENT, 1978).

❖ Déshydratation

Les procédés de déshydratation ont pour objectif de faire passer la boue de l'état liquide à une consistance plus ou moins solide, qui devra évidemment répondre aux exigences de la destination finale choisie (KOLLER, 2009).

❖ Séchage

Le séchage consiste à évacuer par évaporation l'eau interstitielle présente dans les boues. Dans le cas d'un séchage total, le produit final se réduit pratiquement en matière sèche.

Il se réalise avec l'utilisation du lit de séchage qui est constitué par une couche de 30 à 40cm de sable, reposant sur une couche de gravier. Les boues sont déposées à la surface du sable dans un premier temps, l'eau interstitielle percole rapidement à travers le sable.

Un système de drainage permet de la récupérer et de la renvoyer dans le bassin d'aération.

Les boues restent à la surface du lit de sable et sèche au cours de temps. Ces boues sèches peuvent être enlevées soit manuellement soit mécaniquement (MOLLETA, 2007).

❖ **Elimination finale des boues**

L'élimination finale des boues issues du traitement des effluents des industries agroalimentaires semble être utile à la valorisation en agriculture car ils sont riches en élément fertilisants (MOLLETA, 2006)

III.2. Traitement des huiles usagées

III.2.1. Définition des huiles usées

D'une manière générale, toutes huiles ayant servi dans un processus de transformation est destinée à l'abandon du fait de la perte de ces propriétés physico-chimiques de base est désignées par le terme «**huiles usées**». (KLAASSEN et ASSOCIATES INC, 2004)

On distingue :

- ✓ Les huiles usées domestiques qui sont des huiles alimentaires d'origine végétale ayant servi dans la friction (KPOKPOYA, 2007).
- ✓ Et des huiles usées industrielles provenant des moteurs, des industries, des transformateurs, des circuits hydrauliques et des turbines (KPOKPOYA, 2007).

En Algérie les huiles usées sont définie comme : «Toutes huiles, issues du raffinage du pétrole brut ou synthétique, destinées à la lubrification ou à autres fins, et qui sont devenues impropres à leur usage original en raison de la présence d'impuretés ou de la perte de leurs propriétés initiales ; elles incluent les huiles lubrifiantes, les huiles hydrauliques, les huiles pour le travail des métaux et les liquides isolants ou caloporteurs.» (KPOKPOYA, 2007).

Les caractéristiques générales des huiles usagées peuvent être d'origine minérale ou synthétique. On distingue deux grandes catégories : (KPOKPOYA, 2007) :

- Les huiles noires qui comprennent les huiles de moteurs et certaines huiles industrielles (huiles de trempe, de laminage, de tréfilage et autres huiles entières d'usinage des métaux) : ces huiles sont fortement dégradées et contaminées (KPOKPOYA, 2007).

- Les huiles claires qui proviennent des transformateurs, des circuits hydrauliques et des turbines. Elles sont peu contaminées et chargées en général d'eau et de particules (KPOKPOYA, 2007).

III.2.2. Les huiles usagées en Algérie

Les huiles usagées sont définies comme des huiles minérales ou synthétiques, inaptées, après usage, à l'emploi auquel elles étaient destinées, On distingue deux types d'huiles usagées (MATE, 2010).

Les huiles usagées ne sont pas biodégradables, elles sont classées dans la catégorie des déchets spéciaux dangereux. Leur rejet dans la nature est strictement interdit. Elles peuvent engendrer une détérioration importante du milieu naturel, qui peut être traduit par une pollution de l'eau, du sol et de l'atmosphère : Un (01) litre d'huile usagée peut contaminer un million de litres d'eau ; Particulièrement, les huiles de vidange contiennent de nombreux éléments toxiques tels que les métaux lourds (plomb, cadmium...) (MATE, 2010).

III.2.3. Récupération des huiles usagées

L'utilisation de lubrifiants, indispensable à tout travail mécanique, génère le plus souvent des huiles usagées qui sont des produits pétroliers visqueux considérées comme des déchets dangereux pouvant avoir un impact négatif sur la santé humaine et l'environnement, mais également pouvant être traitées et réutilisées comme huile de base ou simplement comme combustible dans certains industries dans le but de réduire la quantité des huiles usagées, et protéger l'environnement et la santé humaine (DEBEKA, 2012).

III.2.3.1. Méthodes de récupération des huiles usagées

L'opération de recyclage des lubrifiants usagés passe par plusieurs étapes, à savoir la collecte et le traitement en utilisant deux méthodes (PORTAIL ALGERIEN, 2015) :

- La méthode de régénération ou re-raffinage consiste à préfabriqué une huile de base semblable aux huiles neuves où les installations de régénération sont de véritables petites raffineries (PORTAIL ALGERIEN, 2015)

- La méthode de valorisation

La valorisation énergétique est l'une des possibles voies d'application des huiles usées. Elle prévoit de brûler ces déchets pour l'obtention de la chaleur qu'est l'application la plus courante, particulièrement dans les cimenteries, les raffineries, etc... (PORTAIL ALGERIEN, 2015).

III.2.3.2. Étapes de récupération des huiles usagées

Les processus ayant pour objectif la minimisation à la source sont basés sur les étapes suivantes (CAR/PP, 2000) :

- Distillation sous vide : phase de déshydratation et de dégazage, ce qui élimine également d'autres polluants volatiles (CAR/PP, 2000)
- Ultrafiltration : phase dans laquelle huile usagée est soumise à des processus de sédimentation et de filtration afin d'éliminer les particules métalliques et les autres solides présents dans l'huile (CAR/PP, 2000)
- Ré-addition : tout au long de ce processus, on incorpore des additifs afin d'obtenir de l'huile propre, aux caractéristiques désirées. Avant l'introduction de l'huile dans le système, on effectue des analyses chimiques, afin de connaître l'état de l'huile usagée, et donc de pouvoir définir l'intensité de traitement et l'addition à mettre en place pour obtenir les caractéristiques finales désirées (CAR/PP, 2000).

III.2.3.3. Procédé de récupération des huiles usagées

Le procédé de régénération Vaxon, également connue sous le nom de VCFE (Vacuum Cyclon Flash Evaporator) (figure 13), développée au Danemark, il est pratiqué dans une usine de traitement CATOR, situé à Alcover (Tarragone en Espagne). Il utilise des évaporateurs de type cyclonique qui permettent un nettoyage facile des impuretés formées. Cette technologie permet d'obtenir des huiles de bases aptes à la fabrication de nouvelles huiles de moteur ou de lubrifiants industriels de haute qualité (DEBEKA, 2012). Voici les étapes élémentaires de ce procédé mis en place par CATOR :

a. Distillation fractionnée sous vide

Lors de cette première phase, on réalise la séparation totale de tous les composants des huiles usées. Cette distillation travaille dans quatre étapes de distillation, dans des conditions de température et de vide différentes (DEBEKA, 2012).

- La première distillation : le module travaille à 200°C et à 0,5 bars de pression. Lors de cette étape on sépare l'eau et les hydrocarbures légers qui sont plus tard utilisés comme combustible pour l'usine elle-même. Les eaux sont envoyées dans une station d'épuration d'eaux qui peuvent être utilisées dans les services généraux de la raffinerie ainsi que dans les circuits de réfrigération (DEBEKA, 2012).

- La deuxième distillation : ce deuxième module travaille à une température de 280°C et à une pression de 75mbars. Lors de cette étape, on obtient du gazoile et des huiles de type spindle qui est envoyées dans des réservoirs de stockage adaptés (DEBEKA, 2012).

- La troisième distillation : lors de cette phase, le travail s'effectue à 310°C et à 15mbars. On traite ici le produit qui n'a pas été distillé dans l'étape précédente. On obtient des huiles de bases équivalentes à celle connues sur le marché sous le nom de SN 100 et SN 150 qui sont des solvants neutres de nature paraffine qui sont ensuite envoyées dans des réservoirs de stockage adaptés (DEBEKA, 2012).

- La quatrième distillation : les composés qui n'ont pas été distillés dans les étapes précédentes arrivent à cette phase ; le travail s'effectue à une température de 350°C et une pression de 5 à 10mbars. On obtient des huiles de bases équivalentes aux SN 150 et SN 330. que l'envoie dans des réservoirs de stockage (DEBEKA, 2012).

b. Traitement chimique

Les huiles de base issues de la phase précédente sont traitées à l'hydroxyde potassique, sous contrôle de température, ce qui entraîne un meilleur nettoyage de l'huile. Par la suite on sépare les eaux potassiques et on sèche l'huile (DEBEKA, 2012).

c. Distillation sous vide

La phase de distillation sous vide finale à 340°C et un vide de 10mbars, permettent d'obtenir un produit apte aux besoins et aux conditions du marché (DEBEKA, 2012).

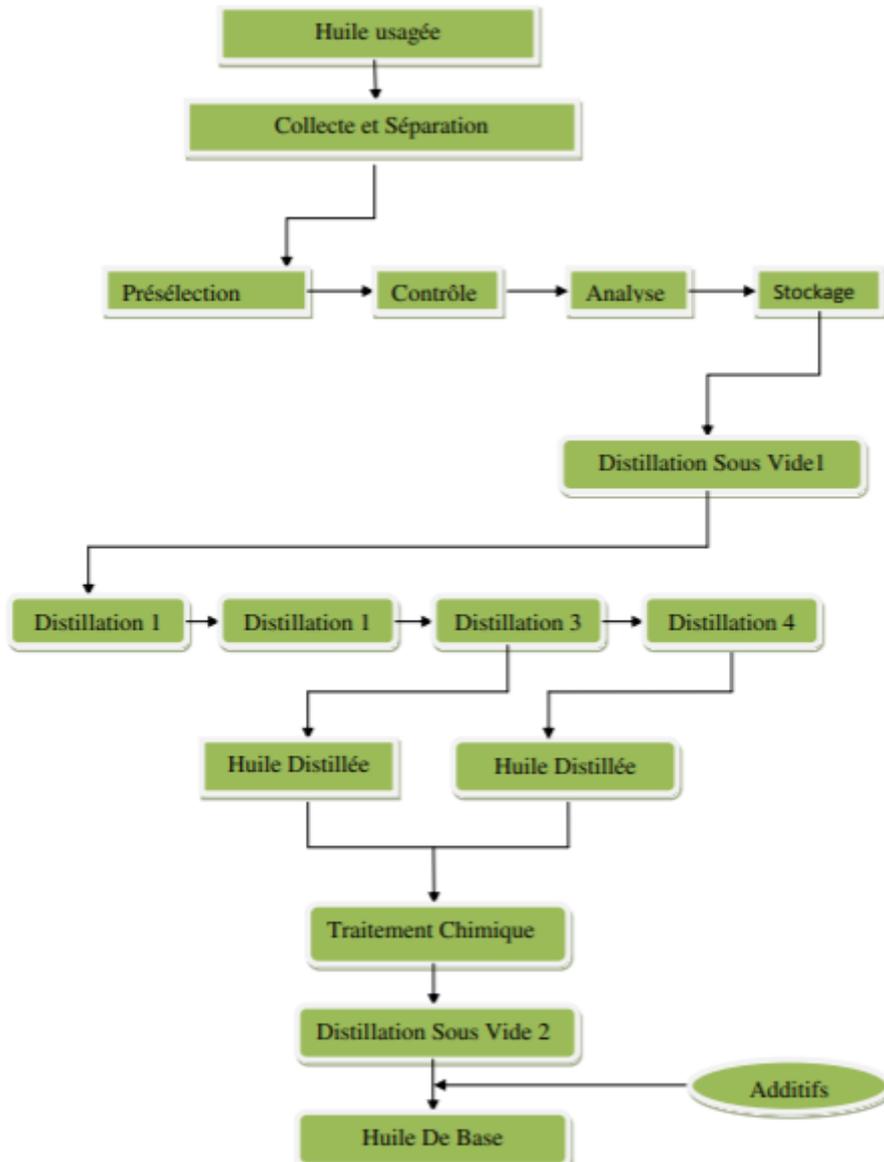


Figure 13 : Diagramme du procédé de récupération des huiles usagées (DEBEKA, 2012).

Conclusion

Les déchets solides et liquides, pour beaucoup sont synonyme de mauvaise connotation, mais ces derniers sont le reflet de ce que nous sommes. En effet leur apparition est alliée à la nôtre ainsi que leur croissance ou leur diminution. L'accroissement des quantités des déchets solides ne fut pas sans conséquence sur nous et ce à travers les différents bouleversements qui ont touché l'environnement : pollution de l'air, de l'eau et le sol, ces derniers engendrent beaucoup de maladies pour la plupart mortelle, et cela fut la raison de la mauvaise réputation des déchets solides. Ils doivent être ancrés dans la conscience collective comme un vrai problème à responsabilité partagée et non comme un produit dont on se débarrasse pour qu'il soit géré par l'autre maillon de la chaîne (AMRI, 2008).

L'Algérie, à l'image des pays en voie de développement, fait également face au grand défi posé par la gestion des déchets bien qu'il existe un arsenal de lois mises en place par le gouvernement pour lutter contre ce fléau. Cette arme juridique est d'abord et avant tout la loi cadre 01/19 du 12/12/2001 relative à la gestion, au contrôle et à l'élimination des déchets, mais c'est aussi le programme national de la gestion des déchets municipaux (PROGDEM) et les schémas directeurs de chaque wilaya. Les défaillances constatées dans ce secteur ne sont pas dues à l'absence des lois relatives à la gestion des déchets mais à d'autres facteurs.

En l'Algérie, malgré les aspects juridique, institutionnel et technique ainsi que la participation de secteur privé dans le domaine, la gestion des déchets industriels a connu une attention particulière de tous les intervenants nationaux et internationaux mais ce domaine connaît encore certains dysfonctionnements (BENSMAIL, 2010).

La protection de l'environnement, c'est d'abord une conscience sociale, suivie d'une volonté politique et enfin une mobilisation de tous les moyens socio-économiques tant au niveau national qu'international. Ce processus complexe dépend fondamentalement d'un levier commun: le civisme, la sensibilisation, la connaissance et l'information (VORBURGER, 2006).

La revalorisation des déchets permet par le biais du recyclage, d'utiliser les produits à traiter en les réintroduisant dans le processus de production pour qu'ils redeviennent à nouveau des matières premières. La valorisation des matières recyclables pour recréer des objets, l'incinération des déchets et la production d'énergie, la biomasse et la méthanisation qui permettent avec le biogaz de créer un carburant sont des alternatives au pétrole. En développant des industries autour du recyclage cela permet de réaliser : l'économie d'extraction/création de matières premières, réduire notre impact sur l'environnement,

émissions de gaz à effet de serre (GES), réaliser des économies d'énergie et d'eau (VORBURGER, 2006).

IV. REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- AMRI. B, 2008. Pollution et nuisance environnementales : Problèmes de décharges et carences en assainissement, thèse de doctorat.
- ARIB. S., YALAOUI. F., ZEROUKLANE. M. 2017. Pour une amélioration de la gestion des déchets dans le milieu urbain Cas de la ville de Bejaia. Mémoire de master, Université Abderrahmane Mira, Bejaia.
- AUDIC. J-M, 2002. Guide de traitement des eaux usées urbaines, édition Lyonnaise des eaux, 428p.
- BADAÏ-GONDARD, F, 2003. L'assainissement des eaux usées, édition Technicité, France, 227p.
- BASSOMPIERRE.C, 2007. Procédés à boues activées pour le traitement d'effluents papetiers : De la conception d'un pilote à la validation de modèles, préparée au laboratoire d'Automatique de Grenoble et au pilote à la validation de modèles, préparée au laboratoire de Génie des procédés papetiers, 230p.
- BELAÏB. A, 2012. Étude de la gestion et de valorisation par compostage Université de Mentouri Constantine.
- BENNAMA. T, 2016. Les bases de traitement des déchets solides » Université des Sciences et de la Technologie d'Oran Mohamed Boudiaf.
- BENSMAIL.S, 2010. La problématique de la gestion des déchets solides a travers les modes de traitement des déchets ménagers et hospitaliers, thèse de doctorat université de Bejaia.
- BERNE. F., CORDONNIER. J, 1991. Traitement des eaux, édition Technique, Paris, 295 p.
- BERTOLINI. G, 1990. Le marché des ordures ; économie et gestion des déchets ménagers, Edition L'harmattan, Paris.
- CAP SCIENCES, 2006. Différents types de matières plastiques, 6p.
- CARDOT. C, 1999. Génie de l'environnement, les traitements de l'eau: procédés physicochimies et bactériologique, édition Ellipses, Paris, 247p.
- CENTRE D'ACTIVITES REGIONALES POUR LA PRODUCTION PROPRE (CAR/PP), 2000. Possibilité de recyclage et d'utilisation des huiles usagées, UNEP.
- CHIBANE. A, 2016. Les problèmes des déchets dans les quartiers résiduels de la ville de Tizi-Ouzou, Université de Tizi-Ouzou, p 32.

- DALOZ. A, 2007. L'épuration des eaux usées par les filtres plantés de macrophytes, école nationale supérieure d'architecteur de Lyon, 26p.
- DEBEKA. P, 2012. Analyse de la gestion des déchets industriels : cas des huiles usagées par la SRH, mémoire de Master, Institut supérieur des transports, CO DAKAR.
- DEGUMENT, 1989. Mémento technique de l'eau, 8ème édition, tome 1&2, 1459p.
- DEGUMENT, 1995. Mémento technique de l'eau ,10ème édition, tome 1 & 2, 1718p.
- DERONZIER. G., CHOUBERT. J-M, 2004. Traitement du phosphore dans les petites stations d'épuration à boues activées : Comparaisons techniques et économiques des voies de traitement biologique et physico-chimique, Cémagref, Lyon, Document Technique FNDAE n° 29, 49 p.
- DESJARDINS. R, 1997. Le traitement des eaux, 2ème édition polytechnique de Montréal, 304p.
- DJEMACI. B, 2011. La gestion des déchets en Algérie: analyse prospective et éléments d'efficacité, thèse de doctorat, Université de Rouen.
- ECO-EMBALLAGES S.A., 2009. Recyclage des emballages ménagers papier-carton usagés, 27p.
- EDELINE. F, 1992. L'épuration physico-chimique des eaux, édition TEC & DOC, Paris, 184p.
- GABIRAULT, 2013. Etude de valorisation des déchets plastiques de déchèterie.
- GAID. A, 1993. Traitement des eaux usées urbaines, édition Technique de l'ingénieur, traité environnement, France, volume C 5220, pp1-28.
- GAUTRON. P, Valorisation et recyclage des déchets. 2001.
- GAUTIER. A., BERNARDIN. C, 2009. Le cycle de recyclage du verre.
- GREGORIO. C., PIERRE. M-B., CRINI. N-M., TORRI. G, 2007. Traitement et épuration des eaux industrielles polluées, édition presses universitaires de Franche-Comté, 352p.
- GROSCLAUDE. G, 1999. L'eau, usages et polluants, tome 2, édition INRA, Paris, 203p.
- IZZA. H, 2017. Contribution à l'étude de l'extraction par solvant des aromatiques en vue de l'obtention des huiles lubrifiantes, thèse de Doctorat, université de OUARGLA.

- JULIEN. B, 2011. De l'incinération des ordures ménagères, Maîtrise Sciences de l'Environnement, Milieux Urbains et Industriels, Université de Cergy-Pontoise.
- KLAASSEN et ASSOCIATES INC, 2004. Used Oil Study : Collection and Disposition in Province of Ontario. Draft version, Dundas, Ontario.
- KOLLER. E, 2009. Traitement des pollutions industrielles, Eau, Air, Déchets, Sols, Boues, 2ème édition, Dunod, 569p.
- KOLLER. E, 2004. Traitement des boues issues de l'épuration. IN, Traitement des pollutions industrielles. Technique et ingénierie, Dunod, Paris, 115p.
- KPOKPOYA. CC, 2007. Contribution à l'étude de la production et de la gestion des huiles usagées dans la ville de Cotonou, Diplôme d'études approfondies (DEA), Université d'Abomey Calavi.
- LEROY. JB, 1997. Les déchets et leurs traitement : les déchets solides industriels et ménagers. Edition Presse Universitaires de France, Paris, 3ème édit. 127p.
- MATHIEU. C., PIELTAIN. F, 2003. Analyse chimique des sols - Méthodes choisies, Éditions Tec&Doc, Lavoisier, 387 p.
- MESSAL. R, 2013. La valorisation des déchets plastiques en Europe et en France, Encore des progrès à faire., *L'actualité chimique*, Numéro 371-372, 4pp.
- METAHRI. M, 2012. Elimination simultanée de la pollution azotée et phosphatée des eaux usées traitées par des procédés mixtes. Cas de la STEP de la ville de Tizi-Ouzou. Thèse de doctorat, 148p.
- METALSI-TANI. F, 1986. Etude de praticabilité d'utilisation d'urgences plastiques dans une pompe hydraulique. Thèse de doctorat, université de Montréal, Canada.
- MINISTERE DE L'AMENAGEMENT DU TERRITOIRE ET DE L'ENVIRONNEMENT (MATE), 2010. Centre National des Technologies de Production plus Propre, Vaste Programme de Dépollution Industrielle dans le secteur des ciments.
- MOLLETA. R, 2006. Gestion des problèmes environnementaux dans les industries agroalimentaires, 2ème édition, Paris, 720p
- NIGNKAM, 1992. Deux proposition pour une gestion optimisée des ordures ménagers dans la ville de yaoundé : le compostage et la station de transit. Mémoire d'ingénieur à l'ENSP yaoundé.
- PETER. R., HUGH. D, 1990. Le verre structurel, Editions du Moniteur, Paris.
- REYNE M, 2006. Transformation, assemblages et traitements des plastiques. Edit Lavoisier, Paris. 297p.

- PORTAIL ALGERIEN DES ENERGIES RENOUVELABLES, 2015. Le recyclage des huiles industrielles usagées : Une activité inexploitée en Algérie.
- REJESK. F, 2002. L'analyse des eaux, édition ressource par l'éducation nationale, France, 358p.
- RODIER. J., LEGUBE. B., MERLET. N, 2009. L'analyse de l'eau, eaux naturelles, eaux résiduaires, eaux de mer, 8ème édition, DUNOD, Paris, 1526p.
- SAADANI. S, 2010. Comportement des bétons à base de granulats recyclés) Université Mentouri Constantine.
- SAADI. M., LAHMAR. FA, 2018. Evaluation de l'efficacité de la station d'épuration de GUELMA (N-EST ALGERIE), Mémoire de master, Université Badji mokhtar.
- SABRI. H, 2011. Gestion et impact des déchets solides urbains sur l'environnement, ELTARF commune, mémoire de magister, Université Badji mokhtar, Annaba.
- SAHNOUNE. T, 2005. Vers un développement urbain durable. Phénomène de prolifération des déchets urbains et stratégie de préservation de l'écosystème .mémoire de Magister, Université Mentouri, Constantine.
- SATIN. M., SELMI. B, 2006. Guide technique de l'assainissement, 3ème édition le moniteur référence technique, Paris, 726p.
- SATIN, M., BOURRIER, R., SELMI, B, 2010. Guide technique de l'assainissement, 4ème édition, Edition le moniteur référence technique, 775p.
- SOTAMENOU. J., 2005. Efficacité de la collecte des déchets ménagers et agriculture urbaine et périurbaine dans la ville de Yaoundé. Mémoire de D.E.A, Université de Yaoundé II, Cameroun. 100 p.
- SOTAMENOU. J., 2005. Efficacité de la collecte des déchets ménagers et agriculture urbaine et périurbaine dans la ville de Yaoundé. Mémoire de D.E.A, Université de Yaoundé II, Cameroun. 100p.
- TAHRAOUI. N, 2006. Analyse des déchets ménagers solides de la ville de Chlef.
- TOUATI. M, 2016, caractéristiques physico-chimiques des eaux usées épurées de la STEP de Guelma et conséquences sur l'environnement. Mémoire de Master.
- VIAL. D, 2014. Plan régional de valorisation des déchets issus des chantiers de gestion de plantes invasives, Conservatoire d'espaces naturels de la région Centre, 99p.
- VENE. J, 1976. Les plastiques, Ed, Q.S.J, Paris.
- VILAGINES. R, 2000. Eau, environnement et santé publique. 2ème édition, édition TEC & DOC, Paris, 174p.

- VORBURGER. J, 2006. Ecologie industrielle et valorisation des déchets. MBA gestion internationale déposé à la session d'hiver.