République Algérienne Démocratique et Populaire
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique



UNIVERSITE YAHIA FARES DE MEDEA
Faculté des Sciences et de la Technologie
Département de Génie de Procédés et Environnement

MEMOIRE DE FIN D'ETUDE

En vue de l'obtention du Diplôme de Master en chimie biologie
Option : Normes et Contrôle de Qualité

Thème

Etude et analyse des normes du cycle de vie d'un système d'épuration des eaux usée de la filiale Antibiotical SAIDAL de Médéa

Proposé et Dirigé par :
Dr. HADIDI Noureddine
Dr. LAIDI maamar

Etudié par :
M^emme^ BENADDA Selma
M^elle^ BENKHORCHEF Sarah

Promotion 2014-2015

Remerciements

Remerciment

Nous remercions le bon ALLAH de nous avoir aidé à bien mener ce travail.Nous remercions spécialement Dr.HADIDI N (promoteur). Pour l'effort fourni, les conseils prodigues, sa patience et sa persévérance
Dr.LAIDI Maamar(co-promoteur).et mombres de jurés.
Nous remercions aussi tous les enseignants de la periode d'étude de primaire jusqu'à la fin de notre formation.
Nous adressons également les remerciments à tout le groupe de science de la matiére (chimie biologie). A tout le personel de la station d'épuration de la wilaya de Médéa .

Dédicaces

Dédicace

Que ce travail témoigne de mes respects :
*A très chers mamans (**Kenza,Atika**) et mon très cher mari(**Redouane**) :*
Grâce à leurs tendres encouragements et leurs grands sacrifices, ils ont pu créer le climat affectueux et propice à la poursuite de mes études.
Aucune dédicace ne pourrait exprimer mon respect, ma considération et mes profonds sentiments envers eux.
Je prie le bon Dieu de les bénir, de veiller sur eux, en espérant qu'ils seront toujours fiers de moi.
*A mes sœur (**Yamina, Rafika, Marwa, Nadjet**) et à mon frère (**Abderahmene**). et leurs enfants (**Zoubir, Khaled, Rayan**)*
*A tous ma famille **Benadda** et **zemirline** de prés ou de loin*
Ils vont trouver ici l'expression de mes sentiments de respect et de Reconnaissance pour le soutien qu'ils n'ont cessé de me porter.
A tous mes professeurs :
Leur générosité et leur soutien m'oblige de leurs témoigner mon profond respect et ma loyale considération.
A tous mes amis et mes collègues :
Ils vont trouver ici le témoignage d'une fidélité et d'une amitié infinie.
A mon très cher binôme: SARA

Selma



Dédicace

Tous d'abord je tiens de rendre grace à allah pour m'avoir accordé santé

Je dédie ce modeste travail à : A l'homme de ma vie, mon exemple éternel, mon soutien moral et source de joie et de bonheur, celui qui s'est toujours sacrifié pour me voir réussir,
À toi ***Mon père****.*
A la lumière de mes jours, la source de mes efforts, la flamme de Mon cœur, ma vie et mon bonheur, ***Maman*** *que j'adore.*
Pour mes chers frères : ***Mohamed****,* ***Djilali****,* ***Hamza****,* ***Abod****,* ***Rafik***
Pour ma chère sœur ***Razika*** *et son mari* ***Toufik*** *et les enfante* ***Malak*** *et* ***Youcef***
A ma très chère amies ***Nesrine***
Pour mes très chers familles : ***Ben Khorchef****,****Merahi***
A mon très cher binôme : ***Selma***



Sarah

Résumé

ملخص:
تركز هذه الدراسة على تطبيق نهج دورة تحليل الحياة (LCA) لتصريف صناعة الأدوية صيدال (الماء) المدية، لتحديد الآثار البيئية المرتبطة بهذا النشاط الصناعي.
لهذا الغرض، من خلال جمع البيانات النظرية إلى المروج للشركة (المديرين والفنيين والمهندسين ...) والبيانات العملية من نتائج تحليل تصريف السائل الأدوية تم إعداد تقييم دورة الحياة.
وقالت أداة برمجية مصممة من قبل PréConsultant SimaPro.8تم استخدامها لتحديد فئات مختلفة من الآثار الناتجة عن محطة معالجة مياه الصرف الصحي لاستغلال هذه البيانات.
يتم دراسة الآثار البيئية الرئيسية لعمليات نوعية النظام البيئي وتغير المناخ وآثارها على صحة الإنسان والموارد الطبيعية.
يتم اختبار تأثير المتغيرات المختلفة (المواد الخام والطاقة) عن الآثار البيئية.
كلمات البحث: البيئة، وصديقة للتصميم، صناعة الأدوية، ومعالجة المياه، والآثار البيئية، تحليل دورة الحياة، التلوث

Résumé :

La présente étude porte sur l'application de l'approche Analyse de Cycle de Vie (ACV) pour les rejets d'industrie pharmaceutique SAIDAL (eaux) de Médéa, en vue de déterminer les impacts environnementaux relatifs à cette activité industrielle.
A cet effet, un écobilan a été établi par la collection des données théoriques aux de l'entreprise (responsables, techniciens et ingénieurs...) et des données pratiques, issues des résultats d'analyse des rejets liquides pharmaceutiques.
Afin d'exploiter ces données, un outil informatique dit SimaPro.8 conçu par PréConsultant a été utilisé pour la détermination des différentes catégories d'impacts engendrés par la station de traitement des eaux usées.
Les principaux impacts environnementaux des procédés étudiés sont la qualité des écosystèmes, le changement climatique et les effets sur la santé humaine et les ressources naturelles. L'influence de différents paramètres (les matières premières et l'énergie) sur les impacts environnementaux est testée.
Mots clés: Environnement, Eco-conception, Industrie pharmaceutique, traitement des eaux, Impacts environnementaux, Analyse du Cycle de Vie, Pollution.

Abstract:

This study focuses on the application of LCA approach (Life Cycle Analysis) for discharges of pharmaceutical industry SAIDAL (water) Medea, to determine the environmental impacts related to this industrial activity.

For this purpose, a life cycle assessment was prepared by the collection of theoretical data to the company (managers, technicians and engineers ...) and practical data from the results of analysis of pharmaceutical liquid discharges.

To exploit these data, a software tool designed by PréConsultant SimaPro.8 said was used to determine the different categories of impacts generated by the wastewater treatment plant.

The main environmental impacts of processes are studied ecosystem quality, climate change and the effects on human health and natural resources. The influence of various parameters (raw materials and energy) on environmental impacts is tested.

Keywords: Environment, Eco-design, pharmaceutical industry, water treatment, environmental impacts, Life Cycle Analysis, Pollution

Sommaire

Introduction générale…..……01

Chapitre I : Généralités sur les eaux usées

I.1. Introduction…….……02 I.2. Définition des eaux usées……...02

I.2.1. Les eaux usées domestiques……..02

I.2.2. Les eaux usées pluviales …….....02

I.2.3. Les eaux usées industrielles…….....02

I.3. Origine des eaux usées…….....02

I.4. Les différentes qualités d'eaux usées ……...02

I.5.les compositions des eaux usées ……...02

I.5.1.les microorganismes…….....02

I.5.2.les bactéries ……..……..03

I.5.3. Les virus…….……...03

I.5.4. Les protozoaires……....03

I.5.5. Les helminthes…….....03

I.6. Les différentes étapes d'une station d'épuration …..…….……...03

I.6.1. Prétraitement …….…….....04

I.6.1.1. Dégrillage et tamisage ……...04

I.6.1.2. Dessablage ……..……..05

I.6.1.3.Dégraissage …….…….....05

I.6.2.Traitement primaire…….……...…05

I.6.3. Traitement secondaire …….……05

I.6.4. Traitement biologique …….……06

I.6.5. Traitement des composés organiques …….……06

I.6.5.1.nitrification …….……..…..06

I.6.5.2. Dénitrification …….……06

I.6.6. Traitement par voie physico-chimique…….……07

I.6.7. Traitement tertiaire …….……07

I.6.7. 1-traitent bactériologique ……..……..07

I.6.7. 2-traitement bactériologique par rayonnement UV…….……08

I.7.principaux paramètres physico- chimiques des eaux usée …….…...08

I.7.1.les paramètres physiques …….….08

I.7.1.1. Température ……08

I .7.1.2.conductivité électrique (EC)…….....08
I.7.1.3.potentiel redox (EH)…….....09
I.7.1.4.matières en suspension (MES)…….....09
I.7.1.5.éléments en solution……..09
I .7.1.6.dureté de l'eau ……..…..10
I.7.2.les paramètres chimiques ……....10
I.7.2.1.ph (potentiel hydrogène)……...10
I .7.2.2.carbone organique total (COT)……..……..10
I .7.2.3.demande biologique en oxygène (DBO)……..……...10
I .7.2.4.demande chimique en oxygène (DCO)……..……11
I.7.2 .5.matières organique(MO)……..……11
I .7.2.6.les matières azotée… …….……11
I. 8. Caractéristiques microbiologique……..……..12
I.9. Conclusion……..…….12

Chapitre II: Analyse de cycle vie

II.1. Introduction……..…..…..14
II.2. Définition de L'ACV ……..…..…14
II.3. Historique ……..15
II.4. Standardisation de l'analyse de cycle de vie……16
II.5. La méthodologie de L'ACV …….……17
II.6. Un outil normalisé au niveau international (ISO)……..17
II.6.1. La norme ISO 1404……17
II .6.1.1.La phase de définition d'objectifs et du champ de l'étude ……..17
II.6.1.2.La phase d'inventaire de cycle de vie ……17
II .6.1.1.La phase de définition d'objectifs et du champ de l'étude ……...17
II.6.1.3.La phase d'évaluation d'impact du cycle de vie ……17
II.6.1.4.La phase d'interprétation du cycle de vie ……...17
II.6.2. La définition des objectifs et du champ de l'étude……..17
II.6.3. L'analyse d'inventaire……18
II.6.4. L'évaluation des impacts ……..18
II.6.5. L'interprétation ……18
II.7. Les limites de l'ACV……..19
II.7.2.Limites relatives aux données ……...19
II.7.1.Limites méthodologique……..…19

II.7.3.Limites pour la conception des produits …….....19
II.8. Outils d'analyse les résultats ……..19
II.8.1.Analyse de contribution…….19
II.8.2.Analyse de dominance ……..…….19
II.8.3.Analyse d'influence…….20
II.9. Outils de vérification ……..20
II.9.1. Contrôle de sensibilité …….20
II.9.2. Contrôle de cohérence……..20
II.9.3. évaluation de la qualité des données…….20
II.9.4. Analyse d'incertitude…….20
II.10. Exemples d'application…….21
II.11. Avantages et inconvénients ……..21
II.12.Conclusion …….22

Chapitre III : ACV de la STEP de SAIDAL

III.1.Introduction……..……....24
III.2.Situation géographique de la filial Antibiotical……...24
III.3.fiche technique de la STEP……..24
III.4.Les paramètres de sortie de rejet vers le milieu extérieur ……..……25
III .5.les caractéristiques des rejets ……....25 III.6.
Plan d'installation de l'unité de traitement des effluents ……..…26
III.7.Principales origines des effluents liquides …….. …...26
III.8.description de l'unité…….…..……26
III.8.1.Prétraitement……..……...…27
III.8.1.1.Dégrillage……...…27
III.8.1.2.Stockage et homogénéisation……..……27
III.8.2.Traitement physico-chimique..……...….27
III.8.2.1.Coagulation……..……..……..28
III.8.2.2.Floculation…….…….……28
III.8.2.3.Neutralisation…….……28
III.8.2.4.Décantation primaire…….……28
III.9.Traitement biologique……...……...29
III.9.traitement des boues……..30
III.9.1.L'épaississement.....31
III.9.2. L'essorage (déshydratation)……..31

III.9.3.Séchage et l'incinération……...……....……....31
III.10. ACV de la STEP…….....32
III. 1. Définition du système et champ de l'étude……...…..32
III. 2. Unité fonctionnelle…….…...32
III. 3. Interprétation ACV…….…..…32
III.11Conclusion…….……..……..34
Conclusion générale……...…35

liste des abréviations

ACV : Analyse Cycle de Vie.

Al2 (SO4)3: sulphate d'alumine.

COT : Carbone Organique Total.

DCO : Demande Chimique en Oxygène.

DBO5 : Demande Biologique en Oxygène pendant 5 jours.

LCC : life cycle costing.

ERA: environmental risk assessment.

FDES: fiche de déclaration environnementale et sanitaire.

H_2SO_4: Acide sulfirique.

ISO : Internationale standardisation organisation.

LCC : life ctyle costing.

M O: Micro Organisme.

MES : Matières En Suspension.

NO_2^- : Nitrites.

NO_3^- : Nitrates.

PRG : le Potentiel Global de Réchauffement.

REPA: Resource and Environment Profile Analysis .

SETAC: Society of Environmental Toxicology and Chemistry.

STEP: Station d'épuration.

UV: Ultra Violé.

Nomenclature

Cm : centimètre.
C°:degré selcise.
EH : équivalent habitant.
G : gramme.
H : heure.
J : jours.
Km: kilo mètre.
Kg: kilogramme.
Kw: kilo wate.
L : litre.
M^3 : mètre cube.
Mg : milligramme.
T: ton.
% : pourcentage.
µs: micro semence.

Liste des figures

Chapitre I : Généralités sur les eaux usées

Figure I.1:schéma qui représente les étapes de traitement des eaux usées ……06
Figure I. 2: Variation spatiale des valeurs de conductivité…….…….11

Chapitre II: Analyse de cycle vie

Figure II. 1 : Schéma qui représente la relation entre les différentes étapes du processus d'analyse du cycle de vie selonISO1440 ……20

Chapitre III : le fonctionnement de la station de traitement des effluents

Figure III.1 : La situation géographique du complexe Saidal de Médéa……30
Figure III.2 : Schéma générale de la station de traitement des effluents de complexe (SAIDAL)…….33

Figure III. 3: Dégrilleur des rejets industriels …….....34
Figure III.4: Bassin de stockage……...….35
Figure III.5 : Back de neutralisation, coagulation, floculation……..36
Figure III.6 : Flotteur, décanteur ……...….36
Figure III.7 : Bassin biologique (premier stade)…….……..37
Figure III.8 : décanteur du premier stade …….37
Figure III.9 : épaississeur …… …38
Figure III.10 : L'incinérateur……..39
Figure III.11 : Bassin de stérilisation…….……39
Figure III.12 : la sortie du l'eau……...…..40
Figure III.13 : Comparaison des différentes étapes du processus de traitement des eaux usées……41
Figure III.14 : Représentation graphique de l'impact environnementale d'un système d'épuration des eaux usée……..…….42

liste des tableaux

Chapitre III : ACV de la STEP de SAIDAL

Tableau III.1 : les valeurs des paramètres de rejet A l'entrée et sortie ……31
Tableau III.2 : Les constituants présents dans les rejets……..32

Introductin générale

Introduction générale

L'industrie pharmaceutique comme toutes autres industries, fabrique et commercialise une large gamme de produits de différentes compositions, variable d'un produit à l'autre, et engendre des rejets contenant des substances médicamenteuses toxiques dans l'environnement. Du fait de la diversité et de la complexité de ces substances actives, les données sur leurs effets dans l'environnement, leur degré d'occurrence dans les ressources ou leurs traitabilités dans une station d'épuration restent encore très limitées et au-delà de préoccupations toxicologiques ou environnementales, il semble certain que l'apparition potentielle, ou dans certains cas, déjà effective de résidus de médicaments dans l'eau de distribution peut avoir un impact sociétal fort. Le problème qui se pose c'est comment évaluer leurs risques pour la santé et l'environnement à la fois.

L'efficacité d'une station de traitement des eaux industrielles se mesure classiquement par la qualité de ses rejets dans les milieux aquatiques. Mais ce traitement est obtenu au prix d'autres impacts environnementaux qui se produisent lors de la construction, de l'exploitation, du fonctionnement et du démantèlement du système d'assainissement dans sa globalité. L'Analyse du Cycle de Vie (ACV) environnementale est la seule méthode d'évaluation, capable de quantifier ces impacts sur l'ensemble du cycle de vie du système. Associée à des approches plus locales telles que les études d'impacts qui prennent mieux en compte les spécificités du site, l'ACV permet d'éviter les transferts de pollution.

L'objet de ce mémoire est d'étudier l'apport de la méthodologie d'Analyse du Cycle de Vie (ACV) comme l'un des outils d'intégration environnementale pour l'application dans le domaine de traitement des eaux industrielles notamment du complexe Antibiotical de Médéa. Afin de bien mener ce travail, il est subdivisé sur trois chapitres :

- Le premier chapitre porte une généralité sur les eaux usées et leurs pollutions ainsi que les différents critères d'évaluation.
- Le deuxième chapitre porte sur la théorie de l'analyse de cycle de vie (ACV) d'un système d'épuration des eaux usées. La méthodologie ACV sera alors détaillée pour mieux comprendre le travail.
- Le troisième chapitre présente les étapes de la réalisation de l'ACV appliqué à la station d'épuration des eaux usées du complexe Antibiotical de Médéa et sur l'évaluation des impacts générés par la STEP procédés et sur l'interprétation des résultats.

Enfin on a présenté une conclusion générale pour donner un avis sur la fonction de la STEP. De manière plus globale, le but de cette analyse est de favoriser le choix des Procédés qui permettent de limiter les impacts sur l'environnement.

Chapitre I

Généralités sur les eaux usées

I.1. Introduction

Les eaux usées sont toutes les eaux chargées de différents éléments provenant de la population mais aussi des activités commerciales et industrielles du fait qu'elles ont été utilisées pour le lavage ou les toilettes, qui sont de nature à polluer les milieux dans les quelles elles seront déversées.

L'objectif des traitements n'est pas toujours de rendre l'eau potable : certains usages ne nécessitent pas d'eau propre à la consommation. Dans tous les cas, les traitements peuvent être réalisés de manière collective dans une station d'épuration ou de manière individuelle. La plupart des stations d'épuration fonctionnent selon les mêmes processus de base, mais des différences plus ou moins importantes peuvent exister dans la manière de mettre en place ces processus [1].

La composition des eaux résiduaires urbaines brutes dépend donc, essentiellement de l'activité humaine (eaux ménagères et eaux vannes), de la composition des eaux d'alimentation en eau potable et accessoirement de la nature des matériaux entrant dans la constitution des canalisations d'eau pour quel que constituants chimiques, de la nature et de la quantité des effluents industriels éventuellement rejetés dans le réseau urbain.

Les eaux usées urbaines contiennent des matières solides, des substances dissoutes et des microorganismes. Ces derniers sont la cause des principales restrictions imposées à la réutilisation des eaux usées [2].

I.2. Définition des eaux usées

Les eaux usées, aussi appelées « effluents » ou « eaux polluées », sont constituées de toutes les eaux de nature à contaminer les milieux dans lesquels elles sont déversées. On distingue essentiellement deux catégorie des eaux usées (on parle aussi d'eaux résiduaire) [3] sont :

- Domestiques
- Industrielles

I.2.1. Les Eaux usées domestiques

Constituant généralement l'essentiel de la pollution, elles se composent :

- des eaux vannes d'évacuation des toilettes,
- des eaux ménagères d'évacuation des cuisines, salles de bain.

Les déchets présents dans ces eaux souillées sont constitués par des matières organiques dégradables et des matières minérales. Ces substances sont sous forme dissoute ou en suspension [2].

1.2.2. Les eaux usées pluviales

Les eaux de ruissellement peuvent être particulièrement polluées surtout en début de Pluie :

- lessivage des sols, des surfaces imperméabilisées,
- remise en suspension des dépôts des collecteurs Les eaux pluviales sont de même nature que les eaux domestiques et peuvent contenir en plus, des métaux lourds et des toxiques [2] (plomb, zinc et hydrocarbures) :

I.2.3. Les eaux usées industrielles

Les caractéristiques des eaux usées d'origine industrielle sont bien évidemment directement liées aux types d'industries implantées sur la commune. La pollution de ces eaux peut être organique, minérale, toxique. Le branchement des établissements commerciaux, Industriels ou artisanaux au réseau public n'est pas obligatoire. Toute fois ceux-ci pourront être autorisés à déverser leurs eaux industrielles dans le réseau public pour qu'elles soient épurées avec les eaux usées domestiques, à condition qu'elles soient compatibles avec les techniques d'épuration traditionnelle [2].

I.3. Origine des eaux usées

Ces eaux sont généralement formées du sous-produit d'une utilisation humaine, soit domestique, soit industrielle, d'où l'usage de l'expression « eaux usées ».

Les eaux usées sont des eaux altérées par les activités humaines à la suite d'un usage domestique, industriel, artisanal, agricole ou autre. Elles sont considérées comme polluées et doivent être traitées.

Elles peuvent être parfois qualifiées d'« eaux grises » lorsqu'il s'agit d'eaux peu chargées en matières polluantes par exemple des eaux d'origine domestique, résultant du lavage de la vaisselle, des mains, des bains ou des douches. On parle d'« eaux noires » lorsqu'elles contiennent diverses substances plus polluantes ou plus difficiles à éliminer tels que des matières fécales, des produits cosmétiques, ou tout type de sous-produit industriel mélangé à l'eau.

Il peut également s'agir d'eau d'écoulement de surfaces imperméables : ainsi les eaux de ruissellement des parcs de stationnement sont considérées comme des eaux usées par la présence de divers polluants comme les hydrocarbures ou les poussières d'usure des pneumatiques [4].

I.4. Les différentes qualités d'eaux usées :

En dehors de pollutions diffuses (en particulier agricoles), quatre types de pollution sont généralement définies contre. Lesquels des moyens de lutte doivent être mis en œuvre :

- la pollution traditionnelle des eaux usées domestiques.
- la pollution apportée par les eaux pluviales.
- la pollution des industries implantées dans la commune.
- la pollution des matières de vidange issues de l'assainissement autonome des habitations non raccordées au réseau collectif [2].

I.5. Les compositions des eaux usées il existe

I.5.1. Les Microorganismes

Les eaux usées contiennent tous les microorganismes excrétés avec les matières fécales. Cette Flore entérique normale est accompagnée d'organismes pathogènes. L'ensemble de ces organismes peut être classé en quatre grands groupes : les bactéries, les virus, les protozoaires et les helminthes [3].

I.5.2.Les bactéries

Les bactéries sont les microorganismes les plus communément rencontrés dans les eaux usées Les eaux usées urbaines contiennent environ $\mathbf{10^6}$ à $\mathbf{10^7}$ bactéries/100 ml dont la plupart sont protées et entérobactéries, $\mathbf{10^3}$ à $\mathbf{10^4}$ streptocoques et $\mathbf{10^2}$ à $\mathbf{10^3}$ clostridiums.

La concentration en bactéries pathogènes est de l'ordre de $\mathbf{10^4}$ germes $\mathbf{L^{-1}}$. Parmi les plus détectées sont retrouvées, les *salmonella*, dont celles responsables de la typhoïde, des paratyphoïdes et des troubles intestinaux. Les coliformes thermo tolérants sont des germes témoins de contamination fécale communément utilisés pour contrôler la qualité relative d'une eau [3].

I.5.3. Les virus

Les virus sont des parasites intracellulaires obligés qui ne peuvent se multiplier que dans une Cellule hôte. On estime leur concentration dans les eaux usées urbaines comprise entre $\mathbf{10^3}$ et $\mathbf{10^4}$ particules par litre. Leur isolement et leur dénombrement dans les eaux usées restent Difficiles, ce qui conduit vraisemblablement à une sous estimation de leur nombre réel. Les virus entériques sont ceux qui se multiplient dans le trajet intestinal. Au cours de processus de traitement des eaux usées, les virus sont plus difficiles à éliminer que les

bactéries classiques couramment utilisées comme indicateurs de la qualité bactériologique des eaux [3].

I.5.4. Les protozoaires

Les protozoaires passent par une forme de résistance, les kystes, qui peuvent être véhiculés par les eaux résiduaires. Ces parasites sont très persistants. Ainsi, selon les conditions du milieu, ces organismes peuvent survivre plusieurs semaines voir même plusieurs années. Plusieurs protozoaires pathogènes ont été identifiés dans les eaux usées. Parmi les plus importants du point de vue sanitaire [3].

I.5.5. Les helminthes

Les helminthes sont des parasites intestinaux, fréquemment rencontrés dans les eaux résiduaires. Dans les eaux usées urbaines, le nombre d'œufs d'helminthes peut être évalué entre 10 et 103 germes L-1. Beaucoup de ces helminthes ont des cycles de vie complexes comprenant un passage obligé par un hôte intermédiaire. Le stade infectieux de certains helminthes est l'organisme adulte ou larve, alors que pour d'autres, ce sont les œufs et les larves sont résistants dans l'environnement et le risque lié à leur présence est à considérer pour le traitement et la réutilisation des eaux résiduaires. En effet, la persistance de ces organismes à différentes conditions environnementales ainsi que leur résistance à la désinfection permet leur reproduction, ce qui constitue leur risque potentiel.

Les helminthes pathogènes rencontrés dans les eaux usées sont : Ascaris lumbricades, Oxyuris vermicularis, Trichuris trichuria, Taenia saginata [3].

I.6. Les différentes étapes d'une station d'épuration

Le traitement se divise généralement en plusieurs étapes :

I.6.1. Prétraitement

Le prétraitement des eaux usées est nécessaire pour retirer la matière facilement collectable des eaux usées brutes afin de les éliminer. Les matières ordinaires qui sont filtrées lors du traitement primaire comportent des matières grasses, des huiles, des graisses, du sable, des graviers, des pierres et toutes les matières solides.

Les dispositifs de prétraitement sont présents dans toutes les stations d'épuration domestiques, quels que soient les procédés mis en œuvre en aval. Ils ont pour but d'éliminer les éléments solides les plus grossiers susceptibles de gêner les traitements ultérieurs ou d'endommager les équipements.

Le prétraitement consiste en trois étapes principales qui permettent de supprimer de l'eau les éléments qui gêneraient les phases suivantes de traitement. Ils se composent de 3 étapes, présentes ou non selon les besoins, à savoir :

- Le dégrillage : élimination des déchets volumineux,
- Le dessablage : élimination des sables,
- Le dégraissage – déshuilage : élimination des corps gras [4].

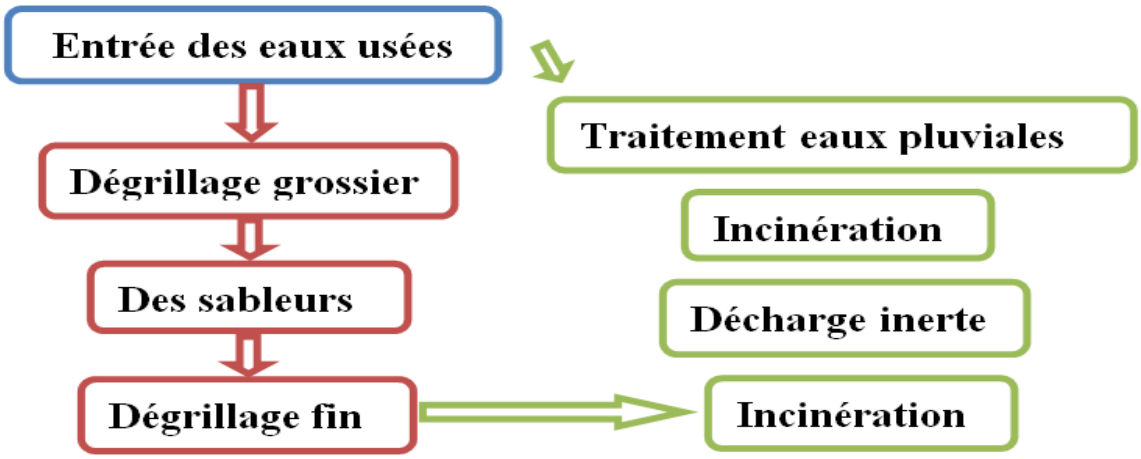


Figure 1: Les étapes de traitement des eaux usées [6].

I.6.1.1. Dégrillage et tamisage

Le dégrillage consiste à faire passer les eaux usées au travers d'une grille dont les barreaux, plus ou moins espacés, retiennent les éléments les plus grossiers. Après nettoyage des grilles, les déchets sont évacués avec les ordures ménagères Le tamisage permettent de retirer de l'eau les déchets insolubles tels que les branches, les plastiques, serviettes hygiéniques, etc. En effet, ces déchets ne pouvant pas être éliminés par un traitement biologique ou physico-chimique, il faut donc les éliminer mécaniquement. Pour ce faire, l'eau usée passe à travers une ou plusieurs grilles dont les mailles sont de plus en plus serrées. Celles-ci sont en général équipées de systèmes automatiques de nettoyage pour éviter leur colmatage, et aussi pour éviter le dysfonctionnement de la pompe, [4].

I.6.1.2. Dessablage

Le dessablage permet, par décantation, de retirer les sables mélangés dans les eaux par ruissellement ou amenés par l'érosion des canalisations. Ce matériau, s'il n'était pas enlevé, se déposerait plus loin, gênant le fonctionnement de la station et provoquant une usure plus

rapide des éléments mécaniques comme les pompes. Les sables extraits peuvent être lavés avant d'être mis en décharge, afin de limiter le pourcentage de matières organiques, la dégradation de celles-ci provoquant des odeurs et une instabilité mécanique du matériau. Les sables décantent au fond de celui-ci tandis que les graisses remontent en surface [4].

I.6.1.3. Dégraissage

C'est généralement le principe de la flottation qui est utilisé pour l'élimination des huiles. Son principe est basé sur l'injection de fines bulles d'air dans le bassin de déshuilage, permettant de faire remonter rapidement les graisses en surface (les graisses sont hydrophobes). Leur élimination se fait ensuite par raclage de la surface. Il est important de limiter au maximum la quantité de graisse dans les ouvrages en aval pour éviter par exemple un encrassement des ouvrages, notamment des canalisations. Leur élimination est essentielle également pour limiter les problèmes de rejets de particules graisseuses, les difficultés de décantation ou les perturbations des échanges gazeux. Le déshuilage peut aussi se faire par coalescence [4].

I.6.2. Traitement primaire

En épuration des eaux usées, le traitement primaire est une simple décantation qui permet de supprimer la majeure partie des matières en suspension. Ce sont ces matières qui sont à l'origine du trouble des eaux usées. L'opération est réalisée dans des bassins de décantation dont la taille dépend du type d'installation et du volume d'eau à traiter. De la même manière, le temps de séjour des effluents dans ce bassin dépend de la quantité de matière à éliminer et de la capacité de l'installation à les éliminer. Les eaux usées après prétraitement ne contiennent plus qu'une charge polluante dissoute et des matières en suspension. La dilatabilité des matières dans un bassin est déterminée par l'indice de Mohlman. Cet indice est déterminé chaque jour dans les stations d'épuration importantes afin de vérifier le bon fonctionnement du système [5].

I.6.3. Traitement secondaire

Le traitement secondaire se fait le plus couramment par voie biologique. Une voie physico-chimique peut la remplacer ou plus souvent s'y ajouter pour favoriser la floculation et coagulation des boues ou permettre, par exemple, la fixation des phosphates [5].

I.6.4. Traitement biologique

Les traitements biologiques s'apparentent aux procédés de dégradation naturelle, mais de façon plus intensive deux voies sont possibles pour dépolluer les effluents organiques biodégradables :

- la voie anaérobie : Elle est réalisée en milieu réducteur, où le carbone organique est transformé en CH4 et en de la biomasse. Ce processus est réalisé par les bactéries anaérobies. Vu que les eaux domestiques usées sont faiblement polluées, l'anaérobie n'est pas souvent utilisé en station d'épuration urbaine. Un traitement aérobie convient amplement. Le traitement anaérobie sera quant à lui utilisé dans certains effluents industriels très chargés en pollution organique
- la voie aérobie : Cette voie est celle qui s'instaure spontanément dans les eaux suffisamment Aérées, le carbone organique y est dégradé par la respiration bactérienne. La réaction de respiration bactérienne peut être résumée ci-après :

Matières Organiques +O2 ===== > □CO2 + H2O + Biomasse (1)

La voie aérobie peut se réaliser par des traitements conventionnels. En pratique, les traitements conventionnels aérobies sont constitués de deux phases successives:

- Le bassin d'aération

Le bassin contient des micro-organismes qui, grâce à l'injection d'O2, consomment la pollution dissoute et se développent. Ce mélange forme les boues activées (ou boues biologiques).

- Le décanteur secondaire (ou clarificateur secondaire)

Après le bassin d'aération, l'eau traitée passe par débordement dans le décanteur où elle sera séparée des boues par décantation de celles-ci au fond du décanteur, Il existe différents types de procédés dans le bassin d'aération d'une part, les procédés biologiques à cultures libres tels que les boues activées, et d'autre part, les procédés biologiques à cultures fixées tels que les bio filtres [4].

I.6.5. Traitement des composés organiques

Le traitement biologique le plus simple consiste à éliminer les composés organiques tels que sucres, graisses, protéines, etc. Ceux-ci sont nocifs pour l'environnement puisque leur

dégradation implique la consommation de dioxygène dissous dans l'eau nécessaire à la survie des animaux aquatiques.

La charge en polluants organiques est mesurée communément par la DBO5 (demande biologique (ou biochimique) en Oxygène sur 5 jours) ou la DCO (Demande Chimique en Oxygène). Les bactéries responsables de la dégradation des composés organiques sont hétérotrophes. Pour accélérer la dégradation des composés organiques, il faut apporter artificiellement de l'oxygène dans les eaux usées [5].

I.6.5.1. Nitrification

Si les réacteurs biologiques permettent un temps de contact suffisant entre les effluents et les bactéries, il est possible d'atteindre un second degré de traitement la nitrification. Il s'agit de l'oxydation de l'ammoniaque en nitrite, puis en nitrate par des bactéries nitrifiantes. L'ammoniaque est un poison pour la faune piscicole. Les bactéries nitrifiantes sont autotrophes (elles fixent mêmes le carbone nécessaire à leur croissance dans le CO_2 de l'air). Elles croissent donc beaucoup plus lentement que les hétérotrophes. Une station d'épuration doit d'abord éliminer les composés organiques avant de pouvoir nitrifier [6].

I.6.5.2. Dénitrification

Une troisième étape facultative consiste à dénitrifier (ou dénitrater) les nitrates résultants de la nitrification. Cette transformation peut se faire en pompant une partie de l'eau chargée de nitrates de la fin de traitement biologique et la mélanger à l'eau d'entrée, en tête de traitement. La dénitrification se passe dans un réacteur anoxique, en présence de composés organiques et de nitrates. Les nitrates sont réduits en di azote (N_2) qui s'échappe dans l'air. Les nitrates sont des nutriments qui sont à l'origine de l'envahissement d'algues dans certaines mers.

La dénitrification se fait généralement sur les petites stations d'épuration dans le même bassin que la nitrification par syncopage (arrêt de l'aération, phase anoxie). Cette étape tend à se généraliser pour protéger le milieu naturel [6].

I.6.6. Traitement par voie physico-chimique

Il regroupe l'aération et le brassage de l'eau mais aussi une décantation secondaire (dite aussi clarification).À partir de ce dernier élément, l'eau clarifiée est rejetée (sauf traitement tertiaire éventuel) et les boues décantées sont renvoyées en plus grande partie vers le bassin d'aération, la partie excédentaire étant dirigée vers un circuit ou un stockage spécifique.

Le traitement secondaire peut comporter des phases d'anoxie (ou une partie séparée en anoxie) qui permet de dégrader les nitrates [7].

– Déphosphatation

Le traitement du phosphore est généralement demandé sur les stations supérieures à 10 000 équivalents habitant. Il peut être demandé sur des plus petites stations d'épuration suivant la sensibilité du milieu récepteur [7].

I.6.7. Traitement tertiaire

I.6.7. 1. Traitement bactériologique

Le traitement tertiaire inclut un ou plusieurs des processus suivants :

– désinfection par le chlore ou l'ozone (pour éliminer les germes pathogènes).
– neutralisation des métaux en solution dans l'eau : en faisant varier le pH de l'eau dans certaines plages, on obtient une décantation de ces polluants.

Le traitement tertiaire n'est pas toujours réalisé. Cette étape permet de réduire le nombre de bactéries, donc de germes pathogènes présents dans l'eau traitée. Elle peut être demandée pour protéger une zone de baignade, un captage d'eau potable ou une zone conchylicole. Ce traitement peut être réalisé par ozonation, par un traitement aux UV ou pour des petites capacités de station d'épuration par une filtration sur sable (sable siliceux et de granulométrie spécifique) [7].

I.6.7. 2-Traitement bactériologique par rayonnement UV

Il existe une certaine variété de systèmes sur le marché. Le principe traditionnel de désinfection par rayonnement UV consiste à soumettre l'eau à traiter à une source de rayonnements UV en la faisant transiter à travers un canal contenant une série de lampes submergées. Depuis quelques années, l'on trouve aussi, surtout pour les petites stations de traitement des eaux usées, un système basé sur des réacteurs mono lampe, qui offre des avantages au niveau de la maintenance et des coûts d'utilisation [7].

I.6. Principaux paramètres physico- chimiques des eaux usée

I.6.1. Les paramètres physiques

I.6.1.1. Température

La température est un facteur écologique important du milieu. Elle permet de corriger les paramètres d'analyse dont les valeurs sont liées à la température (conductivité notamment). Elle est très importantes dans le processus de biodégradation elle influe sur l’activité des

microorganismes et favorise la fermentation qui agit comme pollution additionnelle et qui diminue la teneur de l'oxygène dissous [8].

I .6.1.2.Conductivité électrique (EC)

La conductivité électrique désigne la capacité de l'eau à conduire un courant électrique et elle est déterminée par la teneur en substances dissoutes, la charge ionique, la capacité d'ionisation, la mobilité et la température de l'eau. Par conséquent, elle renseigne sur le degré de minéralisation d'une eau. Les eaux de la nappe alluviale de Sebou sont fortement minéralisées (Figure 2), avec des valeurs toujours supérieures à 1000 µs/cm. Ces valeurs importantes semblent résulter d'une part des apports issus du drainage de l'oued par la nappe alluviale et ce suite à l'absence et l'insuffisante de la période pluvieuse et/ ou par un lessivage de la roche réservoir où les eaux séjournent dans la nappe aquifère [8].

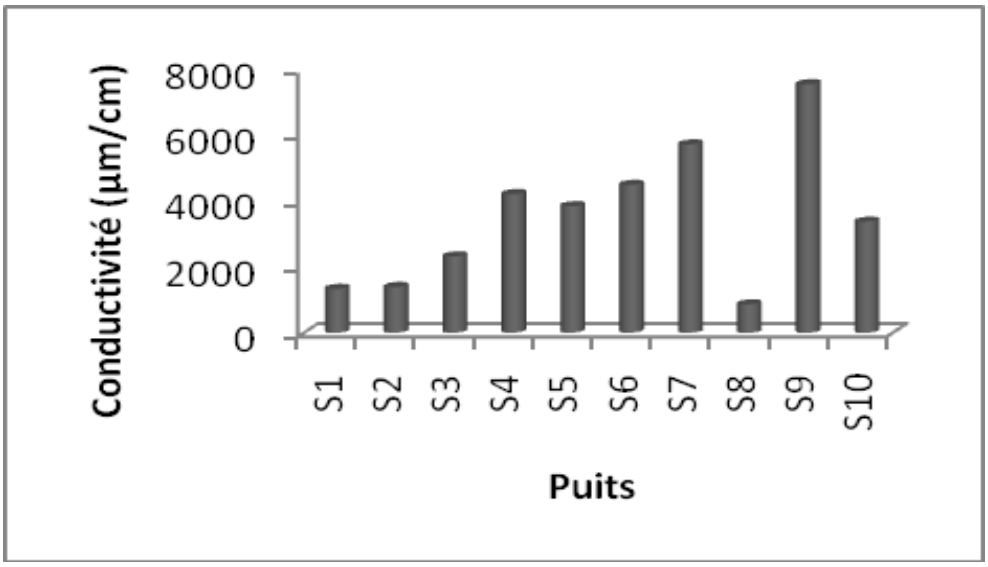


Figure 2: Variation spatiale des valeurs de la conductivité [8].

I.6.1.3.Potentiel redox (Eh)

Dans les systèmes aqueux, le potentiel redox (ou disponibilité en électrons) affecte l'état s d'oxydation des éléments (H, C, N, O, S, Fe…). Dans une eau bien oxygénée, les conditions d'oxydation dominent. Quand les concentrations d'oxygène diminuent, le milieu devient plus réducteur ce qui se traduit par une réduction du potentiel redox. Dans les eaux naturelles, des comparaisons relatives de l'évolution du potentiel redox peuvent être utiles pour suivre les degrés de changement du système aquatique. Le potentiel redox se mesure en mV [9].

I.6.1.4.Matières en suspension (MES)

Les matières en suspension comprennent t out es les matières minérales ou organiques qui ne se solubilisent pas dans l'eau. Elles incluent les argiles, les sables, les limons, les matières organiques et minérales de faible dimension, le plancton et autres micro-organismes de l'eau. La quantité de matières en suspension varie notamment selon les saisons et le régime d'écoulement des eaux. Ces matières affent la transparence de l'eau et diminuent la pénétration de la lumière et, par suite, la photosynthèse. Elles peuvent également gêner la respiration des poissons. Par ailleurs, les matières en suspension peuvent accumuler des quantités élevées de matières toxiques (métaux, pesticides, huiles minérales, hydrocarbures aromatiques polycycliques…). Les matières en suspensions sont exprimées en mg/l [9].

I.6.1.5.Eléments en solution

Les chlorures (Cl-) et les sulfates (SO4--) font généralement l'objet d'un suivi particulier. Une forte teneur en chlorures peut indiquer une pollution par des eaux usées domestiques (sels régénérant utilisés dans les lave-vaisselle) ou par certaines eaux usées industrielles. Les pics de concentration en chlorures s'observent le plus souvent en période de gel (sels de déneigement). Les eaux usées de nombreuses industries peuvent également contenir des sulfates. Ce sont sur t out les changements brusques et important s des teneurs en chlorures et sulfates qui se révèlent néfastes. D'autres ions t els que le calcium (Ca++), magnésium (Mg++), potassium (K+), fluor (F-) peuvent être également mesurés. Les éléments en solution sont exprimés en mg/l [9].

I .6.1.6.Dureté de l'eau (ou titre hydrométrique)

La dureté d'une eau correspond à la somme des concentrations en cations métalliques, excepté celles des métaux alcalins (Na+, K+) et H+. Elle est souvent due aux ions Ca++ et Mg++. La présence de ces deux cations dans l'eau tend souvent à réduire la toxicité des métaux. La dureté se mesure en mg de CaCO3 par litre [9].

I.6.2. Les paramètres chimiques

I.6.2.1. PH (Potentiel Hydrogène)

Le pH mesure la concentration en ions H+ de l'eau. Il traduit ainsi la balance entre acide et base sur une échelle de 0 à 14. La valeur 7 correspond à la neutralité. Le domaine entre 0 et 7 constitue le milieu est acide, et entre 7 et 14 le milieu est basique. Le pH renseigne sur L'origine de l'eau. Par exemple, les eaux de surface ont un pH compris entre 7

et 8. Les eaux souterraines ont un pH situé entre 5,5 et 8. Un pH très basique témoigne d'une évaporation intense. Le pH d'un lac ou d'un étang dépend de son âge et des déchets déversés. Lors de sa formation, un lac a un pH basique (ou alcalin) et progressivement il s'acidifie (fermentation de matériaux organiques, dissolution de dioxyde de carbone avec formation d'ions bicarbonates,...) [4].

I.6.2.2. Carbone organique total (COT)

Le carbone organique est constitué d'une grande diversité de composés organiques à plusieurs états d'oxydation, dont certains sont susceptibles d'être oxydés par des procédés chimiques ou biologiques. Ces fractions sont caractérisées par la demande chimique en oxygène (DCO) et la demande biologique en oxygène (DBO).

La détermination porte sur les composés organiques fixés ou volatils, naturels ou synthétiques, présents dans les eaux résiduaires (celluloses, sucres, huiles, etc.). Suivant que l'eau a été préalablement filtrée ou non, on obtiendra le carbone dissous (DCO) ou le carbone organique total (COT). Cette mesure permet de faciliter l'estimation de la demande en oxygène liée aux rejets, et d'établir éventuellement une corrélation avec la DBO et la DCO[4].

I .6.2.3. Demande Biologique en Oxygène (DBO)

Est la quantité d'oxygène nécessaire aux micro-organismes pour assimiler la pollution biodégradable sur une période définie. En effet, une période allant de 21 à 28 jours serait nécessaire aux micro-organismes pour assimiler la totalité de la pollution biodégradable. Il a été déterminé qu'une période de 5 jours correspondait à l'assimilation de la pollution biodégradable carbonée (oxydation), et qu'ensuite les micro-organismes assimilaient la pollution biodégradable azotée (nitrification).

Pour des raisons pratiques, on prendra en compte pour cette analyse la première phase de 5 jours que l'on notera la détermination de la Demande Biologique en Oxygène est une façon indirecte d'évaluer la quantité de matières biodégradables essentiellement organiques contenues dans l'eau. Ces substances biodégradables ont les même sources que les matières organiques : métabolisme des organismes vivants, activité humaine, lessivage de sols, L'effet principal des matières biodégradables sur le milieu récepteur est l'appauvrissement en oxygène dissous de ce milieu qui résulte de leur dégradation Cette analyse est effectuée selon la norme NF EN 1899de mai 1998 et NF EN ISO 9408 d'octobre1999 [9].

I .6.2.4. Demande chimique en oxygène (DCO)

Est la mesure de la quantité d'oxygène apportée par un réactif chimique (oxydant) pour détruire toutes les matières organiques biodégradables et non biodégradables**.** Cette analyse est réalisée selon la Norme NFT 90-101de février 2001.On mélange à l'eau à analyser une quantité volontairement excessive de réactif oxydant (dichromate de potassium). Pour que la réaction soit rapide et complète, on ajoute de l'acide sulfurique et ou chauffe pendant deux heures. La DCO correspond à la différence entre la quantité d'oxydant initiale et celle subsistant après deux heures de réaction. Unité : mg O2 /l

La mesure de la Demande Chimique en Oxygène ,permet de façon indirecte d'évaluer la quantité de matières oxydables essentiellement organiques contenues dans l'eau .Les substances oxydables naturelles proviennent du lessivage des sols et essentiellement du métabolisme des organismes vivants .L'effet principal des rejets de matières oxydables dans le milieu naturel est la consommation d'oxygène qui résultent de leur dégradation. Leur présence peut entraîner la prolifération de microorganismes et la production de composés halogénés indésirables pour la santé et pour un éventuel traitement des eaux par le chlore [10].

I.6.2 .5. Matières organique(MO)

Contenue dans les eaux est la partie non encore décomposée de la pollution organique (matières vivantes mortes ou déjections de organismes vivants). Elles sont donc naturellement présentes dans l'eau, mais à faible concentration. S'il y en à plus, il y a pollution provenant de rejets d'eaux usées domestiques mal épurés, d'effluents agricoles, etc. La MO peut se rencontrer dans l'eau soit dissoute, soit sous forme particulaire visible. La présence de dépôts de matière organique visibles dans le lit d'une rivière est inacceptable et dénonce bien souvent la proximité d'un rejet brut ou un très mauvais état de la rivière. (De plus la dégradation de la MO consomme et réduit l'oxygène dissoute de l'eau nécessaire à la vie aquatique).La charge de pollution organique est quantifiable par des techniques normalisées : la DCO, la DBO5 [9].

I .6.2.6. Les matières azotées

La notation chimique de l'azote est N, en raison du nom anglais : nitrogène. On distingue 5 formes d'azote dans l'environnement : L'azote organique constituant les cellules vivantes végétales ou animales. L'azote ammoniacal noté NH4+ (on parle aussi de l'ion ammonium) qui provient de la décomposition par les bactéries de l'azote organique (ammonification) ou des rejets directs d'animaux (urines, excréments) [10].

Les nitrites notés NO^{2-}. Ils sont souvent en quantité très faible car c'est une forme chimique très instable. Les nitrates notés NO^{3-}. C'est une forme chimique stable. L'azote Gazeux noté N2, cette forme est très présente dans l'air (environ 70 %). Ce gaz est très peu soluble dans l'eau. L'azote dans les eaux usées urbaines brute est très présent sous forme d'azote organique et ammoniacal. On constate le plus souvent l'absence de nitrite et de nitrate [9].

L'ammonium constitue le produit de la réduction finale des substances organiques azotées et de la matière inorganique dans les eaux et les sols. Il provient également de l'excrétion des organismes vivants et de la réduction et la biodégradation des déchets, sans négliger les apports d'origine domestique, industrielle et agricole. Cet élément existe en faible proportion inférieure à 0,1mg/l d'azote ammoniacal dans les eaux naturelles. Dans les eaux superficielles il provient de la matière organique azotée, et des échanges gazeux entre l'eau et l'atmosphère). Il constitue ainsi un bon indicateur de la pollution des cours d'eau par les effluents urbains [9].

Chlorure (sels) Ils ne sont pas nocifs, mais constituent un important indicateur d'arrivée de pollution. Ils ne sont pas éliminés par les stations d'épuration. Dans la nature ils sont souvent indicateurs d'arrivée d'effluents urbains. A titre indicatif, dans l'eau du robinet le maximum admis est de 250 mg/l. de chlorures, [10]. **Le phosphore,** élément indispensable au développement de tous les organismes vivants**, n'est naturellement présent qu'en très faible quantité dans le sol et dans les eaux.** Les ortho phosphates sont la forme la plus simple et la plus répandue des phosphates dans l'eau. Le phosphate de calcium minéral contenu dans les roches calcaires est peu soluble et n'est donc pas responsable de la pollution des eaux par excès de phosphore. La plus grande part du **phosphore que l'on retrouve dans les eaux des cours d'eau provient.**

- Des **rejets d'eaux résiduaires,** en premier lieu des déjections humaines, des matières organiques en décomposition, des les silves. (Le rejet en phosphore total (PT) d'une personne (= 1 équivalent habitant (EH) est d'environ 4 g. de PT par jour. En rapportant cette quantité au volume journalier des effluent de cette personne, on obtient une concentration d'environ 25 mg/litre de PT.)
- Des activités agricoles : "pertes" d'engrais phosphatés utilisés en agriculture (provenant des mines de phosphates du Maroc) et ruissellements d'effluents agricoles (lisier, purin, déjections,..), Entrainé dans les eaux, cet élément s'y retrouve essentiellement sous forme de phosphore organique (résidu de la matière

vivante) ou de phosphore minéral (ou phosphate inorganique) représenté essentiellement par les ortho phosphates (PO4) [10].

I. 7. Caractéristiques microbiologique

La détermination de la flore aérobie mésophile totale, des coliformes totaux, coliformes fécaux, staphylocoque, streptocoque, salmonelles et les sigillés, ainsi que certains pathogènes peuvent donner une indication sur les risques liés à l'utilisation de certains types d'eaux [10].

I.8. Conclusion

Le traitement des eaux usées est un processus très important pour la vie quotidienne des habitants des villes et du monde rural. On effectue l'épuration des eaux usées non seulement pour protéger la santé de la population éviter les maladies contagieuses, mais aussi pour protéger l'environnement. Aujourd'hui, ce dernier but devient de plus en plus important et les techniques de traitement et les stations d'épuration évoluent constamment. Les traitements usuels (primaires et secondaires) ont été complétés par des traitements qui visent à éliminer le plus possible de substances nocives pour les écosystèmes (tertiaires). Tout cela est évidemment très encadré, et c'est cette orchestration au niveau européen qui aide à mieux veiller sur la qualité de l'eau potable et usée. L'eau, élément indispensable à la vie, doit être protégée et sa qualité doit être régulièrement contrôlée. Nous avons commencé à contrôler et à protéger aussi bien l'eau que l'on boit que l'eau que l'on rejette. Cependant, les lois en vigueur et les technologies d'épuration doivent encore évoluer pour répondre à l'évolution des styles de vie, car avec de nouveaux polluants arrivent de nouveaux dangers aussi bien pour les écosystèmes aquatiques que pour l'homme [10].

Chapitre II
Analyse de cycle de vie

II.1. Introduction

La prise en compte de l'environnement a été traditionnellement déclinée soit par impact environnemental (déchets, pollutions, consommation d'énergie…), soit par secteur d'activités (industries, transports…), approches qui se sont souvent révélées trop parcellaires pour justifier du bien fondé environnemental des efforts à réaliser. La diminution de tel ou tel impact modifiait les autres caractéristiques des systèmes considérés, sans que l'on puisse évaluer la pertinence globale de ces modifications : par exemple un changement de matériau permettant de diminuer les consommations d'énergie et de matières mais modifiant la recyclabilité finale des produits, le choix d'une filière de valorisation permettant de diminuer le recours à la mise en décharge mais affectant la qualité de l'air…

Au début des années 90, est apparue la nécessité de mettre en œuvre des approches multicritères (consommation de matières et d'énergies, émissions dans l'air et dans l'eau, déchets), prenant en compte l'ensemble des étapes du cycle de vie des produits, de leur fabrication à leur élimination finale en passant par leur phase d'utilisation : les écobilans.

A leurs débuts, ces approches ont pu être qualifiées d'expérimentales voire partiales (écobilans menés à des fins exclusives de marketing ou de lobby). Par la suite, le développement de la normalisation internationale (famille des normes ISO 14040) a fixé des bases méthodologiques et déontologiques et retenu le terme «Analyse de cycle de vie » (ACV) en lieu et place d' « écobilan » (nom d'une société commerciale, française à l'origine). Depuis 1997, les pratiques se sont donc progressivement harmonisées et les résultats sont ainsi devenus plus robustes et fiables tandis que leur communication se faisait de manière plus formalisée que celle des premiers écobilans. Dans le domaine de l'évaluation globale et multicritères des impacts environnementaux, l'ACV est l'outil le plus abouti. Sa pratique et sa diffusion actuelles contribuent à en faire un instrument de plus en plus performant et reconnu. Il peut être utilisé au sein de démarches de développement durable, notamment celles orientées sur les produits. Néanmoins, il ne traite que de la dimension environnementale (voire, dans certains cas rares, économique) et non de l'axe social ou sociétal du développement durable [11]

II.2. Définition de L'ACV

Est un outil d'aide à la décision qui consiste à évaluer tous les impacts environnement aux potentiels d'un produit, d'un service ou d'un procédé sur l'ensemble de son cycle de vie.

Si certaines utilisations en sont parfois controversées, cet outil complexe permet d'avancer sur la compréhension des conséquences environnementales de nos choix de conception.

L'ACV est une méthode d'analyse permettant de compléter la connaissance de la soutenabilité du système étudié. Elle n'inclut ni les éléments économiques, ni les éléments sociaux. Les systèmes étudiés sont considérés comme en fonctionnement normal, les accidents sont donc exclus. Les impacts étudiés ont lieu dans la biosphère et non dans la techno sphère. Ce qui arrive au sein de l'environnement de production n'est donc pas développé. Ces éléments précités, non-inclus dans l'ACV, sont les objets d'autres études comme, l'ERA (environmental risk assessment), évaluation des risques environnementaux, ou encore des études reprenant le cadre de travail de l'ACV, le LCC (life cycle costing), coût du cycle de vie, l'ACVs analyse du cycle de vie social. Tous ces éléments, gravitant dans le domaine de la "Pensée en cycle de vie", ont pour vocation de compléter l'ACV. Ils peuvent d'ailleurs être intégrés dans la mesure où leurs quantifications peuvent être mises en relation avec l'unité fonctionnelle quantifiée par le flux de référence [12].

Selon la logique de l'ACV, les flux constitutifs d'un produit se décomposent selon deux dimensions, deux sphères :

- La techno sphère représente l'ensemble des activités et produits humains (production, transformation, consommation)
- L'écosphère représente principalement l'environnement naturel. D'une certaine manière l'écosphère englobe la techno sphère et est donc source de toutes les matières premières et réceptacle de tous les déchets de la techno sphère.

Afin de réaliser une ACV, tout système est décomposé en processus élémentaires et chaque processus élémentaire reçoit et émet des flux. À l'image des deux sphères (eco et techno), il existe deux types de flux :

- Les flux élémentaires qui proviennent (ressources) ou sont à destination (déchets) de l'écosphère
- Les flux économiques qui proviennent (intrant) ou sont à destination (extrant/produit) de la techno sphère [13]

II.3. Historique

La notion d'analyse de cycle de vie date de la fin des années 60 aux États-Unis où des chercheurs développent le « Resource and Environment Profile Analysis » (REPA), précurseur des bilans matières. En 1969, Coca-Cola (commande au Research Institute of

Meadwest) une étude visant à comparer les coûts de fabrication, l'énergie utilisée, la disponibilité des matières premières et la possibilité de recyclage d'une bouteille en verre ou en plastique pour conditionner ses boissons. Les bilans matières et énergie sont par la suite élargis avec la nécessité de développer une méthodologie robuste et reproductible. La SETAC (Society of Environmental Toxicology and Chemistry) publie en 1993 un référentiel de bonnes pratiques et en 1994, la France publie la norme AFNOR X30-300 - Analyse de cycle de vie : définition, déontologie et méthodologie. En 1997 est publiée la première norme internationale de la série des ISO 14040 relative aux ACV. Les ACV prennent en compte l'ensemble du cycle de vie du produit, « du berceau à la tombe » avec une approche multicritère qui intègre l'ensemble des paramètres environnementaux (consommations, rejets, impacts et transformation des milieux naturels) Les ACV sont utilisées dans des domaines très variés, soit par des industriels pour améliorer leurs produits, procédés ou services et pour communiquer sur les avantages de leur produit vis-à vis de l'environnement, soit par les pouvoirs publics pour définir certaines orientations (choix d'une filière de traitement de déchets par exemple) [14].

II.4. Standardisation de l'analyse de cycle de vie

La série de la norme ISO 14040 fournit de la documentation pour chacune des étapes de l'ACV:

- ISO 14040 : Management environnemental - Analyse du cycle de vie - Principes et cadre
- ISO 14041 : (obsolète) Management environnemental - Analyse du cycle de vie - Définition de l'objectif et du champ d'étude et analyse
- ISO 14042 : (obsolète) Management environnemental - Analyse du cycle de vie - Évaluation de l'impact du cycle de vie
- ISO 14043 : (obsolète) Management environnemental - Analyse du cycle de vie - Interprétation du cycle de vie
- ISO 14044 : Management environnemental - Analyse du cycle de vie - Exigences et lignes directrices. Cette nouvelle norme, avec la version de 2006, ISO 14040, annule et remplace ISO 14041:1999, ISO 14042:2000 et ISO 14043:2000, qui ont été révisées.
- ISO TS 14048 : Formats de documentation de données

– ISO TR 14049 : exemples illustrant la définition de l'objectif et du champ d'étude, et l'analyse des inventaires selon ISO 14044 [15].

II.5. La méthodologie de L'ACV

La figure 1 résume la méthodologie de l'ACV d'un produit ou un système.

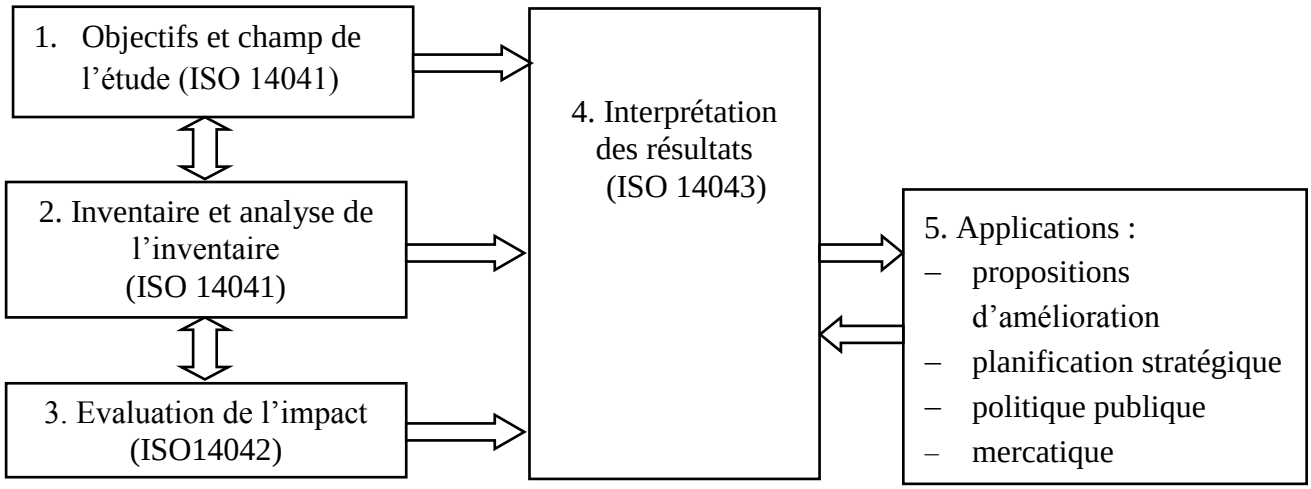


Figure 1: relation entre les différentes étapes du processus d'analyse du cycle de vie selon, ISO14040

Cette méthodologie peut être résumée comme suit :

Étape 1: Définition des objectifs et du champ de l'étude.

Étape 2: Inventaire des flux matières et énergies associés aux étapes du cycle de vie rapporté à l'unité fonctionnelle retenue,

Étape 3: Evaluation des impacts potentiels à partir des flux matières et énergies recensés,

Étape 4: Interprétation des résultats obtenus en fonction des objectifs retenus : cette étape est itérative avec les 3 précédentes de manière à toujours valider que les résultats obtenus permettent de répondre aux objectifs de l'étude (par exemple, il arrive que la non disponibilité de certaines données puisse conduire, en cours d'étude, à restreindre le champ de l'étude). C'est également ici que l'on tentera d'évaluer la robustesse des résultats (en réalisant par exemple des analyses de sensibilité), notamment pour s'assurer que les incertitudes et variabilités qui y sont liées sont bien d'un ordre inférieur à celui des différences constatées entre les performances environnementales des différents systèmes étudiés.

Pour communiquer les résultats d'une étude ACV, les conditions de réalisation et les résultats doivent être présentés de manière détaillée et transparente. Lorsque les résultats de

l'étude sont destinés à être communiqués, un rapport de synthèse présentant clairement les objectifs et le champ de l'étude, les principales limites et hypothèses…, doit être élaboré et mis à disposition de tous. Dans le cas de résultats amenant à comparer des produits ou procédés, ce rapport doit nécessairement comprendre une revue critique, c'est-à-dire l'examen de l'étude par un expert indépendant de sa réalisation. Cet expert peut agir seul ou au sein d'un comité de revue critique associant des spécialistes du secteur étudié et les principales parties intéressées : l'essentiel est de garantir la double compétence ACV – secteur étudié du comité (ou le cas échéant de l'expert unique) et, bien sûr, son impartialité. Commentaires et réponses aux recommandations issues de la revue critique doivent être inclus dans le rapport de synthèse diffusé [16].

II.6. Un outil normalisé au niveau international (ISO)

II.6.1. La norme ISO 14040

2006 spécifie les principes et le cadre applicables à la réalisation d'analyses du cycle de vie construites selon 4 phases :

II .6.1.1.La phase de définition d'objectifs et du champ de l'étude

Elle permet d'établir les frontières du système considéré, l'unité fonctionnelle qui fournit une référence pour comparer les résultats, les objectifs poursuivis, les exigences relatives à la qualité des données.

- Exemple d'unité fonctionnelle

"Quantité de shampooing permettant d'éliminer une quantité standardisée de sébum d'une mèche de cheveu standard selon une quantité de mousse déterminée".

II.6.1.2.La phase d'inventaire de cycle de vie

Qui recense et quantifie les flux de matière et d'énergie entrant et sortant du système étudié. La réalisation de cette phase exige la collecte de nombreuses données soit à partir de la bibliographie, soit directement auprès des industriels.

II.6.1.3.La phase d'évaluation d'impact du cycle de vie

Qui permet de traduire les résultats obtenus au cours de l'inventaire en impacts environnementaux potentiels. Les flux sont caractérisés en impacts grâce à des indicateurs tels que le Potentiel Global de Réchauffement (PRG). Selon les modélisations choisies, les flux sont classés par catégories d'impact : épuisement des ressources, impacts sur la santé humaine, changements climatiques, …

II.6.1.4.La phase d'interprétation du cycle de vie

Qui doit donner des résultats compréhensibles et cohérents avec les objectifs initiaux, expliquer les limitations de l'étude. Elle consiste également à identifier, évaluer et sélectionner les options d'amélioration de la charge environnementale [17].

II.6.2. La définition des objectifs et du champ de l'étude

C'est la définition du produit ou service à étudier, le choix d'une base fonctionnelle de comparaison ainsi que le choix du niveau de détail à apporter lors de la cueillette de données. Les choix à effectuer à ce stade concernent également l'audience visée par l'étude. Le choix du public cible peut en effet conditionner le niveau de précision requis pour les résultats : des résultats externes nécessitent un degré de précision plus élevé que des résultats internes.

II.6.3. L'analyse d'inventaire

Il s'agit de quantifier l'énergie et les matières premières utilisées ainsi que les émissions dans l'air, l'eau, et le sol. Cette section implique une collecte des données pertinentes pour la quantification des entrants et sortants d'un produit. C'est une procédure itérative qui implique la modification continuelle des données nécessaires en fonction des informations recueillies tout au long de l'étude.

II.6.4. L'évaluation des impacts

C'est le regroupement sous forme de catégories d'impacts et la pondération des effets dus à l'utilisation de ressources ainsi que les émissions. Il s'agit notamment d'identifier les impacts environnementaux potentiels et significatifs à partir des données d'inventaire préalablement associées à des impacts environnementaux spécifiques. Il existe à ce jour trois grandes familles d'impacts généralement pris en compte par l'ACV : l'épuisement des ressources, les impacts sur la santé humaine et les impacts écologiques. Les impacts relatifs à ces trois catégories sont au nombre de 10^5. Ce sont les impacts considérés par la majorité des méthodes d'évaluation d'impacts. Ce sont :

1. le réchauffement global de la planète;
2. l'appauvrissement de la couche d'ozone
3. l'épuisement des ressources naturelles (matières premières);
4. l'épuisement des ressources énergétiques;
5. l'oxydation photochimique;
6. l'acidification des terres et des lacs;
7. la toxicité humaine;

8. l’écotoxicité aquatique;
9. l’écotoxicité terrestre;
10. la nitrification

Ainsi, les impacts généralement utilisés sont essentiellement associés aux critères biophysiques des produits considérés.

II.6.5. L’interprétation

Il s’agit de rédiger un rapport des résultats selon les besoins et d’évaluer les possibilités de réduction des impacts cette étape prend la forme de conclusions ou de recommandations compatibles avec l’objectif et l’étendue de l’étude, pour la prise de décision l'interprétation doit également mettre en avant les méthodes de vérification employées et doit clairement établir les limites de l'étude [18].

II.7. Les limite de l’ACV

Si la procédure pour réaliser une ACV est bien encadrée par un ensemble de normes de référence, cet outil présent de nombreuses limites et les résultats ne doivent pas être perçus comme une vérité absolue.

II.7.1.Limites méthodologique

Les résultats sont dépendants de la zone géographique d’où proviennent les données, des hypothèses de départ et des choix effectués notamment en ce qui concerne la définition de l’unité fonctionnelle retenue qui va orienter l’interprétation des résultats. C’est pourquoi les normes ISO insistent sur la transparence de la méthode (tous les choix doivent être écrits et justifiés). L’évaluation porte sur des impacts potentiels et non des impacts réels. Tout n’est pas pris en compte comme les impacts économiques et sociaux par exemple ni certaines classes d’impacts (bruit, champ électromagnétiques, …).

II.7.2.Limites relatives aux données

La qualité de l’ACV dépend crucialement de l’existence et de l’accessibilité aux données. Or de nombreuses données ne sont pas disponibles soit parce qu’elles ne sont pas mesurées, qu’elles sont confidentielles ou difficilement exploitables. Les données fournies par les différentes bases de données posent des problèmes de représentativité, de complétude et d’obsolescence. Pour pallier à cela, l’expert qui réalise l’ACV est obligé d’avoir recours à un grand nombre d’hypothèses, de simplifications et d’incertitudes.

II.7.3.Limites pour la conception des produits

Les ACV requièrent un grand nombre de données et de ressources. Seuls des experts peuvent manipuler correctement les informations et les outils afin d'interpréter les résultats de l'ACV de la façon la plus juste. Cet outil complexe et couteux est donc difficile d'utilisation les PMI-PME. Plusieurs méthodes dites simplifiées, plus abordables leur sont proposées [19].

II.8. Outils d'analyse les résultats

II.8.1.Analyse de contribution

Calcul de la contribution d'un paramètre d'entrée par rapport à un paramètre de sortie. Cette analyse peut se faire par rapport à l'inventaire, à la caractérisation ou à l'indicateur unique s'il a été calculé. Il va ainsi être possible de ressortir des pourcentages de contribution, permettant de s'assurer que les résultats sont cohérents et de ressortir les processus et les éléments qui contribuent le plus au cycle de vie.

Ceci va permettre d'évaluer quels intrants et quels processus sont les principales sources de l'impact environnemental. Il n'est pas rare que parmi des centaines de processus élémentaires, quelques-uns seulement représentent plus de 80 % des impacts, se rapprochant ainsi du principe de Pareto. Ressortir ces processus fournit des indications précieuses sur les éléments à améliorer dans le système étudié.

II.8.2.Analyse de dominance

Calcul utilisant des outils statistiques ou de ranking permettant de ressortir les contributions significatives ou remarquables (consiste généralement à faire des catégories de contribution allant de forte à faible et de classer chaque étape du processus dans ces catégories.)

II.8.3.Analyse d'influence

Analyse visant à voir la possibilité d'influencer un aspect environnemental et son impact sur l'analyse complète.

II.9. Outils de vérification

L'objectif est d'assurer la complétude, la cohérence et la stabilité des résultats. Pour cela, plusieurs étapes sont à réaliser: Étude des sources d'incertitudes Il faut regarder la variabilité des paramètres en fonction de l'espace, du temps, des relations entre sources et objets. La précision des données, le fait d'avoir des données manquantes doit également être étudié de près tout comme le modèle utilisé et les simplifications qui sont faites. Enfin, il faut également évaluer l'incertitude liée aux choix et hypothèses réalisés tout au long du processus ainsi que les incertitudes propres aux prises de données et à la limite des connaissances sur les sujets traités.

Contrôle de complétude Rares sont les ACV pouvant obtenir toutes les données nécessaires. Souvent des approximations sont nécessaires. Il faut alors justifier les choix faits et vérifier l'impact de ces choix si les données sont importantes et justifier en quoi ces données ne sont pas importantes si elles sont jugées.

II.9.1. Contrôle de sensibilité

Est de valider la fiabilité des résultats finaux en déterminant l'influence sur ceux-ci de variation dans les hypothèses, les données sources et la méthodologie.

Le contrôle de sensibilité peut s'appliquer à n'importe quel élément de l'analyse: imputation, critère d'exclusion, frontière du système, catégories d'impact choisies, données de normalisation, etc.

Deux types d'analyse de sensibilité sont possibles:

- Sensibilité à un critère continu (résultat de sortie en fonction d'un paramètre d'entrée). Il est alors possible de faire une analyse de perturbation. Dans ce cas, il est possible d'étudier l'impact d'une variation de x % d'un flux élémentaire sur l'inventaire, d'un facteur de pondération sur le score final, etc. À partir de là, il est possible d'extrapoler des facteurs de dépendance (ou de corrélation). Les intrants ayant un fort pouvoir de corrélation sur l'output doivent alors être regardés de près pour assurer que ces valeurs, dont l'impact est majeur, sont aussi précises que possibles. Cette analyse peut amener à revoir le champ d'étude et les objectifs en fonction de la sensibilité de certaines données.
- Sensibilité à un critère discret c’est-à-dire à des choix. Il faut alors, dans la mesure du possible, analyser les autres choix que ceux faits et s'assurer que les résultats obtenus selon les différents scénarios demeurent dans une fourchette admissible.

II.9.2. Contrôle de cohérence

L'objectif de ce contrôle est de s'assurer que les résultats obtenus sont conformes au champ de l'étude initialement formulé. Dans le cas de comparaison entre différents scénarios, il est également conseillé de démontrer que les hypothèses choisies dans chacun des scénarios sont cohérentes les unes par rapport aux autres.

Ces différences entre les scénarios peuvent venir de différences dans les sources des données, dans la précision des données, dans les représentations technologiques... Les différences liées au facteur temps, au facteur géographique, à l'âge des données, et aux indicateurs doivent être également pris en compte.

II.9.3. évaluation de la qualité des données

Normalement, dès les premières étapes de l'inventaire, les praticiens doivent établir des recommandations concernant la qualité des données, notamment les couvertures temporelles et géographiques, la précision, la représentativité, la cohérence et la reproductibilité des mesures, les sources des données et les niveaux d'incertitude.

Durant la phase de vérification, les données utilisées doivent être comparées aux recommandations initiales. Les écarts doivent être documentés et justifiés.

II.9.4. Analyse d'incertitude

Vise à vérifier l'impact de l'incertitude des données principales sur les résultats du modèle. Ceci se fait habituellement avec des outils informatiques en utilisant par exemple une Méthode de Monte-Carlo. Certains des outils d'analyse du cycle de vie permettent d'entrer l'incertitude d'une valeur avec une distribution. Le programme va alors ressortir une distribution de résultat qui permettra soit de s'assurer que la variabilité n'a pas d'impact trop important, soit que le résultat d'un comparatif entre plusieurs scénarios est valide dans les conditions d'incertitude [20].

II.10. Exemples d'application

- **L'ACV appliquée au bâtiment**

Tout élément bâti peut théoriquement faire l'objet d'une ACV, avec d'autant plus de complexité que la construction et ses usages sont complexes. En France 43 % de l'énergie finale est consommée par les bâtiments, dont la construction et démolition génèrent plus de 40 millions de tonnes de déchets, encore peu et mal recyclés, plaçant pour les émissions de Gaz à effet de serre le résidentiel-tertiaire (24 %) se place devant les transports (23 %), l'industrie et l'agriculture. la réflexion a porté sur les bâtiments habités, surtout à partir des années 2000.

La loi Grenelle 2 (2010) pousse le secteur du bâtiment vers les ACV, via de nouveaux articles du Code de la construction et de l'habitation, qui visent un label environnemental intégrant l'ensemble du cycle de vie du bâtiment.

En octobre 2011, un projet de décret et d'arrêté sur la déclaration environnementale des produits de construction pourrait aboutir à l'obligation d'ACV pour les acteurs voulant communiquer sur les impacts environnementaux de leurs constructions. L'ACV est alors multi-échelle ; des produits et éléments de bases (fiche de déclaration environnementale et sanitaire ou FDES, PEP, EPD) aux bâtiments eux-mêmes (quantification des performances environnementales) et parfois à l'échelle d'îlots, d'éco quartier ou d'infrastructures. Cette Fiche est remplie sous la responsabilité des fabricants (ou syndicat professionnel) du produit. La norme EN 15804 (qui va partiellement remplacer la NF P01-010 en 2012) donne la méthode d'obtention et le format de déclaration des informations environnementales et sanitaires.

Des outils informatiques d'aide au calcul doivent encore être améliorés, testés, validés et normalisés (ex : norme ISO 15392:2008 sur le développement durable dans la construction, norme européenne EN 15804 sur les déclarations environnementales des produits de construction qui doit remplacer la NF P01-010 en 2012, norme EN 15978 devant remplacer la XP P01-020-3 en 2012 sur les indicateurs et méthodes de calcul des impacts environnementaux des bâtiments). En 2011, plusieurs approches peuvent donner des résultats différents [20].

II.11. Avantages et inconvénients

L'analyse de cycle de vie permet avant tout d'avoir une vision globale de l'impact environnemental d'une filière, de prévoir le déplacement de pollution, d'évaluer quel type d'impact environnemental est dominant dans la réalisation d'un produit et quelles étapes (étape de production, utilisation, mise au rebut) ou quels éléments particuliers du produit contribuent le plus en termes d'impacts environnementaux. Ceci est obtenu par une démarche aussi exhaustive que possible et selon une démarche clairement documentée. Cette méthode permet également une mise en perspective des différents types d'impacts plutôt que de se limiter à un type d'impact particulier.

C'est également un outil très utile pour faire des choix autant à portée globale (choix d'une politique environnementale, comme l'intérêt du recyclage de certains produits) que locale (choix de design et de production pour un produit).

Cependant nombre d'obstacles font que l'analyse du cycle de vie ne sera jamais un outil universel. D'abord il est quasi impossible d'obtenir l'intégralité des flux utilisés pour un

produit, il faut donc se contenter de données parfois limitées et faire appel à des données génériques, donc manquantes de précision.

Dans les logiciels d'analyse de cycle de vie actuels, les processus sont généralement régionalisées (contrairement aux impacts qui ont lieu de façon géographiquement indifférenciée et ne dépendent pas de la région ou des régions où a/ont lieu le cycle de vie): il existe généralement plusieurs instances pour chaque processus, en fonction du lieu d'utilisation. Par exemple, pour un même logiciel d'analyse de cycle de vie, il existe plusieurs processus de production d'électricité par le biais de centrales à charbon, pour différents pays, et ces centrales ont des profils d'émission sensiblement différents d'un pays à un autre. Cependant, toutes les régions du monde ne sont pas représentées pour un même type de processus. Il est donc souvent difficile, voire impossible, de réaliser une analyse de cycle de vie qui tienne complètement et parfaitement compte des particularités et du contexte de chaque pays. En revanche, tant que les processus représentatifs requis existent, il est facile et rapide de remplacer un processus par un autre dans une même analyse de cycle de vie. Cela rend aisé, dans la limite de la disponibilité des processus adéquats, la modification d'une analyse de cycle de vie en vue de l'adapter à la réalité contextuelle d'un autre pays ou d'une autre région.

Par ailleurs, plusieurs choix méthodologiques demeurent assez subjectifs comme les choix d'imputation et les méthodes de caractérisation des impacts, de normalisation et de pondération s'ils sont utilisés. Il n'est pas rare, dans le cadre d'une comparaison, de voir le classement entre plusieurs produits être inversé selon la méthode d'évaluation choisie et ce, juste au niveau de la caractérisation.

En conclusion, l'analyse de cycle de vie présente de nombreux intérêts. Toutefois les résultats à eux seuls peuvent toujours être contestables selon les choix méthodologiques réalisés. Par conséquent les valeurs obtenues peuvent difficilement être utilisées par le grand public et nécessitent d'être étudiées en détail [21].

II.12. Conclusion

L’analyse du cycle de vie constitue un outil de référence en matière d’évaluation d’impacts environnementaux. Les résultats obtenus sont des éléments de décision au niveau industriel concernant le choix de la conception, d’amélioration d’un produit ou de son procédé. L’ACV est aussi un outil intéressant

pour les ingénieurs. Elle peut leur permettrede penser un produit dans sa globalité et de réaliser l'impact de leur travail sur les autres phases.

Bien que l'ACV présente de nombreux atouts, elle n'est pas exempte de points sensibles. Son étude repose généralement sur des hypothèses qui doivent faire appel à des raisonnements critiques et à une certaine cohérence. Cette absence de formalisme peut être utilisée par des entreprises dans le but d'orienter des résultats. On ne peut donc pas analyser les résultats d'une ACV sans étudier conjointement les étapes de construction.

D'ailleurs, certaines applications pour que l'ACV reste un outil d'analyse objectif, il est indispensable d'expliciter clairement chaque étape accompagnée de ses limites et de ses incertitudes. [22].

Chapitre III
ACV de la STEP de SAIDAL

III.1.Introduction

L'unité de traitement des effluents de l'usine de production d'Antibiotiques de Médéa a été projetée pour le traitement des effluents liquides provenant des différents secteurs et des opérations de l'exploitation, de façon à les rendre tout à fait compatible avec le milieu récepteur lors de leur déversement final à l'extérieur de l'usine et plus précisément au niveau du récepteur naturel en l'occurrence Oued Harbil. **[23]**

III.2. Situation géographique de la filiale Antibiotical

L'entreprise antibiotical Filiale du groupe SAIDAL est située à 12 Km à l'ouest de la wilaya de Médéa et à 6 Km environ de la localité chef lieu de la commune de Harbil sur la route nationale N°18 Reliant MEDEA à El khmis. Le complexe s'étale sur une superficie de 31 hectares est distant d'Alger (Aéroport et port) de 100 Km. le transport des matières premières se fait par voir terrestre. [23], Il est construit conformément à la norme de bonne pratique de fabrication (BPF-GMP) (ISO 9001 VERSION 2000 et 2004).



Figure III.1 : La situation géographique du complexe SAIDAL de Médéa.

III.3. Fiche technique de la STEP

1. **Capacité de traitement**
   - La station de traitements des effluents est équivalant à 99000 habitants.
   - Capacité de traitement : 3000m^3
   - Constructeur : CTIP (Italie)
   - Année de mise en service : 1986
   - Quantité d'eau rejetée au stade finale : 30 à 80 m^3/h
   - Capacité d'incinération : 2,5T/h
   - Effectif de la station : 19
2. **Traitement physico-chimique :**
   - Coagulation: sulfate d'alumine Al2 (SO4)3 (48m^3/J)
   - Floculation : poly-électrolyte : Acide sulfiriqueH2SO4 (48m^3 /J)
   - Neutralisation : la chaux (24m^3 /J)
3. **Traitement biologique :**
   - Les micros organisme : la souche bactérienne : ecolyte CX80 (216ton/J)

III.4.Les paramètres de sortie de rejet vers le milieu extérieur

En application décret exécutif N°06-141 du 19 avril 2006 définissant les valeurs limites des rejets d'effluents liquides industriels:

Paramètre	**A l'entrée**	**A la sortie**
DBO	2200 mg/l	35 mg/l
DCO	3500 mg/l	<120 mg/l
MES	1900 mg/l	<35 mg/l
PH	06.5 à 08.5	7.95
Température	Ambiante	21.4 C°

Tableau III.1: Les valeurs des paramètres de rejet à l'entrée et à la sortie **[23]**

III .5. Les caractéristiques des rejets

Les caractéristiques des rejets sont présentées dans le tableau III.2.

Composés organiques	**Quantités (mg/l)**
Mycélium	670
Esther	130
Tween 80	5
Diméthyle aniline	200
D'éthyle amine	15
Phénol	10
Antibiotique résidus	**Quantités (mg/l)**
Tétra base	23
Tétra HCl traces	/
Complexe tétra Ca	17
Solvant	**Quantités (mg/l)**
Acétate d'éthyle	60
Acétone	37
Butanol	550
Ethyle Cellosolve	45

Tableau III.2 : Les constituants présents dans les rejets [24].

III.6. Plan d'installation de l'unité de traitement des effluents -VP70

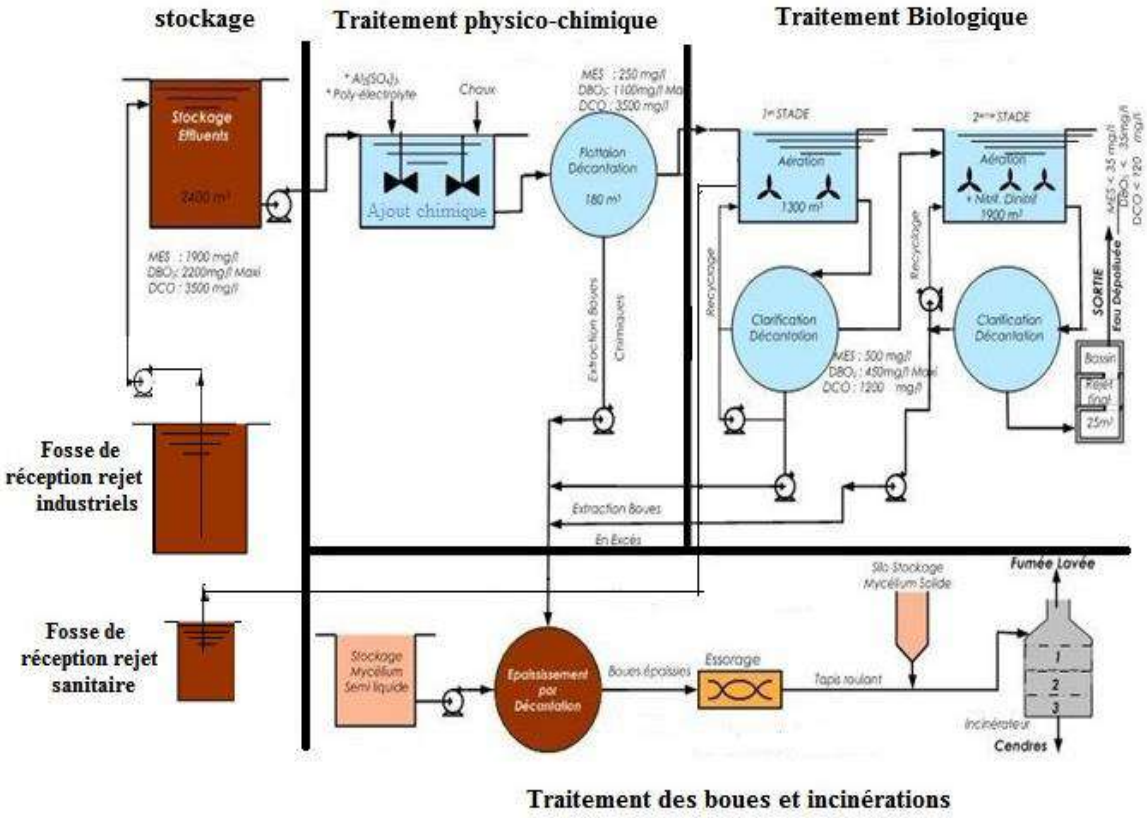


Figure III.2 : Schéma générale de la station de traitement des effluents du complexe.

III.7.Principales origines des effluents liquides

1. Les rejets issus de l'unité de fermentation

- Produits pénicilliniques : protéine, amidon, l'huile de soja, traces des sols (sulfate de fer, sulfate de magnésium) la soude Na OH et NH_4 OH.
- Produits non pénicilliniques : protéine, glucose, l'huile de lard, l'ammoniac liquéfié NH_3 et la soude **[24].**

2. Les rejets issus de l'unité ''extraction des produits PENI'' et semi synthèse

- Extraction des produits PENI : butanol, l'Acétate de butyle, l'acide sulfurique, la soude.
- Semi synthèse :

Orale : chlorure de méthylène CH_2CL_2, Butanol, Acétone, Acétate d'éthyle, acide chlorhydrique HCL, Na OH, NH_4OH,

Stérile : Butanol, Ethyle Cellosolve, Acide chlorhydrique, HCL, Acétone **[24].**

Les rejets issus de l'extraction des produits (non PENI) Butanol, Ethyle Cellosolve, Acide chlorhydrique, acétone et méthanol **[24].**

III.8.description de l'unité

- Prétraitement (Réception, stockage et homogénéisation)
- Traitement physico-chimique (coagulation, floculation, neutralisation et décantation)
- Traitement biologique
- Traitement des boues
-

III.8.1.Prétraitement

III.8.1.1.Dégrillage

C'est un procédé purement mécanique utilisé pour l'élimination des matières en suspension véhiculés par l'eau. Les eaux résiduaires canalisées par l'égout organique en aval de la grille .Le bute de dégrillage est d'éliminer les éléments grossiers contenus dans les eaux usées cet appareil se présente sous forme d'une grille à barreaux profilés [25]**.**



Figure III. 4: Dégrilleur des rejets industriels

III.8.1.2.Stockage et homogénéisation

Au moyen des pompes de soulèvement les eaux sont envoyées vers le réservoir poumon d'une capacité de stockage 2400m^3 et un autre de secours d'une capacité de stocka600m^3, l'homogénéisation c'est effectuer par barbotage d'air à l'intérieur **[25].**

III.8.2.Traitement physico-chimique



Figure III.5: Bassin de stockage

III.8.2.1.Coagulation

Consiste à enlever la stabilité des matières en suspension colloïdales dans l'eau pour la neutralisation de leur charge électrique superficielles. La coagulation c'est réalisé par dosage à l'aide d'une pompe doseuse de la solution sulfate d'alumine **[25].**

III.8.2.2.Floculation

Elle se réalise par l'ajout d'un polymère organique (macromoléculaire à longue chaine) la solution de poly électrolyte. Le bute de la floculation l'agglomération de ces particules pour la formation des flocs volumineux décantables **[25].**

III.8.2.3.Neutralisation

L'addition des sels d'aluminium vont résulter la formation d'un précipite d'hydroxyde et une chute d'alcalinité. La chaux est ajoutée pour l'obtention d'un pH optimale.

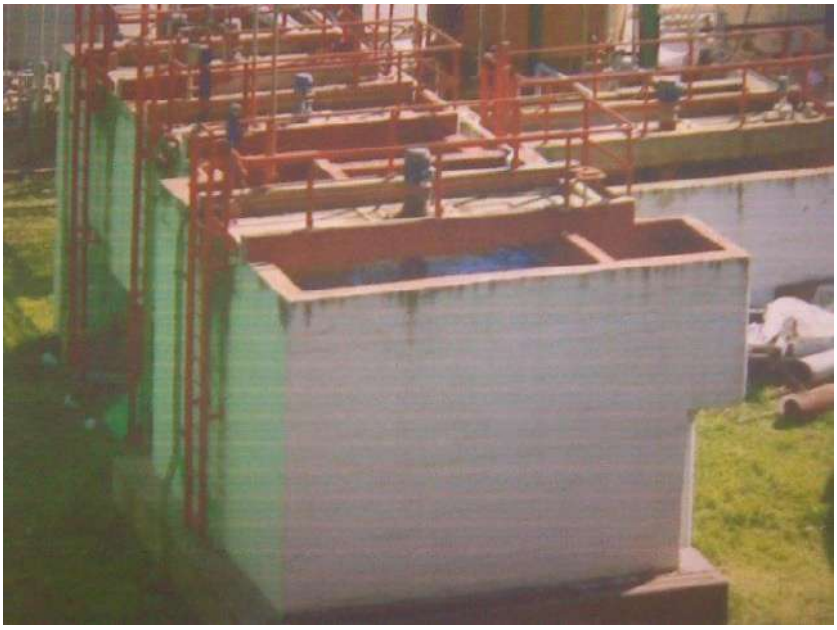


Figure III.6 : Back de neutralisation, coagulation, floculation

III.8.2.4.Décantation primaire

C'est une sédimentation des éléments minéraux et des matières organiques prises individuellement en fonction de leurs densités et de leurs dimensions. Lors de leur sédimentation due uniquement aux forces des gravitations, les particules ne sont pas gênées par d'autres particules ni par des facteurs extérieurs tels que la paroi du décanteur. Le bute de la décantation c'est l'élimination autant que possible les matières en suspensions **[26].**



Figure III.7 : Flotteur, décanteur

III.9.Traitement biologique

Les procédés biologique font intervenir les microorganismes pour la transformation des matières organiques dissoutes ou colloïdales en matière décan tables le processus c'est effectuer en culture libre (boues activées) à travers deux stades biologiques effectuer en culture

- **Premier Stade**

Alimenté par les eaux clarifiées chimiquement, et c'est la que les conditions nécessaires à la vie des micro-organismes sont assurées grâces à une bonne oxygénation. Ce stade de traitement assure une biodégradation de 60% des substances, le reste de la charge organique est dégradé lors du deuxième stade de traitement secondaire.



Figure III.8 : Bassin biologique (premier stade)

Après un temps de contact suffisant, la liqueur mixte est envoyée dans un clarificateur destinée à séparer l'eau épurée des boues.



Figure III.9 : décanteur du premier stade

- **Deuxième stade**

Ce stade est conçu de la même façon que le premier, sauf que les eaux sanitaires sont réceptionnées à ce niveau. Vu le faible charge organique des eaux clarifiées au premier stade. L'efficacité de cette seconde phase est supérieure à 95%. Le clarificateur assure la séparation des boues activées et leur recyclage au niveau des bacs de traitement du premier stade afin d'assures une présence suffisante de micro-organismes. L'excès de boue est envoyé vers l'incinérateur.

A la sortie de ce deuxième stade biologique, l'eau claire passe vers un bassin de stérilisation à l'hypochlorite de sodium puis est rejetée vers le milieu récepteur avec une :

- Une DBO5 de l'ordre de : 40 mg/l
- Une DCO de l'ordre de : 120 mg/l
- Matière en suspension de l'ordre : 30 mg/l

La quantité d'eau rejetée après traitement est de l'ordre 2000 m^3/jour à pleine charge **[26].**

III.9.Traitement des boues

Le but de l'opération de traitement des boues est de les rendre stables (minéralisation) et réduire leur volumes le traitement s'est effectuer en trois étapes **[26].**

III.9.1.L’épaississement

Le but de l’épaississement des boues pour les rendre stables c’est-à-dire minimisation les nuisances microbiologiques et réduire la concentration en matière car se tasse entre elle par épaississement gravitaire. **[26]**



Figure III.10 : épaississeur

III.9.2. L’essorage (déshydratation)

Elle se fait couramment par moyen mécanique (centrifugeuse).

III.9.3.Séchage et l’incinération

L’opération se effectuer dans un four à soles multiples où les boues soumise à une température de 700c°se transforment en cendre enlevées et déposées sur le terrain, les fumées sont lavées dans un système de scrubber humide afin d’éliminer totalement le risque de pollution atmosphérique **[27]**



Figure III.11 : L’incinérateur

A la sortie de la décantation secondaire, les eaux dites épurées, sont envoyées vers le bassin de stérilisation par mesure de sécurité. Ce stade de stérilisation par addition de NaClO a été prévu avant ce rejet, de façon à éviter toute possible contamination des eaux à l’extérieur par des pour temps de séjour de 25 minutes, correspondant à un volume utile

de 42 m^3 microorganismes pathogènes qui pourraient être entrainés La capacité du bac est calculée. **[28]**



Figure III.12 : Bassin de stérilisation



Figure III.13: la sortie du l'eau

III.10. ACV de la STEP

1. Définition du système et champ de l'étude

Indentification des impacts environnementaux d'une station de traitement des eaux usées de SAIDAL.

2. Unité fonctionnelle

La station de traitements des effluents est équivalant à 99000 habitants avec un débit journalier allant de 3000 m^3/j et la quantité l'eau rejetée au stade finale : 30 à 80 m^3 /h.

3. Interprétation ACV

Premièrement il s'agit de répondre sur la question suivante : Quelles sont les contributions (impacts) environnementaux de la STEP avec une consommation électrique de l'ordre de 15840kw /J. Après l'application de la méthode de l'ACV on a arrivé aux résultats suivants (voir figure III.14) :

- La consommation électrique contribue par 90 % dans le réchauffement climatique et énergies non renouvelables,
- Elle contribue à 60% dans la classe d'impact d'effets respiratoires de l'exposition aux solvants inorganiques (en verre).

- Elle contribue à 55 % dans l'effet respiratoire de l'exposition aux solvants organiques et l'acidification des écosystèmes terrestres (sols) et des eaux.
- Elle contribue à 45% dans l'acidification aquatique,
- Elle contribue à 30% dans l'extraction des minéraux.

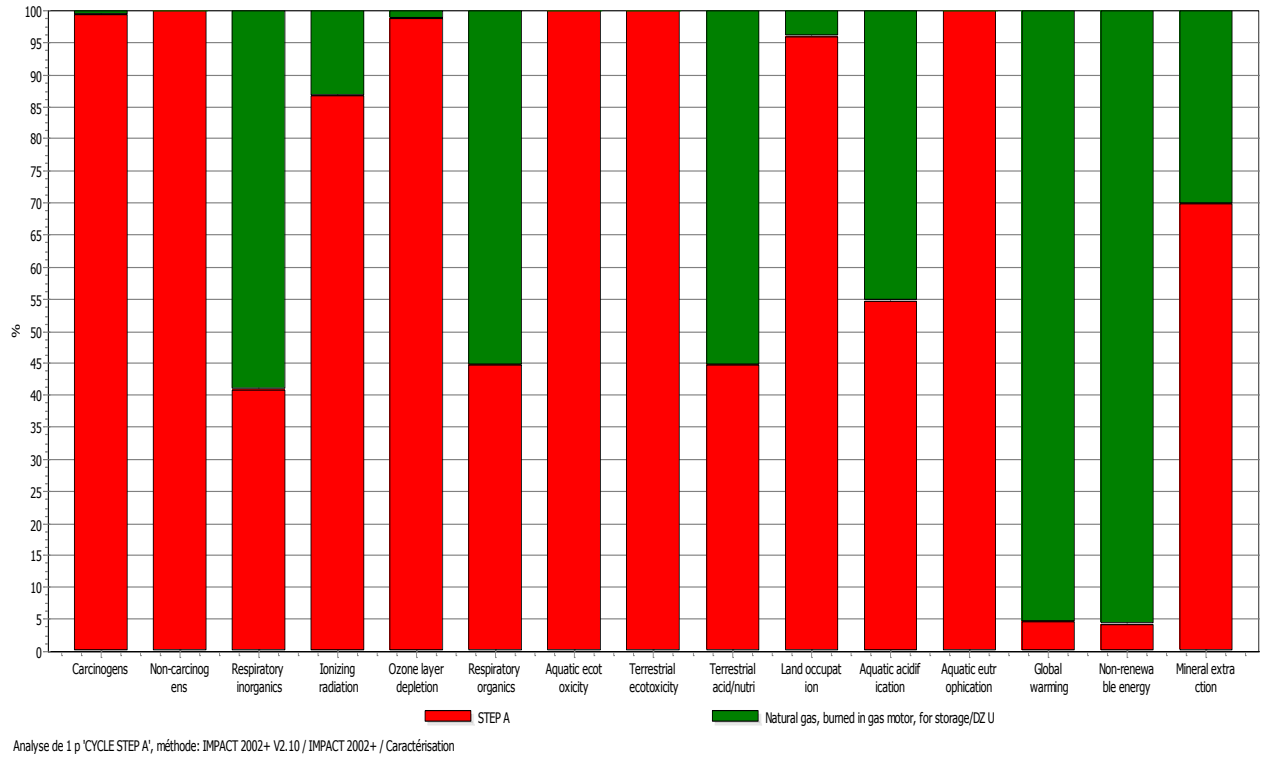


Figure III.14 : Comparaison des différentes étapes du processus de traitement des eaux usées

La comparaison des différentes étapes du processus de traitement des eaux usées montre :

- en premier lieu on remarque que c'est le traitement biologique qui a contribué à 100 % dans le phénomène d'eutrophisation aquatique.
- l'épandage des boues participe à 100% à l'ensemble des impacts identifiés dans la méthode 2002+.
- L'effet du processus d'épaississement, déshydratation et conditionnement des boues est de 36 % sur le phénomène des radiations ionisantes et de 38 % dans l'extraction minérale.

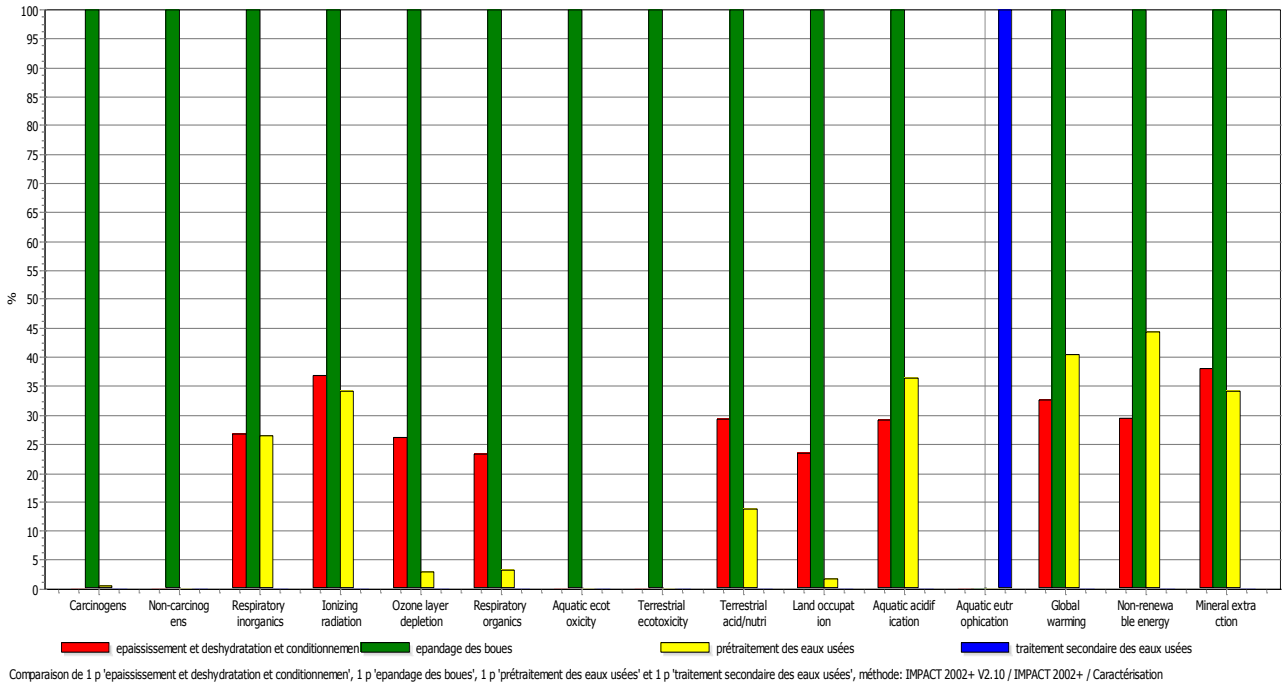


Figure 13: Représentation graphique de l'impact environnementale d'un système d'épuration des eaux usées.

III.11. Conclusion

Dans ce chapitre on a conclu que les effluents industriels exigent un traitement physico-chimique parce qu'ils ont des produits chimique dangereux qui ne se dégradent pas au niveau de traitement biologique, par contre les effluents sanitaires ne sont pas besoins d'un traitement physico-chimique car ils contiennent seulement des bactéries.

D'après les résultats trouvés, on peut conclure que:

– Il existe une forte variabilité entre les différentes étapes qui concernent le prétraitement, le traitement secondaire et la chloration.

– Le traitement secondaire c'est la partie qui a beaucoup plus d'impact sur l'environnement et parmi ces impacts on trouve:

- La santé humaine(les maladies cancérigène, respiratoire organique et inorganique…).
- L'épuisement des ressources (eutrophisation des milieux aquatique…).
- L'écosystème, les émissions de CH4 dans l'air.

Cette étude montre sur quelles phases du cycle de vie il serait prioritaire d'agir pour réduire les impacts environnementaux nets. Ce qui permet d'évaluer le compromis environnemental qu'elle génère et permet de constater que la pollution qui est enlevée des eaux usées est transférée en partie dans les bio-solides. Cela devrait donc inciter à réduire le plus possible à la source la pollution des eaux usées municipales. **[29]**

Conclusion générale

Les rejets des effluents industriels sans traitement préalable, peut avoir un impact environnemental considérable donc les spécialistes de l'eau doivent êtres préoccupé des conditions auxquelles sont soumises les eaux rejetées pour éviter de nuire au milieu naturel.

Ce modeste travail à pour objet d'expliqué les différents méthodes de traitement des effluents industriels et de contrôler les paramètres de rejet pour les amener convenable avec les normes.

La quantité et la qualité des eaux usées industriel du complexe antibiotical MEDEA dépendent essentiellement de la quantité d'eau utilisée pour la production ainsi la consommation.

Pour ce qui concerne la prise de décision, notamment pour les choix entre filières d'épuration, les indicateurs peuvent être délicats à interpréter en raison de leur caractère multicritère avec un grand nombre d'indicateurs. Cette difficulté peut être amplifiée lorsque les différences s'expriment sur des catégories d'impacts difficiles à hiérarchiser Une approche avec des indicateurs correspondants aux trois aires de protections de l'ACV (Santé Humaine, Ecosystèmes, Ressources) peut alors être utilisée. Dans ce cas, il faut bien faire prendre conscience aux décideurs du degré d'incertitude dans les chaines de causalités permettant d'évaluer les indicateurs. En l'état actuel du développement des méthodes ACV, l'utilisation d'indicateurs uniques est déconseillée. En effet, ceux-ci masquent sous une simplicité d'interprétation apparente liée au score unique des pondérations et des normalisations discutables.

Bibiographie

[1] https://fr.wikipedia.org/wiki/Traitement_des_eaux_us%C3%A9es /.02 /02/2015.

[2] http://www.oieau.org/IMG/pdf/OIEau_nouv_18.pdf office international de l'eau développer les compétences pour mieux gérer l'eau.

[3] https://fr.wikipedia.org/wiki/Traitement_des_eaux_us%C3%A9es 04 /02/2015

[4] http://epublications.unilim.fr/theses/index.php?id=1031 Nabil belaid évaluation des impacts de l'irrigation par les eaux usées traitées sur Les plantes et les sols du périmètre irrigué d'el hajeb-Sfax: salinisation, accumulation et phytoabsorption des éléments métalliques. Soutenance, le 15 janvier 2010.

[5]http://memenvi.ulb.ac.be/Memoires_en_pdf/MFE_05_06/MFE_Vandermeersch_05_06.pdf présenté par Sophie Vandermeersch Etude comparative de l'efficacité des traitements d'épuration des eaux usées pour L'élimination des micro-organismes pathogènes Année Académique 2005-2006Université Libre de Bruxelles.

[6] http://pegase.scd.inpl-nancy.fr/theses/2006_RENOU_S.pdf Sébastien Renou Analyse de cycle de vie appliquée aux systèmes de traitement des eaux usées (thèse).4janvier2006.

[7] http://www.ville-fribourg.ch/vfr/files/pdf28/step_trait_eaux_usees11.pdf épuration des eaux usées STEP de fribourg2003.

[8] http://www.webreview.dz/IMG/pdf/7.Derwich_20Larhys.pdf Derwich e, benaabidate, zian, sadki, belghity caractérisation physico-chimique des eaux de la nappe alluviale du haut sebou en aval de sa confluence avec oued FES. Larhyss/Journal n° 08, Juin 2010

[9] http://www.techniques-ingenieur.fr/base-documentaire/procedes-chimie-bio-agro-th2/bioprocedes-dans-les-domaines-de-l-energie-et-de-l-environnement-42161210/traitements-biologiques-des-eaux-residuaires-j3942/ boeglin (J-C), traitement biologique des eaux résiduaires. j3 942.2000.

[10]http://lab.univbiskra.dz/Larhyss/images/pdf/JOURNALN%C2%B020/4.Fathallah_et_al.correspondant_Hbaiz .pdf *Larhyss Journal, ISSN 1112-3680, n°20, Décembre 2014.*

[11] http://www.ummto.dz/IMG/pdf/memoire_janvier_2012.pdf D. Borcard, Cours sur « L'homme dans la biosphère ». Département des Sciences Biologiques, Université de Montréal, Canada (2006).

[12] http://www.developpementdurable.gouv.fr/IMG/pdf/noteACVexterne _ADEME_mai_2005.pdf

[13] http://www.crsdd.uqam.ca/Pages/docs/pdfCahiersRecherche/08-2005.pdf

[14] http://fr.wikipedia.org/wiki/Analyse_du_cycle_de_vie#Exemple_de_r.C3. A9sultats

[15] http://eco-industries.poitou-charentes.fr/documents/piece_jointe/Guide_CREER_ACV_2015.pdf Analyse du Cycle de Vie Un outil de quantification environnementale au service de votre stratégie

[16] http://www.itab.asso.fr/downloads/ppt-jt-fl09/cycles-vie.pdf L'Analyse de Cycle de Vie Mesure de l'impact environnemental de la filière
Fruits et légumes Noëllie Oudet Mardi 8 décembre 2009

[17] http://www.interreg-sudoe.eu/contenido-dinamico/libreria-ficheros/FEAAE47C-4B55-4B71-0650-B9C9703EB25F.pdf

[18] www.ademe.fr/sites/default/files/assets/documents/25165_acv_impacts.pdf.

[19] http://fr.wikipedia.org/wiki/Analyse_du_cycle_de_vie#Exemple_de_r.C3.

[20] http://www.rollandinc.com/fr/acv/ACVPapiersFins_RapportExecutif.pdf ACV comparative des papiers Rolland Enviro100 et Rolland Opaque50 fabriqués par Cascades et des papiers génériques nord-américains vierge et recyclé.

[21] http://www.interreg-sudoe.eu/contenido-dinamico/libreria-ficheros/FEAAE47C-4B55-4B71-0650-B9C9703EB25F.pdf.

[22] encyclopedie-dd.org/en cyclo pedie/.../l-analyse-du-cycle-de-vie-acv.html

[22] https://fr.wikipedia.org/wiki/Traitement_des_eaux_us%C3%A9es

[23] Fiche technique de la STEP des groupes saidal de Médéa.

[24] https://tel.archives-ouvertes.fr/tel-00007882/document Jarde- E**. «** composition organique des boues résiduaires de station d'épuration de l'orraines et effets de la biodégradation » (Nancy, France) Thèse de doctorat l'Université de HENRI POINCARE France (2002).271p.

[25] http://www.cntppdz.com/uploads/reveu%2012%20complete.pdf Journée mondiale de l'environnement 5 juin 2003, gestion des déchets industriels au groupe SAIDAL.