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

UNIVERSITE DE MEDEA
Faculté des Sciences et de la technologie
Département de Génie des Procédés et Environnement

MEMOIRE DE FIN D'ETUDES

En vue de l'obtention du Diplôme de Master en Génie des Procédés
Option : Pollution Chimique et Gestion Environnementale

Thème

ANALYSE ECONOMIQUE ET ENVIRONNEMENTALE DU CYCLE DE VIE D'UN SYSTEME D'EPURATION DES EAUX USEES : CAS D'UN STEP A MEDEA

Réalisé par :

- Mlle. HATEM Hakima
- Mlle. ZGOUMI Karima

Dirigé par :

* Mr. HADIDI Noureddine
* Mr. LAIDI Maamar

Promotion : 2013/2014

Remerciment

Nous remercier 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 Genie des procédés et environnement. A tout le personel dela station d'épuration de la wilaya de Médéa .nous remerciement vont à Mr.NADJI.



Dédicace

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

Et courage jusqu'à l'aboutissement de mes etudes et l'accomplissement de ce travail.

A ma trés chere mère de sympole de beauté et de fierté de patience source de tendresse et de comprehensions DJAMILA.

A mon trés cher père pour son encourragement, amour et leur soutien morale NAÇER.

Je dedie ce modeste travail a

Mes cheres sœurs : BARIZA ;HANIFA.

Mes chers frères : HAMID ;RADWAN ;OMAR.

A mes trés chers amies : karima ;lila .

Aux personnels de la diréction de l'environnement au niveau de la wilaya de Médéa.

Sans oublier la petite rose :SIRINE ;et mon petit prince :ZAKO . .

A toute la famille HATEM et ZGOUMI

A mon trés cher binome KARIMA.

HAKIMA

DEDICACE

A la source de tendresse, de générosité de bonheur, à celle qui a Consacré sa vie

Pour que je réussisse dans tout ce que j'entretiens, à toi ma trés Chere mère FATIMA.
A qui je souhaite une longue vie.

A mon trés cher père MILOUD. Pour l'affection dont tu me comble,

Pour ta patience, ton optimisme, ta tolérance, ta présence régulière

Et constante à tout instant.

A mes trés cheres frères :YOUCEF , SAAD, MASSOUD, FAYSSAL.

A mes trés cheres sœurs : NOURA, SAIDA.

Surtout mes petites roses : WASSILA, ILHAM, LINA et WASSOUMA.

Sans oublier les trés chers amis : BARIZA, HAKIMA, AMINA, HANAN, HAYET, BASSMA, SABRINA, KARIMA, RANDA, ZAHIA, REMA, SOHILA.

A toute la famille ZGOUMI et HATEM ; DJOUADOU.

A mon trés cher binôme HAKIMA

karima



Analyse environnementale du cycle de vie d'un système d'épuration des eaux usées(STEP de Médéa).

ملخص

لا يزال تقييم الأداء البيئي لمعالجة مياه الصرف الصحي سيئ. هناك حاجة إلى طريقة شاملة وموثوق بها لتوجيه واضعي السياسات على البيئة, تحليل دورة الحياة أداة أساسية لدراسة الآثار البيئية لنظم معالجة مياه الصرف الصحي , وقد تم اختيار تحليل دورة الحياة لمعالجة هذه المشكلة .

Résumé

Les performances environnementales des systèmes de traitement des eaux usées sont aujourd'hui mal évaluées. Une méthode exhaustive et fiable est donc nécessaire pour orienter les décideurs sur le plan environnemental. L'analyse de cycle de vie (ACV) a été choisie pour répondre à cette problématique. L'ACV a été testée. Elle apparaît comme un outil incontournable pour étudier les impacts environnementaux des systèmes de traitement des eaux usées.

Abstract

The environmental performance of systems wastewater treatment are still poorly evaluated. Comprehensive and reliable method is needed to guide policy makers on the environment. Cycle analysis (LCA) has been chosen to address this problem. LCA was tested. It appears as an essential tool to study the environmental impacts of systems wastewater treatment.

ACV : Analyse Cycle de Vie.

ACC : Analyse Cycle de Couts.

BEN : Bénéficie Environnemental.

COT : Carbone Organique Total.

DBO5 : Demande Biologique en Oxygène pendant 5 jour.

DCO : Demande Chimique en Oxygène.

EB : Eau Brute.

ET : Eau traité.

FAO: Food and Agriculture Organization.

ICC: Inventaire de cycle de couts.

ICV : Inventaire de cycle de Vie.

ISO : Internationale standardisation organisation.

MES : Matières En Suspension.

M O : Micro Organisme.

NO_2^- : Nitrites.

NO_3^- : Nitrates.

NTU: Unité de Turbidité.

OMS : Organisation Mondiale de Santé.

STEP : Station d'épuration .

UF : Unité Fonctionnelle.

UV : Ultra Violé.

Cm : centimètre.

G : gramme.

H : heure.

J : joule.

Kg : kilogramme.

L : litre.

M^3 : mètre cube.

Mm : millimètre.

Mg : milligramme.

Mj : mégajoule.

P : particule.

% : pourcentage.

CHAPITRE II : METHODES DE TRAITEMENT DES EFFLUENTS DOMESTIQUES

Figure 1: Grille grossière et fin……..13
Figure2: Dessableur, Déshuileur ……...14
Figure 3: Bassin d'aération……....16
Figure 4: Les boues d'épuration…….17
Figure5: Schéma du traitement biologique aérobie à boue activée…….....18

CHAPITRE IV : FONCTIONNEMENT DE LA STEP

Figure 6 : Vue satellite de la STEP de Oued Lahrech …….....39
Figure 7 : Etapes de prétraitement mécanique……...39
Figure 8: Traitement biologique, bassin d'aération……...40
Figure 9: Décanteur (clarificateur)…….....40
Figure 10: (a) Lit de séchage des boues, (b) bassin de chloration…….....40
Figure 11: (a) Limites de système,(b) cycle de vie d'une eau polluante……41
Figure 12 : scenario de cycle de vie de la STEP de Médéa …….…….43
Figure 13 : IENV d'un système d'épuration des eaux usées…….....43
Figure 14 : Frontières de l'étude selon le concept de BEN……...44

CHAPITRE IV : FONCTIONNEMENT DE LA STEP

Tableau 1 : Quelques caractéristiques de la STEP…….42

Tableau 2 : Résultats des analyses physico-chimiques……..43

Tableau 3 : Les valeurs limites maximales de la teneur en substances nocives des eaux usées autre que domestique au moment de leur diversement dans un réseau public ……...43

SOMMAIRE

INTRODUCTION

CHAPITRE I .LE CHOIX DE L'ACV COMME METHODE D'EVALUATION ENVIRONNEMENTALE DES SYSTEMES D'EPURATION DES EAUX USEE

I. GENERAL ITES SUR LES EAUX USEES

I.1. Introduction ……01

I.2. Définition……01

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

I.2.2. Les eaux usées urbaines……...02

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

I.2.4. Les eaux pluviales …….....03

I.3. Origine des eaux usées……...03

I.4. Composition des eaux usées……...03

I.4.1. Les matières en suspension……...03

I.4.2. Les micropolluants organiques et non organiques……....04

I.4.2.1. Les éléments non organiques……04

I.4.2.1.1. Eléments traces…….....04

I.4.2.1.2 Les substances nutritives……...…….....04

I.4.2.2. Les micropolluants organiques……04

I.4.2.2.l. L'azote…….05

I.4.2.2.2. Le phosphore……..05

I.4.2.2.3. Le potassium (k^+)……...05

I.4.2.2.4. Chlore et sodium…….06

I.5. Les types de la pollution……....06

I.5.1. Pollution physique……06

I.5.2. Pollution chimique……07

I.5.3. Pollution microbiologique……...…….07

I.6. Caractéristiques des eaux usées…….....08

I.6.1. Caractéristique physique…….....08

I.6.2. Caractéristique chimique……..09

I.6.3. Caractéristique microbiologique…….....11

I.7. Conclusion …….....11

SOMMAIRE

CHAPITRE II : LES DIFFERENT METHODES DE TRAITEMENT DES EFFLUENTS DOMESTIQUES

II. Méthode d'épuration des eaux usées…….12

II.1. Traitements des eaux usées……...12

II.2. Procédés de traitement des eaux usées…….12

II.2.1. Traitement préliminaire ……..12

II.2.1.A. Dégrillage…….....12

II.2.1.B. Dessablage…….....13

II.2.1.C. Déshuilage……14

II.2.2. Traitement primaire……...14

II.2.3. Traitement secondaire (traitement biologique)……15

II.2.3.1. Boues activés……16

II.2.3.2. Lits bactériens……...18

II.2.4. Traitement tertiaire……....18

II.2.4.1. Traitement bactériologique par rayonnement UV……19

II.2.4.2. Traitement par voie physico-chimique……19

II.2.4.3. Traitement des odeurs ……19

II.3. Problématique des boues……..19

II.4. Les impacts sur l'environnement et leurs méthodes d'évaluation…….....20

II.4.1. Définitions**……..20**

II.4.2. Les impacts environnementaux……..20

II.4.2.1. L'effet de serre…….....21

II.4.2.2. L'épuisement des ressources naturelles……21

II.4.2.3. La pollution des milieux naturels et des écosystèmes…….....22

II.4.2. 3.a. L'eutrophisation…….....22

II.3.2.3.b. Les usages du milieu naturel.....22

II .3.2.3.c. Les nuisances.....23

II.4. Conclusion sur les impacts environnementaux.....23

II.5. Conclusion.....23

SOMMAIRE

CHAPITRE III : L'ANALYSE DE CYCLE DE VIE (ACV)

III. LA METHODOLOGIE D'ANALYSE DE CYCLE DE VIE ……..…...…….25

III.1. présentation de l'analyse de cycle de vie …….....25

III.1.1. Définition…….25

III.1.2. Une méthode normée……. ….25

III.1.3. Le concept de cycle de vie……...25

III.2. Les étapes d'une étude ACV……..26

III.2.1. La définition des objectifs ……...… ….....26

III.2.2. La définition du champ de l'étude……..……26

III.2.3. L'analyse de l'inventaire……...……...28

III.2.4. L'évaluation des impacts……..……29

III.2.5. L'interprétation……..……...31

III.3. les méthodes d'évaluation des impacts…….……31

III.4. ACV appliquée au traitement des eaux usées ….....33

III.4.1. Particularité d'ACV appliquée aux procédés……...……33

III.4.2. Particularité du domaine du traitement de seaux…….....34

III.4.3. Les études ACV en traitement des eaux usées……...……..……..35

CHAPITR IV : LE FONCTIONNEMENT DE LA STEP DE MEDEA

IV.1. Introduction ……..36

IV.2. Localisation géographique de la STEP de Médéa …….……..…36

IV.3. ACV environnemental d'un system d'épuration des eaux usées (STEP de Médéa)…….……..39

IV.4. Résultats et discutions…….……..41

IV.5. Conclusion……...…43

CONCLUSION GENERALE

Introduction générale

Depuis toujours l'eau est indissociable de l'activité humaine. La révolution industrielle du 19ème siècle, en valorisant la vapeur d'eau, à permis le développement de la capacité de production : L'eau est devenue une matière indispensable au fonctionnement des usines. [1]

Parallèlement à cette situation, les phénomènes qui contribuent à la dégradation de la qualité de l'eau et par suite à la perturbation de tout l'écosystème se multiplient et s'intensifient. Le rejet des eaux usées chargées en substances polluantes, dans le milieu récepteur sans aucun traitement préalable est un motif de préoccupation croissant compte tenu des effets indésirables qu'elles peuvent engendrer sur l'environnement et sur la santé.

En Algérie, l'eau est une denrée de plus en plus rare et de moins en moins renouvelable. Elle fait actuellement l'objet d'une exploitation concurrentielle entre les besoins de la population, ceux de l'agriculture et de l'industrie qui se disputent une disponibilité limitée. [2]

La pollution risque de constituer, à court terme, un risque de pénurie d'eau accentué imposant la nécessité de protéger cette ressource contre toute altération et utilisation irrationnelle.

L'intérêt porté par les pouvoirs publics algériens au traitement des eaux usées c'est manifesté par l'allocation de crédits importants à la réalisation de stations d'épurations qui sont en nombre d'une centaine déjà réalisées ou en voie de réalisation. [3]

La qualité de l'eau constitue un enjeu environnemental primordial. Les polluants contenu dans les eaux usées ont des origines diverses. Les principales catégories de pollueurs sont : l'industrie, l'agriculture, les ménagers, les transports et l'urbanisation…ect. Le rejet de ces eaux dans le milieu naturel est le principale pollution qui affecte nos cours d'eaux et plus généralement tout le milieu naturel. [5]

Les eaux résiduaires peuvent être chargées par de nombreux polluants et constituent des milieux parfois très complexes. L'analyse de ces eaux résiduaires permet d'identifier la ou les substances indésirables qu'on doit éliminer a priori lors d'un traitement d'épuration. La charge en agents polluants dans une eau peut être évaluée à partir de certain paramètre.

Afin de bien mener ce travail, il est subdivisé sur quatre chapitres :

- Le premier chapitre porte une généralité sur les eaux usées et leurs pollutions ainsi que les différents critères d'évaluation.
- Le deuxième chapitre indique les méthodes de traitement conçus pour ces eaux domestique.
- Le troisième chapitre porte sur la théorie de l'analyse de cycle de vie (ACV) d'un système d'épuration des eaux usées.

- Le quatrième chapitre présente les étapes de la réalisation de l'ACV appliqué à la station d'épuration des eaux usées (STEP de Médéa).

Enfin on a présenté une conclusion générale pour donner un avis sur la fonction de la STEP.

I.1. Introduction

Les eaux usées de nos maisons sont évacuées dans l'égout par un réseau de canalisations complexe. Ce réseau d'eaux usées collecte aussi parfois les eaux pluviales. Cependant, dans certains pays comme le Canada, il est interdit de concevoir un réseau d'égouts d'eaux usées qui collecte également les eaux pluviales. Le réseau d'égouts se compose de plusieurs collecteurs et de plusieurs branchements avant de rejoindre la station d'épuration.

Le raccordement des habitations au réseau d'assainissement urbain fait souvent l'objet d'une réglementation. L'eau est salie après usage : si elle n'est pas traitée avant de rejoindre le milieu naturel, elle peut lui causer de graves dommages comme la destruction partielle ou totale de la faune et de la flore.

Les rejets liquides de l'industrie de transformation des produits de la mer sont un vecteur majeur de pollution et de dégradation de la qualité d'eaux.

L'utilisation des eaux engendre un nouveau produit appelé effluent ou eau usée qui peut être : urbaines formées principalement par un mélange d'effluents à caractère collectif :(casernes, hôpitaux, commerces etc.), domestiques : issues de la cellule d'habitation familiale (eaux ménagères et eaux de chasses) industrielles : issues des différentes branches industrielles. Les problèmes liés aux eaux usées sont aussi anciens que ces eaux elles même et ils s'aggravent suivant la croissance démographique, l'amélioration de la qualité de vie des populations et le développement des activités industrielles. Pour résoudre ses problème et préserver un environnement de qualité la gestion des eaux usées devient une nécessité dans tous les pays du globe qui sont doté d'une compétence globale en matière d'assainissement collectif, assainissement non collectif, et traitement des eaux usées et pluviales.

I.2. Définition des eaux usées

Les eaux usées sont utilisées pour des usages domestiques, industriels ou même agricole, constituant donc un effluent pollué qui sont rejetées dans un émissaire d'égout.

Ils regroupent les eaux usées domestiques (les eaux vannes et les eaux Ménagères), les eaux de ruissellement et les effluents industriels (eaux usées des usines), [1]

On distingue essentiellement deux catégorie des eaux usées (on parle aussi d'eaux résiduaire) sont :

- Domestiques
- Industrielles

I.2.1. Les eaux usées domestiques

Les eaux usées domestiques comprennent les eaux ménagères (eaux de toilette, de lessive, de cuisine) et les eaux vannes (urines et matières fécales),

Les eaux usées domestiques contiennent des matières minérales et des matières organiques. Les matières minérales (chlorures, phosphates, sulfates, etc.) et les matières organiques constituées de composés ternaires, tels que les sucres et les graisses (formés de Carbone, oxygène et hydrogène, mais aussi d'azote et dans certains cas d'autres corps tels que le soufre, phosphore, fer, etc.…), [2]

I.2.2. Les eaux usées urbaines

Les eaux usées urbaines comprennent les eaux usées domestiques et les eaux de ruissellement (eaux pluviales, eaux d'arrosage des voies publiques, eaux de lavage des caniveaux, des marchés et des cours), [3]

Les eaux qui ruissellent sur les toitures, les cours, les jardins, les espaces verts, les voies publiques et les marchés entraînent toute sorte de déchets minéraux et organiques (la terre, des limons, des boues, des sables). Des déchets végétaux (herbes, pailles, feuilles, graines, etc.) et toute sorte de micropolluants (hydrocarbures, pesticides venant des jardins, détergents utilisés pour le lavage des cours, des voies publiques, des automobiles, débris microscopique de caoutchouc venant de l'usure des pneumatiques des véhicules. Plomb venant du plomb tétra éthyle contenu dans l'essence, retombées diverses de l'atmosphère, provenant notamment des cheminées domestiques et des cheminées d'usines, [1]

I.2.3. Les eaux usées industrielles

Tous les rejets résultant d'une utilisation de l'eau autre que domestique sont qualifiés de rejets industriels. Cette définition concerne les rejets des usines, mais aussi les rejets d'activités artisanales ou commerciales : blanchisserie, restaurant, laboratoire d'analyses médicales, etc.

La variété des eaux usées industrielles est très grande. Certains de ces eaux sont toxiques pour la flore et la faune aquatiques, ou pour l'homme. Il faut bien distinguer les eaux résiduaires et les liquides résiduaires de certaines industries.

Les eaux résiduaires sont celles qui ont été utilisées dans des circuits de réfrigération, qui ont servi à nettoyer ou laver des appareils, des machines, des installations, des matières premières ou des produits d'une usine, ou qui ont servi à retenir des poussières de la fumées ; elles peuvent contenir des substances chimiques utilisées au cours des fabrications.

Les liquides résiduaire. sont des liquides résultant des fabrications ; c'est le cas des solutions de produits chimiques, des solutions de sous-produits, c'est le cas des liquides acides provenant de la vidange des cuves de décapage des métaux, [3]

Les rejets industriels peuvent donc suivre trois voies d'assainissement : ils sont directement rejetés dans le réseau domestique.

- ils sont prétraités puis rejetés dans le réseau domestique.
- ils sont entièrement traités sur place et rejetés dans le milieu naturel.

I.2.4. les eaux pluviales

Elles peuvent constitues la cause de pollution importantes des cours d'eau, notamment pendant les périodes orageuses l'eau de pluie se charge d'impuretés au contacte de l'air (fumées industrielles), des résidus dépose sur les toits et les chaussées des villes (huile de vidange carburants, résidus de pneus et métaux lourds), [4]

I.3. Origine des eaux usées

Les eaux usées proviennent de quatre sources principales :

- Les eaux usées domestiques.
- Les eaux usées industrielles.
- Les eaux de pluie et de ruissellement dans les villes.
- Le ruissellement dans les zones agricoles.

I.4. Composition des eaux usées

I.4.1. Les matières en suspension

Les matières en suspension sont en majeure partie de nature biodégradable. La plus grande part des microorganismes pathogènes contenus dans les eaux usées est transportée par les MES. Elles donnent également à l'eau une apparence trouble, un mauvais goût et une mauvaise odeur. Cependant, elles peuvent avoir un intérêt pour l'irrigation des cultures. Ces produits peuvent être d'origine minérale (sable, limons, argiles…) organique ou des microorganismes tels que bactérie, plancton, algue et virus, [5]

I.4.2. Les micropolluants organiques et non organiques

Les micropolluants sont des éléments présents en quantité infinitésimale dans les eaux usées. La voie de contamination principale, dans le cas d'une réutilisation des eaux usées épurées, est l'ingestion. C'est la contamination par voie indirecte qui est généralement préoccupante. Ainsi, certains micropolluants, comme les métaux lourds ou les pesticides, peuvent s'accumuler dans les tissus des êtres vivants, et notamment dans les plantes cultivées. Il peut donc y avoir une contamination de la chaîne alimentaire et une concentration de ces polluants dans les organismes, [6]

I.4.2.1. Eléments non organiques

I.4.2.1.1. les éléments traces

Les métaux lourds que l'on trouve dans les eaux usées urbaines sont extrêmement nombreux ; les plus abondants (de l'ordre de quelques g/l) sont le fer, le zinc, le cuivre et le plomb. Les autres métaux (manganèse, aluminium, chrome, arsenic, sélénium, mercure, cadmium, molybdène, nickel, etc.), sont présents à l'état de traces, [7]

Certains éléments traces, peu nombreux, sont reconnus nécessaires, en très faibles quantités, au développement des végétaux : le bore, le fer, le manganèse, le zinc, le cuivre et le molybdène. L'irrigation, à partir d'eaux usées, va apporter ces éléments.

I.4.2.1.2. Les substances nutritives

L'azote, le phosphore, le potassium, et les oligo-éléments, le zinc, le bore et le soufre, indispensables à la vie des végétaux, se trouvent en quantités appréciables, mais en proportions très variables par rapport aux besoins de la végétation, dans les eaux usées épurées ou non. [1]

I.4.2.2. Les micropolluants organiques

Les micropolluants d'origine organique sont extrêmement nombreux et variés, ce qui rend difficile l'appréciation de leur dangerosité. Ils proviennent de l'utilisation domestique de détergents, pesticides, solvants, et également des eaux pluviales : eaux de ruissellement sur les terres agricoles, sur le réseau routier, etc. Ils peuvent aussi provenir de rejets industriels quand ceux-ci sont déversés dans les égouts ou même des traitements de désinfections des effluents par le chlore, [1]

I.4.2.2.1. L'azote

L'azote se trouve dans l'eau usée sous forme organique ou ammoniacale dissoute. Il est souvent oxydé pour éviter une consommation d'oxygène (O_2) dans la nature et un risque de toxicité par l'ammoniaque gazeux dissous (NH_3), en équilibre avec l'ion ammoniac (NH_4^+). La nitrification est une transformation chimique de l'azote organique par l'intermédiaire de bactéries et passe par les étapes :

- N organique à NH_4^+ : ammonification
- NH_4^+ NO_2^- : nitratation par Nitrosomonas
- NO_2^- NO_3^- : nitratation par *Nitrobacter*

I.4.2.2.2. Le phosphore

La concentration en phosphore dans les effluents secondaires varie de 6 à 15 mg/l (soit 15 à 35 mg/l en P_2O_5). Cette quantité est en général trop faible pour modifier le rendement [6] . Mais s'il y a excès, il est pour l'essentiel retenu dans le sol par des réactions d'adsorption et de précipitation; cette rétention est d'autant plus effective que le sol Contient des oxydes de fer, d'aluminium ou du calcium en quantités importantes. On ne rencontre pas en général de problèmes liés à un excès de phosphore, [8]

I.4.2.2.3. Le potassium (K^+)

Le potassium est présent dans les effluents secondaires à hauteur de 10 à 30 mg/l (12 à 36 mg/l de K_2O) et permet donc de répondre partiellement aux besoins. Il faut noter cependant que, s'il existe un excès de fertilisation potassique conduit à une fixation éventuelle du potassium à un état très difficilement échangeable, à une augmentation des pertes par drainage en sols légers, à une consommation de luxe pour les récoltes encontre pas en général de problèmes liés à un excès de phosphore, [9]

mI.4.2.2.4. Chlore et sodium

Leur origine est Naturelle (mer : 27g/l NaCl, terrains salés).

- humaine (10à 15g/l NaCl dans les urines/j).
- industrielle (potasse, industrie pétrolière, galvanoplastie, agroalimentaire)
- les chlorures et le sodium peuvent également poser problème, notamment en bord de mer, quand les réseaux d'égout drainent des eaux phréatiques saumâtres, [10]

I.5. Les types de la pollution

I.5.1. Pollution physique

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, par ordre croissant de taille : les virus, les bactéries, les protozoaires et les helminthes, [11]

- **pollution mécanique**

Elle résulte des décharges de déchets et de particules solides apportés par les eaux résiduaires industrielles, ainsi que les eaux de ruissellement. Ces polluants sont soit les éléments grossiers soit du sable ou bien les matières en suspension, [12]

- **Pollution thermique**

Les eaux rejetées par les usines utilisant un circuit de refroidissement de certaines installations (centrales thermiques, nucléaires, raffineries, aciéries..); l'élévation de température qu'elle induit diminution la teneur en oxygène dissous. Elle accélère la biodégradation et la prolifération des germes. Il se trouve qu'à charge égale, un accroissement de température favorise les effets néfastes de la pollution, [13]

- **Pollution radioactive**

La pollution des eaux par des substances radioactive pose un problème de plus en plus grave, a un effet direct sur les peuplements aquatiques en raison de la toxicité propre de ses éléments et des propriétés cancérigènes et mutagènes de ses rayonnements, [14]

I.5.2. Pollution chimique

Elle résulte des rejets chimiques, essentiellement d'origine industrielle, domestique et agricole. La pollution chimique des eaux est regroupée dans deux catégories:

- Organique (hydrocarbures, pesticides, détergents…).
- Minérale (métaux lourds, cyanure, azote, phosphore...), [15]

- **Pollution organique**

C'est les effluents chargés de matières organiques fermentescibles (biodégradables), fournis par les industries alimentaires et agroalimentaires (laiteries, abattoirs, sucreries...), et par les effluents domestique (déjections humaines, graisses,...etc.).

La première conséquence de cette pollution consommation d'oxygène dissous de ces eaux. Les polluants organiques ce sont principalement [17] :

- Les détergents
- Les pesticides
- Les hydrocarbures.

- **Pollution minérale**

La pollution minérale des eaux peut provoquer le dérèglement de la croissance végétale ou trouble physiologique chez les animaux.

Le polluant minéral ce sont principalement :

- Les métaux lourds
- Les éléments minéraux nutritifs

I.5.3. Pollution microbiologique

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, par ordre croissant de taille : les virus, les bactéries, les protozoaires et les helminthes, [18]

I.6. Caractéristiques des eaux usées

I.6.1. Caractéristiques physiques

- **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, [1]

- **Conductivité**

La conductivité mesure la capacité de l'eau à conduire le courant entre deux électrodes. La plupart des matières dissoutes dans l'eau se trouvent sous forme d'ions chargés électriquement. La mesure de la conductivité permet donc d'apprécier la quantité de sels dissous dans l'eau, [19]

- **Turbidité**

La turbidité représente l'opacité d'un milieu trouble. C'est la réduction de la transparence d'un liquide due à la présence de matière non dissoutes. Elle est causée, dans les eaux, par la présence des matières en suspension (MES) fines, comme les argiles, les grains de silice et les micro-organismes. Une faible part de la turbidité peut être due également à la présence des matières colloïdales d'origine organiques ou minérale, [20]

- **Matières en suspension (MES)**

Les MES représentent les matières qui ne sont ni à l'état dissous ni à l'état colloïdales, donc filtrable. Elles sont organiques et/ou minérales et permettent une bonne évaluation du degré de pollution d'une eau, [21]

- **Matières décan tables**

De nombreuses particules peuvent constituer des impuretés d'une eau. Les techniques analytiques nécessaires à leurs déterminations dépendent des dimensions de ces particules. Les impuretés présentes dans l'eau ont pour origine soit des substances minérales, végétales ou animales. Les matières décantables sont les matières des grandes tailles, entre 40 micromètres et 5 millimètre et qui se déposent sans traitement physique et chimique, [22]

I.6.2. Caractéristiques chimiques

- **pH :**

Le pH d'une eau représente son acidité ou son alcalinité dont le plus important est habituellement la concertation en anhydrique de carbone liée à la minéralisation totale, [23]

- **Oxygène dissous**

La concentration en oxygène dissous est un paramètre essentiel dans le maintien de la vie, et donc dans les phénomènes de dégradation de la matière organique et de la photosynthèse. Une eau très aérée est généralement sursaturée en oxygène (torrent), alors qu'une eau chargée en matières organiques dégradables par des micro-organismes est sous-saturée. En effet, la forte présente de matière organique, dans un plan d'eau par exemple, permet aux micro-organismes de se développer tout en consommant de l'oxygène, [24]

- **Demande biologique en oxygène (DBO5)**

Exprime la quantité d'oxygène nécessaire à la destruction ou à la dégradation des matières organiques présentent dans les eaux usées par les microorganismes du milieu. Mesurée par la consommation d'oxygène à 20**°C** à l'obscurité pendent 5 jours d'incubation d'un échantillon préalablement ensemencé, temps qui assure l'oxydation biologique des matières organiques carbonées, [25]

- **Demande chimique en oxygène (DCO)**

C'est la mesure de la quantité d'oxygène nécessaire qui correspond à la quantité des matières oxydables par oxygène renfermé dans un effluent. Elles représentent la plus part des composés organiques (détergents, matières fécales), [26]

- **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), [28]

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.

- **Azote :**

Dans les eaux usées domestiques, l'azote est sous forme organique et ammoniacale, on le dose par mesure du N-NTK (Azote Totale Kjeldahl) et la mesure du N-NH4.

L'azote organique, composant majeur des protéines, est recyclé en continu par les plantes et les animaux. L'azote ammoniacal est présent sous deux formes en solution, l'ammoniac NH3 et l'ammonium NH_4^+ dont les proportions relatives dépendent du pH et de la température.

L'ammonium est souvent dominant ; c'est pourquoi, ce terme est employé pour désigner l'azote ammoniacal ; en milieu oxydant, l'ammonium se transforme en nitrites puis en nitrates; ce qui induit une consommation d'oxygène, [29]

- **Nitrites (NO_2^-)**

Les ions nitrites (NO_2^-) sont un stade intermédiaire entre l'ammonium (NH_4^+) et les ions nitrates (NO_3^-). Les bactéries nitrifiantes (nitrosomonas) transforment l'ammonium en nitrites. Cette opération, qui nécessite une forte consommation d'oxygène, est la nitratation.

Les nitrites proviennent de la réduction bactérienne des nitrates, appelée dénitrification. Les nitrites constituent un poison dangereux pour les organismes aquatiques, même à de très faibles concentrations. La toxicité augmente avec la température.

- **Nitrates (NO_3^-)**

Les nitrates constituent le stade final de l'oxydation de l'azote organique dans l'eau. Les bactéries nitratâtes (nitrobacters) transforment les nitrites en nitrates.

Les nitrates ne sont pas toxiques ; mais des teneurs élevées en nitrates provoquent une prolifération algale qui contribue à l'eutrophisation du milieu. Leur potentiel danger reste néanmoins relatif à leur réduction en nitrates, [31]

I.6.3. 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, [32]

I.7. Conclusion

L'eau est la plus répondue sur terre. Elle qui est un élément indispensable à toute forme de vie. D'un point de vue chimique, l'eau lorsqu'elle est pure, est un liquide inodore, transparent. D'un point de vue biologique c'est dans l'eau que la vie est apparue, et c'est grâce à elle se maintient .en effet, l'organisme humaine peut vivre pendant près d'un mois sans manger mais ne peut survivre que quelle que jour sans boire. L'eau potable est une eau qui est apte à être consommée par l'être humain, cette dernière peut contenir des substances polluantes, c'est pourquoi, elle à besoin d'être protégée, traitée et économisée.

II. Méthode d'épuration des eaux usées

II.1. Traitements des eaux usées

L'objectif principal du traitement est de produire des effluents traités à un niveau approprié et acceptable du point de vue du risque pour la santé humaine et l'environnement. A cet égard, le traitement des eaux résiduaires le plus approprié est celui qui fournit, avec certitude, des effluents de qualité chimique et microbiologique exigée pour un certain usage spécifique, à bas prix et des besoins d'opération et d'entretien minimaux, [1]

II.2. Procédés de traitement des eaux usées

Les stations d'épuration des eaux résiduaires, indépendamment du type de traitement, réduisent la charge organique et les solides en suspension et enlèvent les constituants chimiques des eaux usées qui peuvent être toxiques aux récoltes ainsi que les constituants biologiques (microbes pathogènes) qui concernent la santé publique en général.

Les différents degrés de traitements conventionnels sont **:**

II.2.1. Traitement préliminaire

Enlèvement des solides grossiers et d'autres grands fragments de l'eau usée brute [10]. En tête d'une station d'épuration, ces procédés permettent de retenir les matières volumineuses grâce à des grilles (dégrillage), les sables (dessablage), les matières flottantes grossières (écumage) et les liquides moins denses que l'eau (déshuilage). Les déchets solides peuvent être déchiquetés par des «pompes a vide », cette opération facilitant leur dispersion, [32]

II.2.1.A. Dégrillage

Le dégrillage et 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 (dans les cas où il y aurait un système de pompage)**.**

- **Un dégrillage grossier :** l'eau brute passe à travers une première grille qui permet l'élimination des matières de diamètre supérieur à 50mm.
- **Un dégrillage fin :** après le relevage de l'eau par quatre pompes (1250m^3/ h pour chacune), il passe par deux grilles à câble composées de barreaux placés

verticalement ou inclinés de 60 à 80° sur l'horizontale. L'espacement des barreaux est de 20mm, la vitesse moyenne de passage entre les barreaux est comprise entre 0,6 et 1 m/s, [33]



Figure 1: Grille grossière et fin. [photo personnelle]

II.2.1.B. Dessablage

Le dessablage a pour but d'extraire les graviers, sables et autre particules minérales de diamètres supérieures à 0,2 mm contenus dans les eaux usées de façon à éviter les dépôts dans les canaux et conduits, à protéger les pompes et autres appareils contre l'abrasion,

L'écoulement de l'eau à une vitesse réduite dans un bassin appelé « dessabler » entraine leur dépôt au fond de l'ouvrage. Ces particules sont ensuite aspirées par une pompe. Les sables extraits peuvent être lavés avant d'être mis en décharge, afin de limiter le pourcentage de matières organiques, sa dégradation provoquant des odeurs et une instabilité mécanique du matériau.



Figure 2: Dessableur, Déshuileur [photo personnelle]

II.2.1.C. Déshuilage

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. 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, [34]

II .2.2. Traitement primaire

Enlèvement des solides organiques et inorganiques sédimentables ainsi que les matériaux flottants. La dilatabilité des matières dans un bassin est déterminée par l'indice de MOHLMAN [7]. Cet indice est déterminé chaque jour dans les stations d'épuration importantes afin de vérifier le bon fonctionnement du système.

À la fin de ce traitement, la décantation de l'eau a permis de supprimer environ 60 % des matières en suspension, environ 30 % de la demande biologique en oxygène (DBO) et 30% de la demande chimique en oxygène (DCO). Cette part de DBO_5 supprimée était induite par les matières en suspension. La charge organique restant à traiter est allégée d'autant. Les matières supprimées forment au fond du décanteur un lit de boues appelé boues primaires,[35]

II.2.3. Traitement secondaire (traitement biologique)

Enlèvement des matières organiques solubles et des matières en suspension des eaux usées traitées primaires. Les procédés d'épuration secondaire (ou biologique) comprennent des procédés biologiques, naturels ou artificiels, faisant intervenir des microorganismes aérobies pour décomposer les matières organiques dissoutes ou finement dispersées. La dégradation peut se réaliser par voie aérobie (en présence d'oxygène) ou anaérobie (en l'absence d'oxygène).

a- la voie anaérobie : si les réactions s'effectuent à l' abri de l'air, en milieu réducteur. Le carbone organique, après dégradation, se retrouve sous forme de CO_2, méthane et biomasse. Ce type de traitement appelé « digestion anaérobie »n'est utilisé que pour des effluents très concentré en pollution carbonées, de type industriel (basserie, sucrerie, conserverie ...).

b- la voie aérobie : si l'oxygène est associé aux réactions. Cette voie est celle qui s'instaure spontanément dans les eaux suffisamment aérées. Le carbone organique se retrouve sous forme de CO_2 et de biomasse. L'épuration biologique des eaux usées peut être mise en ouvre dans les micro-organismes se développent en suspension dans l'eau (boues activées), ou encore dans réacteurs à biomasse fixée dans lesquelles les micro-organismes se développent sur un support grossier ou sur garnissage plastique (lit bactériens), sur de disque (disques biologiques). [36].



Figure 3: Bassin d'aération [photo personnelle]

II.2.3.1. boues activées

Les traitements réalisés en station d'épuration consistent à dégrader et séparer les polluants de l'eau (particules, substances dissoutes, microorganismes) par des procédés physiques, chimiques et biologiques pour ne restituer au milieu aquatique qu'une eau de qualité suffisante au regard du milieu récepteur. Le résultat de ces opérations est la production de boues qui est le principal sous-produit du cycle de traitement de l'eau. Donc les boues d'épuration urbaines résultent du traitement des eaux usées domestiques qui proviennent de l'activité des particuliers. [37].



Figure 4: les boues d'épuration. [photo personnelle]

Une station de traitement par boues activées comprend dans tous les cas

- Un bassin d'aération dans lequel l'eau à épurer est mise en contact avec la masse bactérienne épuratrice, - un clarificateur dans lequel s'effectue la séparation de l'eau épurée et de la culture bactérienne.

- Un dispositif de recirculation assurant le retour vers le bassin d'aération de la boue biologique récupérée dans le clarificateur. Cela permet de maintenir dans ce bassin la quantité (ou concentration) de micro-organismes nécessaire pour assurer le niveau d'épuration recherché.

-Un dispositif d'extraction et d'évacuation des boues en excès, c'est-à-dire du surplus de culture bactérienne synthétisée en permanence à partir du substrat.

- Un dispositif de fourniture d'oxygène à la masse bactérienne présente dans le bassin d'aération.

- Un dispositif de brassage de ce même bassin, afin d'assurer au mieux le contact entre les cellules bactériennes et la nourriture. [38].

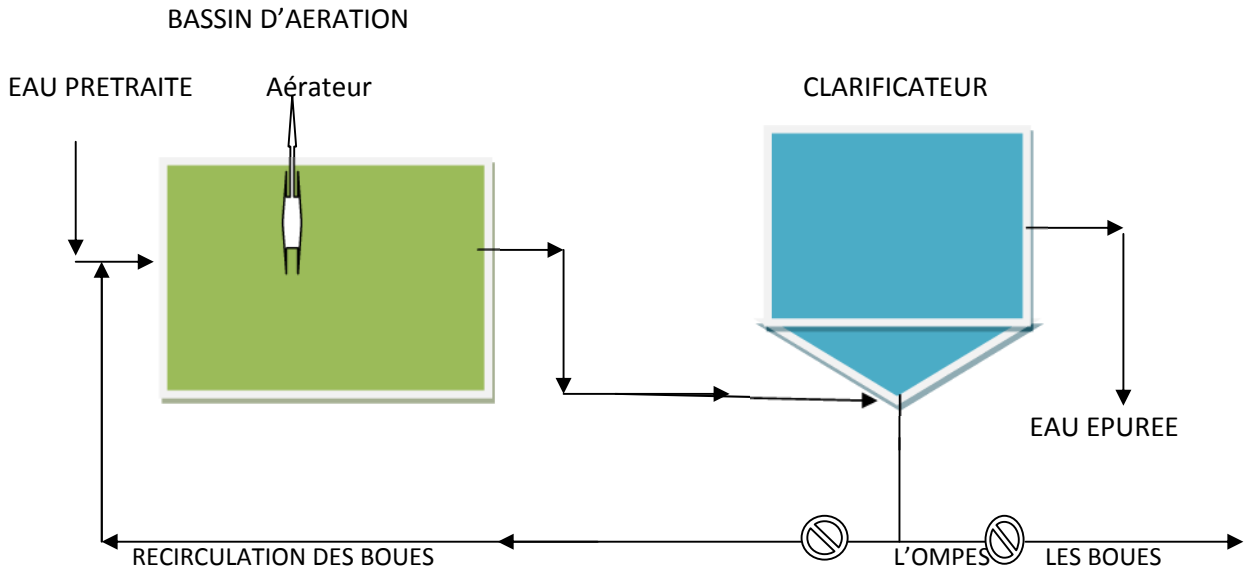


Figure 5: Schéma du traitement biologique aérobie à boue activée, [1]

II.2.3.2. Lit bactérien

Le principe de fonctionnement d'un lit bactérien consiste à faire ruisseler les eaux usées, préalablement décantées sur une masse de matériaux poreux ou caverneux qui sert de support aux micro-organismes (bactéries) épurateurs.

Une aération est pratiquée soit par tirage naturel soit par ventilation forcée. Il s'agit d'apporter l'oxygène nécessaire au maintien des bactéries aérobies en bon état de fonctionnement. Les matières polluantes contenues dans l'eau et l'oxygène de l'air diffusent, à contre courant, à travers le film biologique jusqu'aux micro-organismes assimilateurs. Le film biologique comporte des bactéries aérobies à la surface et des bactéries anaérobies près du fond. Les sous-produits et le gaz carbonique produits par l'épuration s'évacuent dans les fluides liquides et gazeux. Le rendement maximum de cette technique est de 80 % d'élimination de la DBO_5, [39].

II .2.4. Traitement tertiaire

A l'issue des procédés décrits précédemment, les eaux sont normalement rejetées dans le milieu naturel. Dans le cadre d'une réutilisation des eaux usées épurées, les eaux usées nécessitent des traitements supplémentaires, essentiellement pour éliminer les micro-organismes qui pourraient poser des problèmes sanitaires. Ce ne sont pas des traitements d'épuration « classiques » (mis à part le lagunage) ; par contre ils sont fréquemment utilisés dans les usines de production d'eau potable, [40]

II.2.4.1. Traitement bactériologique par rayonnement UV

Le traitement par rayons ultraviolets utilise des lampes à mercure disposées parallèlement ou perpendiculairement au flux d'eau. Leur rayonnement s'attaque directement aux microorganismes. Ce traitement est très simple à mettre en œuvre, car il n'y a ni stockage, ni manipulation de substances chimiques et les caractéristiques chimiques de l'effluent ne sont pas modifiées. La durée d'exposition nécessaire est très courte (20 à 30 s), [41]

II.2 .4.2. Traitement par voie physico-chimique

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, [42]

II.2.4.3. Traitement des odeurs

Les premières phases du traitement, le dégrillage, le dessablage, déshuilage et la phase anaérobie du traitement biologique sont généralement confinées dans des bâtiments plus ou moins étanches afin que les mauvaises odeurs ne se répandent pas dans l'environnement de la station. Ce qui provoquerait des nuisances olfactives inacceptables par les riverains. Cet air nauséabond est collecté et traité. Il passe par trois tours de lavage : une d'acide sulfurique (H_2SO_4), une de Javel et une de soude, [43]

II.3. Problématique des boues

Le processus de dépollution des eaux usées urbaines produit d'un coté de l'eau épurée ; de l'autre des sous-produits en grande quantité : les boues ; représentant chaque jour un volume considérable, ces boues doivent trouver une destination en continu, [45]

Origine des boues :

Les éléments polluants et leur produits de transformation, retirés de l'eau usée au cours du traitement d'épuration, se trouvent rassemblés, dans la grand majorité des cas, dans suspension, plus ou moins concentré, dénommées « boues». La composition d'une boue urbaine dépende à la fois de la nature de la pollution initiale de l'eau et des procédés de traitement aux quels elle a été soumise dans la station d'épuration, [45]

II.4. Les impacts sur l'environnement et leurs méthodes d'évaluation

II .4.1. Définitions

Toute réflexion sur les outils d'évaluation environnementale dit commencer par une définition de l'objet d'étude : l'environnement et les impacts associés.

- **L'environnement**

L'environnement est un concept qui sous-entend plusieurs sens

- ce qui entoure, ce qui constitue le voisinage.
- l'entourage habituel d'une personne.
- l'ensemble des éléments naturels et artificiels qui conditionnent la vie humaine.

On peut définir aussi le sens de l'environnement comme « les effets directs et indirect d'un projet sur les facteurs suivants :

- l'homme, la faune, la flore,
- le sol, l'eau, l'air, le climat et le paysage,
- les biens matériels et le patrimoine culturel,
- l'interaction entre les facteurs visés au premier, deuxième et troisième (tirets) [46]

Pour simplifier, nous pouvons définir l'environnement comme le système qui réunit l'homme et la nature.

- **Les impacts sur l'environnement**

La pollution est une des relations existe entre les activités humaines et l'environnement. Elle se caractérise par des perturbations et des dommages sur celui-ci : les impacts environnementaux.

II.4.2. les impacts environnementaux

Dans ce chapitre nous présenterons l'ensemble des impacts environnementaux dus aux activités industrielles, en détaillent plus particulièrement ceux causés par les stations d'épuration. Nous avons relevé ainsi trois catégories d'impacts environnementaux :

- L'effet de serre.
- l'épuisement des ressources naturelles non renouvelable.
- la pollution des milieux naturels et des écosystèmes.

II.4.2.1. L'effet de serre

L'effet de serre est en phénomène naturel de piégeage par l'atmosphère d'une fraction du rayonnement solaire rafraichi par la surface de la terre. Il permet une température sur terre propice à la vie, de l'ordre de + 15°C contre - 18°C sans ce phénomène [9]. Le rayonnement infrarouge émis par le sol vers l'atmosphère est absorbé et renvoyé vers le sol par des substances telles que la vapeur d'eau H_2O, le dioxyde de carbone CO_2, le méthane CH_4, le protoxyde d'azote N_2O ou encore les composés halogénés, à l'état des traces dans l'atmosphère, sont appelées gaz à effet de serre, [47]

II.4.2.2. L'épuisement des ressources naturelles

Les ressources naturelles regroupent l'ensemble des produits que l'homme ne peut fabriquer et qu'il obtient en les prélevant dans l'environnement. Il existe plusieurs types de ressources naturelles:

- les minerais (métaux).
- les granulats minéraux (gravier, chaux…).
- les ressources énergétiques (pétrole, gaz naturel, charbon).
- les ressources environnementales (l'air, l'eau, le sol, l'énergie solaire ...)

On distingue deux catégories : les ressources renouvelables et non renouvelables. Les ressources non renouvelables se caractérisent par des réserves qui nécessitent des millions d'années et certaines conditions géologiques pour se régénérer. Un autre facteur est le rapport entre les réserves disponibles et la consommation mondiale de ces ressources. Ainsi, compte tenu les volumes des prélèvements exercés sur les réserves naturelles par les activités humaines. Pour les ressources non renouvelables, il n'y aura pas de renouvellement des réserves à l'échelle humaine. La réponse est donc l'économie de ces ressources. Ainsi il se développe dans nos sociétés occidentales de plus en plus de technologie qui consomment moins d'énergie (véhicules, habitat…) ou moins de matériaux (électroménagers, emballages…). Pour les ressources renouvelables, la réponse est une bonne gestion des ressources disponibles et une régulation de leur consommation. Les pouvoirs publics contrôlent l'utilisation de ces ressources à travers des politiques de gestion du territoire. Ainsi on assimile les deux types de ressources, renouvelables et non renouvelables, à des problématiques environnementales différentes.

II.4.2.3. La pollution des milieux naturels et des écosystèmes

Les activités domestiques et industrielles rejettent des polluants qui peuvent dénaturer les écosystèmes. Les stations d'épuration touchent principalement les milieux aquatiques et les sols agricoles vie l'épandage des boues. Deux phénomènes peuvent affecter les milieux naturels : l'eutrophisation et la pollution écotoxique. Les pollutions dégradent la qualité des milieux naturels et en menace par conséquence les usages, [48]

II.4.2. 3.a. L'eutrophisation

L'eutrophisation d'un milieu aquatique se caractérise par l'enrichissement en matières nutritives qui entraîne une série de perturbations sur l'écosystème, tels que l'accroissement de la production d'algues et de macrophytes, la baisse de la concentration en oxygène, la dégradation de la qualité de l'eau l'eutrophisation est conditionnée par deux types de facteurs :

- des conditions physiques : température, luminosité, turbidité.
- des facteurs nutritionnels : azote, phosphore, [49]

II.3.2.3.b. Les usages du milieu naturel

En ce qui concerne les milieux aquatiques, la pollution de l'écosystème peut avoir des conséquences nuisibles sur certaine usages de l'eau. On peut classer ces usages en trois catégories, [50]

- le captage de l'eau : il est destiné à la production d'eau potable, l'irrigation, l'industrie. L'eau prélevée dans le milieu naturel doit être de grande qualité physico-chimique et biologique pour satisfaire cet usage, la pisciculture et la conchyliculture : elles doivent être pratiquées dans des zones préservées des pollutions. En effet, les poissons sont très sensibles aux chocs anoxiques et aux surcharges organiques.

- les activités de loisirs liées à l'eau (baignade, pêche…) : les activités de baignade nécessitent une bonne qualité microbiologique de l'eau. La pêche nécessite de préserver une qualité d'eau suffisante pour la survie et le développement des poissons. De façon générale, les activités de loisirs doivent être à l'abri des pollutions visuelles :

En ce qui concerne le sol, l'épandage des boues d'épuration doit garantir la pérennité des surfaces agricoles et la qualité agronomique et sanitaire des produits cultivés. Ainsi la présence de micropolluants métalliques ou organiques est particulièrement surveillée pour éviter l'accumulation des toxiques dans les sels et la mort des cultures. Si la destruction complète des végétaux est rarement atteinte, les

agronomes veillent à ce que ces polluants ne nuisent pas à la baisse des rendements, conséquence d'une mauvaise santé des plantes. Par ailleurs, il est interdit d'épandre des boues sur des surfaces maraichères pour éviter la contamination des légumes par des pathogènes, [50]

II .3.2.3.c. Les nuisances

Les nuisances regroupent l'ensemble des désagréments que subit le voisinage d'un site industriel. Pour la station d'épuration que nous avons fait notre projet on a remarque que elle est principalement provoquée un seul type de nuisance : les odeurs.

- **Les odeurs**

Les odeurs sont causées par l'émission de substances nauséabondes. Les STEP émettent par exemple de l'ammoniaque, de l'hydrogène sulfuré, les mercaptans, et d'autres composés organiques comme les amines, les cétones, les aldéhydes… L'impact "odeur" est particulièrement difficile à évaluer pour trois raisons. Premièrement, la source des émissions est difficile à caractériser. Les sources d'odeurs sont émises sur de grandes surfaces (bassin, zone de stockage…) avec une forte dispersion dans le temps, caractérisés notamment par des pics d'émission. Deuxièmement la prévision du transfert du panache d'odeurs dont l'atmosphère est complexe. Bien que les spécialistes commencent à mieux connaître le comportement des substances impliquées, les odeurs peuvent être détectées à des endroits où l'on ne s'y étend pas. Certaines molécules, se dégradant rapidement ou ayant un poids moléculaire élevé, ne se déplacent pas sur de longues distances.

Particulièrement au bruit non choisi. La nuisance auditive dépend de nombreux facteurs : niveau sonore, pression acoustique, fréquence, durée et variation des ondes sonores, contexte social des individus vivants à proximité de la source de bruit (temps que l'individu passe à son domicile, âge…), [52].

II.4. Conclusion sur les impacts environnementaux

En parcourant l'ensemble des impacts environnementaux que peut générer une activité comme l'épuration des eaux, nous observons une diversité des indicateurs à étudier. Contrairement au point de vue économique où un seul indicateur, le coût financier, caractérise l'impact d'un procédé ou d'une filière, l'évaluation environnementale doit être

basée sur une analyse multicritère. L'outil recherche devra pouvoir donner une vision globale et synthétique de l'ensemble des impacts environnementaux. Par ailleurs, il n'a pas été mentionné dans ce chapitre les aspects positifs des systèmes d'épuration Sur l'environnement (amélioration de la qualité de l'eau par exemple). Il est cependant évident qu'un outil d'évaluation environnementale devrait également faire ressortira les points positifs d'une filière de traitement. Après avoir balayé l'ensemble des impacts environnementaux, le chapitre suivant propose une liste des différentes méthodes d'évaluation environnementale.

II.5. Conclusion

Au terme de cette étude au cours de laquelle on a procédé à une évaluation de l'efficacité du traitement biologique par boues activées des eaux usées au niveau de la station d'épuration de Médéa et après l'analyse des différends paramètres de ces eaux, les résultats obtenus permettent de conclure que :

Le traitement biologique des eaux usées par boues activées présente une prestation satisfaisante car il donne une bonne élimination de la DCO, DBO_5 et des MES, [1]

III. METHODOLOGIE D'ANALYSE DE CYCLE DE VIE :

III.1. PRESENTATION DE L'ANALYSE DE CYCLE DE VIE :

III.1.1. Définition

La norme ISO 14040 définit la méthodologie d'analyse de cycle de vie (ACV) de la manière suivante : « Compilation et évaluation des entrants et sortants, ainsi que des impacts potentiels environnementaux d'un système de produits au cours de son cycle de vie». L'ACV réalise un bilan détaillé et quantitatif des flux entrants et sortants d'un système qui peut être un procédé, un produit ou un service. Ainsi chaque étape du cycle de vie du système consomme de l'énergie et des ressources non renouvelables et/ou émet des émissions polluantes. Grâce à l'inventaire des flux et par une succession d'étapes de calculs, l'ACV évalue l'ensemble des impacts potentiels de ce système sur l'environnement, [44]

III.1.2. Une méthode normée

Les premières études ACV ont été réalisées dans les années 1970 à l'Etats Unis. Mais ce n'est qu'à la fin des années 1980 que l'ACV s'est fortement développée, suite à une préoccupation croissante de la part des industriels pour l'environnement [45] La dynamique des chercheurs et des utilisateurs une série de normes ISO 14040 « Management environnemental – Analyse de cycle de vie ».

Les quatre textes ci-dessous nous serviront de base pour la présentation méthodologique détaillée qui suivra :

- norme ISO 14040 - principes et cadres.
- norme ISO 14041 - définition de l'objectif et du champ d'étude et analyse de l'inventaire.
- norme ISO 14042 - évaluation de l'impact du cycle de vie.
- norme ISO 14043 - interprétation du cycle de vie.

Ces normes garantissent une rigueur méthodologique et une homogénéité internationale à la méthode, ce qui en constitue un avantage certain.

III.1.3. Le concept du cycle de vie

Le cycle de vie d'un système, d'après la définition, est l'ensemble des «Phases consécutives et liées du système de produits, de l'acquisition des matières premières ou de la génération des ressources naturelles à l'élimination finale». Le cycle de vie d'un système réunit les activités associées à un produit ou à un service. L'intérêt de la démarche du cycle de vie est d'intégrer l'ensemble des impacts directs et indirects d'un produit, d'un procédé ou

d'un service. Si l'on prend l'exemple d'un stylo, son utilisation n'a pas d'impact. En tant que consommateur, on pourrait donc conclure qu'un stylo ne pollue pas. Cependant si l'on regarde à l'échelle du cycle de vie, la fabrication de ce produit (choix et quantités des matériaux) et son élimination (incinération, décharge…) génèrent des pollutions. La démarche du cycle de vie permet d'avoir une vision globale de l'impact sur l'environnement et permet d'identifier les déplacements de pollution. Par exemple, une automobile pollue lors de sa fabrication, son utilisation et son démantèlement. Lorsqu'un constructeur automobile veut évaluer l'impact environnemental global d'un véhicule, il doit nécessairement regarder l'ensemble du cycle de vie pour vérifier qu'une amélioration à une étape n'entraîne pas de conséquences plus néfastes sur une autre étape. Ainsi des études sont menées sur le choix des matériaux de construction dans le but d'optimiser à la fois la consommation en carburant durant la phase d'utilisation et le recyclage des matériaux en fin de vie du véhicule, [46]

Appliqué aux stations d'épurations (étudiés en tant qu'ensemble de procédés), le cycle de vie concerne les étapes de la vie d'une station - construction, exploitation et destruction - auxquelles il faut ajouter les activités qui y sont liées, comme la production d'énergie, de réactifs, les transports, le traitement des sous-produits… Ainsi l'ACV s'intéresse aux flux échangés entre le cycle de vie de la station et l'environnement, [47]

III.2. les étapes d'une étude ACV

III.2.1. La définition des objectifs

Les objectifs de l'étude doivent être cernés en terme :

- d'application envisagée,
- de justification de l'étude,
- de destinataires de l'étude (à qui va-t-on communiquer les résultats ?).

La définition des objectifs, étape succincte mais fondamentale, conditionne la définition du champ de l'étude, [47]

III. 2.2. La définition du champ de l'étude

D'après la norme ISO 14040, les principaux éléments à définir dans le champ de l'étude sont :

- les systèmes,
- les fonctions de ces systèmes,
- l'unité fonctionnelle,

- les frontières de chaque système étudié,
- les hypothèses et les données,
- les exigences sur les données,
- les limitations,
- les catégories d'impacts prises en compte,
- les méthodes d'évaluation de ces impacts,
- le type de revue critique.

L'ACV étant une méthode itérative, la description du champ de l'étude est évolutive en fonction des avancées et des contraintes de l'étude (nouvelles données, problèmes en cours 'étude, introduction de nouveaux acteurs…). Le champ de l'étude doit satisfaire les exigences imposées par les objectifs. Le champ de l'étude présente d'abord le nombre de systèmes à étudier et/ ou à comparer, puis la description de chacun. Un point important est la ou les fonctions remplies par le système, qui servira à fixer l'unité fonctionnelle, [44]

L'unité fonctionnelle (UF) est un élément fondamental des ACV. La comparabilité de plusieurs systèmes imposent que ceux-ci remplissent exactement les mêmes fonctions. La fonction d'un système est ramenée à un flux fonctionnel, qui est le flux qui conditionne l'existence du système. Par exemple, une STEP a pour flux fonctionnel les eaux usées, une usine a pour flux fonctionnel le produit qu'elle fabrique. Lorsque le flux fonctionnel est identifié, il faut en fixer une quantité de référence : c'est l'unité fonctionnelle, [45]

Par ailleurs, un système peut avoir une ou plusieurs fonctions. Par exemple, la fonction d'une station d'épuration est de traiter aux normes imposées un flux d'eaux usées. Mais d'autres fonctions secondaires peuvent venir s'ajouter : désinfection des effluents, désodorisation, traitement plus ou moins poussé des boues… Deux stations seront comparables si elles remplissent la ou les mêmes fonctions. Dans le traitement des données d'inventaire, l'UF fournit une référence à laquelle les flux entrants et sortants sont liés, constituant ainsi une base commune aux différents systèmes. Ainsi, l'identification des fonctions des systèmes et le choix de l'UF garantissent la validité de la comparaison de plusieurs systèmes. Les frontières du système déterminent les éléments qui doivent être inclus dans le système étudié. « Dans l'idéal, il convient de modéliser le système de produits de telle sorte que les entrants et les sortants à ses frontières soient des flux élémentaires ». Par flux élémentaire, la norme entend des flux de matière ou d'énergie qui ont été puisés ou rejetés dans l'environnement sans transformation humaine préalable. Dans la pratique, le réalisateur de l'étude ACV n'a ni le temps, ni les moyens, ni les données pour effectuer une étude aussi complète. La modélisation du système répond à des choix basés sur des règles de

coupure, la prise en compte des objectifs et des contraintes de coûts ou de temps. Une règle commune est d'exclure la quantification des entrants et sortants qui ne changeront pas de manière significative les résultats de l'étude. Afin de garantir la transparence de l'étude, La définition des frontières et l'omission de certaines étapes ou de certains flux doivent être clairement explicitées, [50]

Les données et les hypothèses doivent être présentées. Les études ACV nécessitent une grande quantité de données. Par conséquence, la fiabilité des résultats dépendra fortement de la qualité des données. Leur origine et leur qualité doivent donc être précisées. En terme de qualité, la norme distingue par exemple les données mesurées, calculées ou estimées, et demande de vérifier la validité géographique, temporelle ou technologique de ces données.

L'analyse critique du contenu du champ de l'étude doit permettre d'identifier les limitations de l'étude. En fonction des informations disponibles, l'auteur de l'étude doit préciser en quoi l'ACV pourra répondre aux objectifs fixés initialement et quels sont les points pour lesquels le manque, qualitatif ou quantitatif, de données interdit de fournir des conclusions. Les catégories d'impacts (effet de serre…) sont présentées ainsi que les méthodes d'évaluation des impacts nécessaires pour leur évaluation. Ces méthodes ont été développées par des universités ou des bureaux d'étude. La revue critique est une contre expertise de l'étude réalisée par des experts ACV indépendants. Elle est obligatoire pour une étude comparative diffusée au grand public. La rédaction d'un rapport précis vérifie la cohérence scientifique et méthodologique de l'étude et conclut sur la validité de celle-ci ou demande d'approfondir certains points. L'ensemble des informations du champ de l'étude permet à tout lecteur d'avoir un avis critique sur l'analyse réalisée, sur la validité des résultats et peut ouvrir d'éventuelles discussions (complément d'étude, demande de recherche de nouvelles données…). Le champ de l'étude garantit ainsi la transparence et la crédibilité de l'étude, [50]

III.**2.3. L'analyse de l'inventaire**

L'inventaire est la compilation et la quantification des flux entrants et sortants du système pour tout son cycle de vie tel qu'il a été défini dans le champ de l'étude. Tous les flux sont quantifiés par rapport à l'unité fonctionnelle. La réalisation et l'analyse de l'inventaire se déroulent en plusieurs étapes [46]:

- préparation de la collecte des données : le cycle de vie est schématisé en diagramme des processus élémentaires qui sont liés par des flux. Chacun des procédés est décrit et les données associées sont listées. La méthode de collecte de données et les calculs sont explicités.

- collecte des données : la recherche de données se fait par mesure, par calcul, par estimation, par avis d'expert, par recherche bibliographique ou encore en utilisant les bases de données spécialisées pour les ACV.
- validation des données : le contrôle de la qualité des données est réalisé dès la collecte. La vérification se fait à travers le contrôle de l'équilibre des bilans matière ou énergie. par une analyse comparative des facteurs d'émissions de processus proches…
- mise en rapport des données avec l'unité fonctionnelle : les flux sont recalculés par rapport au flux de référence pour chaque étape du cycle de vie du système.
- agrégation des données au niveau du cycle de vie : l'inventaire matière-énergie est établi par agrégation des flux de chaque étape du cycle de vie.

III.2.4. L'évaluation des impacts

Les données collectées sont traitées selon la méthodologie propre de l'ACV qui se déroule en cinq étapes, les deux dernières étant facultatives :

- **la classification**

Les flux sont regroupés en impacts (effet de serre, toxicité…) suivant leur effet sur l'environnement, [46]

- **la caractérisation**

L'impact est calculé à l'aide des flux et des facteurs d'impacts qui sont attribués à chacune des substances. Ainsi la valeur de l'impact dépend uniquement de deux paramètres :

- le flux de la substance, dont la validité et la précision concernent la qualité des données et des hypothèses, [47]

- le coefficient de l'impact qui provient de la méthode ACV considérée. Dans certaines méthodes, une phase supplémentaire regroupe les impacts correspondants à des dommages analogues en un groupe d'impacts. Le but d'un tel regroupement est de favoriser l'aide à la décision en réduisant le nombre d'impacts à comparer. Par exemple dans Eco-indicator 99, il existe 11 impacts qui sont condensés en trois groupes d'impacts (santé, ecosystèmes et ressources), [48]

- **la normalisation**

La normalisation montre la part relative de l'impact du système étudié par rapport à l'impact total d'une zone géographique. On calcule le ratio de l'impact du système étudié par rapport à l'impact total d'une zone géographique (pays, continent, monde) méthode ACV sélectionnée), [49]

- **la pondération**

La pondération est une étape complémentaire de la normalisation. Cette dernière donne en effet une information limitée : un impact peut avoir une proportion négligeable vis à vis de l'impact total d'un territoire mais être très nuisible à l'environnement. Un autre critère de jugement peut s'avérer nécessaire. La pondération attribue un coefficient, le coefficient de pondération, à chacun des impacts pour donner une valeur de l'impact en points. Le coefficient de pondération peut être fixé par le comité de pilotage de l'étude ou par des experts. L'erreur humaine et la subjectivité sont alors possibles. ISO interdisent les résultats de pondération dans les présentations publiques d'ACV. Il existe des règles de pondération mais aucune n'est universellement reconnue, [50]

- **le score**

C'est l'agrégation des impacts en un seul appelé score. Le score est une étape pour l'aide à la décision : au lieu d'avoir plusieurs impacts à comparer entre eux, le système étudié ne possède qu'une seule note : son score. L'aide à la décision multicritère devient monocritère. L'inconvénient de la méthode à score est triple :

- elle introduit de la subjectivité dans l'analyse,
- elle ne permet pas de réaliser une analyse de sensibilité,
- il suffit d'un impact faussement évalué pour fausser le score.

Il existe par ailleurs d'autres méthodes de pondération plus fines qui réalisent la condensation des impacts tout en tenant compte des diverses positions des décideurs. [48]

III.2.5. L'interprétation :

L'interprétation a pour objectif d'analyser les résultats de l'analyse de l'inventaire et de l'évaluation de l'impact, d'établir des conclusions, d'expliquer les limites et de fournir des recommandations, tout cela au regard des objectifs et du champ de l'étude. D'après la norme ISO 14043, la phase d'interprétation comporte trois éléments:

- l'identification des points significatifs des phases de l'analyse de l'inventaire et de l'évaluation de l'impact du cycle de vie du système (résultats et implications des méthodes utilisées),

- la vérification des points significatifs, qui intègre les contrôles :

✓ de cohérence : vérifier que les méthodes, les hypothèses et les données utilisées sont en adéquation avec les objectifs de l'étude,

✓ de complétude : vérifier que toutes les données et informations nécessaires ont été réunies,

✓ de sensibilité : mettre en place des analyses de sensibilité et /ou d'incertitude pour valider la robustesse de certains résultats significatifs,

- les conclusions et les recommandations découlant de l'étude. [50]

III.3. LES METHODES D'EVALUATION DES IMPACTS :

Les méthodes de calcul d'impacts ont été élaborées par différents experts (universités, bureaux d'études). Le développement de ces méthodes est l'objet d'un secteur spécifique de la recherche en ACV, appelé LCIA (life cycle impact assessment). Elles sont constituées d'un ensemble d'impacts complémentaires, chacun de ces impacts traitant d'un effet particulier et l'ensemble des impacts devant illustrer la totalité des effets d'un système sur l'environnement [9] . Elle propose la liste suivante [48]:

- **Catégories d'impacts relatives aux flux entrants :**
  - Epuisement des ressources non renouvelables
  - Epuisement des ressources renouvelables
  - Occupation de l'espace

- **Catégories d'impacts relatives aux flux sortants :**
  - Effet de serre
  - Destruction de la couche d'ozone stratosphérique
  - Toxicité
  - Ecotoxicité
  - Formation de photo-oxydants
  - Acidification
  - Eutrophisation
  - Nuisances

- Radiations radioactives

Dans la pratique, tous les impacts ne sont pas intégrés dans les méthodes développées car certains sont difficiles à modéliser, comme par exemple les nuisances. Dans la suite de notre travail, nous utiliserons quelques unes de ces méthodes, celles fournies avec le logiciel Sima pro 7 [47]. L'analyse de cycle de vie rencontre des obstacles d'ordre pratique et méthodologique :

- des moyens importants : une étude ACV nécessite beaucoup de temps, de données et de moyens humains. Ce type d'étude est donc limité à des décideurs qui en ont les moyens ou une forte motivation. Pour généraliser l'application de cet outil d'évaluation, le développement d'un outil simplifié mais fiable est conseillé.
- l'ACV est une méthode à laquelle « on fait dire ce que l'on veut » : cette critique parue dans un magazine spécialisé reflète bien une critique récurrente de la part des industriels sur l'ACV en tant qu'outil d'aide à la décision. En effet, comme tout autre outil, l'ACV peut être influencée par la personne qui la réalise, au niveau du choix des hypothèses, de la méthode de calcul d'impact… Une vigilance particulière doit donc être maintenue en termes de validation et de publication des résultats, de contrôle de la neutralité du responsable de l'étude vis à vis des autres acteurs et de leurs intérêts.[50]
- l'ACV n'aborde pas les impacts sociaux et économiques : l'ACV n'intègre actuellement pas les aspects sociaux ou économiques, ce qui constitue un obstacle à l'essor de l'ACV, dans la mesure où les décideurs attendent de plus en plus des réponses communes aux trois enjeux du développement durable : environnement, économie et social. L'ACV intervient donc en complément de l'analyse d'autres indicateurs. Toutefois on peut penser que la recherche permettra d'intégrer ces impacts dans la méthodologie ACV.
- l'ACV évalue des impacts potentiels, mais pas les impacts réels qui nécessitent l'étude des conditions locales et des phénomènes de transfert des émissions. [48]
- l'ACV n'évalue pas les nuisances : par le principe même de la méthode, l'évaluation des nuisances paraissent difficiles. Du moins aucune méthode ne permet actuellement d'évaluer le bruit ou les odeurs. Ces limites doivent être clairement pesées avant d'utiliser l'ACV pour une étude environnementale. Concernant notre réflexion sur l'évaluation environnementale des systèmes de traitement des eaux usées, nous aurons l'occasion de répondre à un certain nombre de ces limites [42]

III.4. L'ANALYSE DE CYCLE DE VIE APPLIQUEE AU TRAITEMENT DES EAUX USEES :

Après avoir parcouru en détail la méthodologie de l'analyse de cycle de vie, nous allons succinctement regarder la littérature qui traite de l'application de cette méthode dans le domaine du traitement des eaux usées.

III.4.1. Particularités de l'ACV appliquée aux procédés :

L'ACV a été développé à l'origine pour analyser le cycle de vie des produits. L'adaptation de l'outil aux procédés est rapidement apparue intéressante. La thèse de J. Chevalier définit une méthodologie d'ACV appliquée aux procédés. Dans sa réflexion, l'auteur décrit ce qu'est un procédé et les conséquences pour l'ACV [48]

Voici sa définition d'un procédé : "Un procédé est la combinaison d'un processus et des systèmes techniques permettant sa réalisation. Le procédé est un bien industriel, il représente un capital. Ce n'est pas un bien de grande consommation, c'est un système localisé sur un petit nombre de sites." De cette définition nous pouvons tirer deux caractéristiques importantes du procédé :

- Un processus et des systèmes techniques : tout comme le produit, le procédé remplit une fonction (production, traitement, transport, stockage). Il est constitué de matériaux (donc a besoin de matières premières). Des flux entrants et sortants interviennent sauf dans un stockage sans rejet. On retrouve des analogies entre procédé et produit qui permettent d'adapter l'analyse de cycle de vie aux procédés. J. Chevalier différencie deux types de flux : les flux fonctionnels, qui déterminent la fonction et représentent l'intérêt du procédé, et les flux de fonctionnement qui sont les flux nécessaires au processus. Par exemple, un procédé de traitement des eaux usées a pour flux fonctionnel l'eau entrante et comme flux de fonctionnement l'énergie, les réactifs… Cette différentiation est intéressante car elle permet de caractériser l'unité fonctionnelle d'un procédé et les émissions à prendre en compte dans un inventaire. L'auteur discute également la différence entre l'ACV d'un produit et celle d'un procédé. Il montre notamment que la définition de l'unité fonctionnelle dans l'ACV d'un procédé est plus complexe. En effet pour un produit, l'unité fonctionnelle se base le plus souvent uniquement sur un paramètre de quantité. Au contraire, la qualité du produit fabriqué ou traité ainsi que la taille du procédé conditionnent autant la fonction d'un procédé que la quantité produite.[50]
- C'est un système localisé : un procédé, contrairement au produit, est caractérisé par un emplacement géographique. Ceci est important pour deux raisons. Premièrement l'ACV

doit tenir compte du contexte socio-économique local : la production énergétique, les modes de fabrication utilisés par le procédé seront différents selon les pays ou les continents. Il existe donc une validité géographique des données. Ainsi le procédé présentera une performance environnementale qui dépendra de son lieu d'implantation. Deuxièmement les impacts environnementaux seront localisés et donc plus visibles. C'est particulièrement le cas pour la pollution de l'eau et du sol. [50]

III.4.2. Particularités du domaine du traitement des eaux :

Les systèmes de traitement des eaux présentent une particularité forte : leur fonction est déjà une action en faveur de l'environnement. Dans une méthode d'évaluation des impacts environnementaux telle que l'ACV, cette propriété de dépollution doit apparaître :

- lors de la définition de l'unité fonctionnelle. La capacité de dépollution et la qualité de dépollution conditionnent la fonction d'un procédé de traitement d'eau ou de boue, et donc l'unité fonctionnelle. Or la qualité de dépollution se mesure avec plusieurs flux distincts (DCO, MES, azote…). Il est donc difficile de lier un flux fonctionnel à la fonction globale de dépollution d'un procédé [44]. L'auteur conclut sur l'impossibilité d'agréger les flux polluants. La seule unité fonctionnelle possible est donc un volume d'eau usée à traiter. L'auteur prend en compte les flux entrants de polluants en les soustrayant de l'inventaire de cycle de vie. Nous aurons l'occasion de rediscuter de cette approche.
- dans le résultat : l'aspect bénéfique d'un procédé qui supprime une pollution doit apparaître logiquement dans les résultats d'ACV. Outre les impacts négatifs, il importe dès lors de prendre en compte aussi dans les ACV les impacts positifs d'une STEP sur l'environnement. Par ailleurs, la performance environnementale des procédés de dépollution est en partie cadrée par les lois et les normes de rejet, n'aborde pas les systèmes de traitement des eaux mais remarque déjà les difficultés soulevées par la réglementation environnementale. En effet, lorsqu'une activité industrielle est réglementée, la législation impose en quelque sorte ses performances environnementales. Il ne s'agit pas de tenir les normes de rejet ou les lois pour bonnes (elles ne le sont pas toujours) mais de prendre en compte un contexte environnemental que l'analyse ne pourra pas changer. Par exemple, si une étude ACV démontre, dans un contexte local donné, qu'un seuil réglementaire de pollution peut être dépassé, l'usine d'épuration devra malgré tout respecter la législation. Une autre singularité des systèmes de traitement des eaux est la visibilité des impacts. En effet les pollutions émises par ces systèmes peuvent être

facilement observées (eutrophisation, eau turbide…) et sont régulièrement contrôlées (auto surveillance, SME des STEP)[50]. Les résultats d'ACV sur ce type de procédé sont donc facilement sujets à la critique ou à l'incompréhension. Que dira un maire si une station d'épuration pollue sa rivière alors que les résultats de l'ACV pour la rénovation de cette station étaient positifs? Sans se soucier de savoir si l'étude est sérieuse ou non, cette remarque tient à souligner que les impacts sur les procédés de dépollution sont visibles, et donc que la communication de ces résultats d'ACV est plus sensible. Au contraire une conclusion d'ACV déclarant que le vélo x est plus écologique que w sera plus facilement admise par les décideurs qui devront être perspicaces pour vérifier les quantités de matières premières, comparer les sites de fabrication ou le taux de déchets recyclés… Une question se pose alors : les impacts réels des STEP peuvent-ils être analysés sous forme d'impacts potentiels sans danger de discréditer l'ACV ?[44]

III.4.3. Les études ACV en traitement des eaux usées :

De nombreux auteurs ont réalisé des études ACV sur des systèmes d'assainissement. L'évaluation environnementale par ACV de systèmes d'épuration des eaux résiduaires urbaines a été pratiquée depuis le début des années 1990. De nombreux experts ont essayé de comparer ces systèmes mais on observe une grande diversité de sujets d'étude : analyse de station conventionnelle pour identifier la meilleure filière ou les étapes de traitement les plus polluantes, étude des systèmes de traitement ou de séparation à la source (toilette séparative)… La comparaison de filières de traitement et d'élimination des boues urbaines est également un thème très abordé, notamment parce que ces filières présentent des possibilités de valorisation matière (fertilisant ou amendement) ou énergie (biogaz, incinération). Nous aurons l'occasion de revenir sur les boues en troisième partie, [48]

VI.1. Introduction

Si l'efficacité d'une station d'épuration se mesure d'abord par la qualité de ses effluents, ce traitement est obtenu au prix d'autres impacts environnementaux générés lors de sa construction, de son exploitation (énergie, réactifs, consommables) et de son démantèlement.

Les performances environnementales des systèmes de traitement des eaux usées sont aujourd'hui mal évaluées. Une méthode exhaustive et fiable est donc nécessaire pour orienter les décideurs sur le plan environnemental. L'analyse de cycle de vie (ACV) a été choisie pour répondre à cette problématique. Selon la définition des normes ISO l'ACV s'effectue en 4 étapes : la définition des objectifs, l'inventaire des émissions et des extractions, l'analyse de l'impact et l'interprétation. La méthodologie de l'ACV sera appliquée à l'étude de cas d'un système d'épuration des eaux usées (STEP) situé à Médéa. Dans cette étude, nous allons utiliser le logiciel Simapro 5 pour modéliser les filières, recenser les flux, établir les inventaires et calculer les impacts à partir des différentes méthodes de calcul d'impact de cette STEP. L'unité fonctionnelle correspond à un (01) litre d'eau usée à traiter arrivant à la station durant une année, [54]

IV.2. Localisation géographique de la STEP

La station d'épuration des eaux usées (STEP) est située au bord de l'oued Lahrech, dans une zone relativement enclavée. Elle est conçue pour traiter les eaux usées domestiques de la ville de Médéa et de ses environs (Figure 1). La STEP de Médéa (Figure 1), utilise une épuration par boues activées à faible charge massique suivant un processus d'aération conventionnelle qui garantit une très bonne efficacité dans la diminution de la Demande Biochimique en Oxygène (DBO).

Coordonnées GPS : 36° 14' 04.10"N ; W 2° 45' 29.44"E



Figure 6: Vue satellite de la STEP de Oued Lahrech

1. Traitement mécanique qui comporte les grilles grossières et fines (50mm/25 mm), dessablement (aéré) / déshuilage.
2. Traitement biologique (aération prolongée à faible charge) consiste de deux filières, chacune équipée d'un bassin d'activation et un clarificateur ainsi que d'une station de pompage des boues de retour et en excès.
3. Décanteur.
4. Traitement des boues à l'aide des épaississeurs et des lits de séchage (déshydratation),
5. Bassin de chloration.



(a) (b) (c)

Figure 7 : Etapes de prétraitement mécanique :

a) déshuileur dessableur.

b) Dégrilleur grossières.

c) Dégrilleur grossières fines.

(Photo personnelle)



Figure 8: Traitement biologique, bassin d'aération (photo personnelle).



Figure 9: Décanteur (clarificateur). (photo personnelle).



(a) (b)

Figure 10: traitement tertiaire
(a) Lit de séchage des boues, (b) bassin de chloration (photo personnelle)

IV.3. Analyse environnementale du cycle de vie d'un système d'épuration des eaux usées : cas d'un STEP à Médéa.

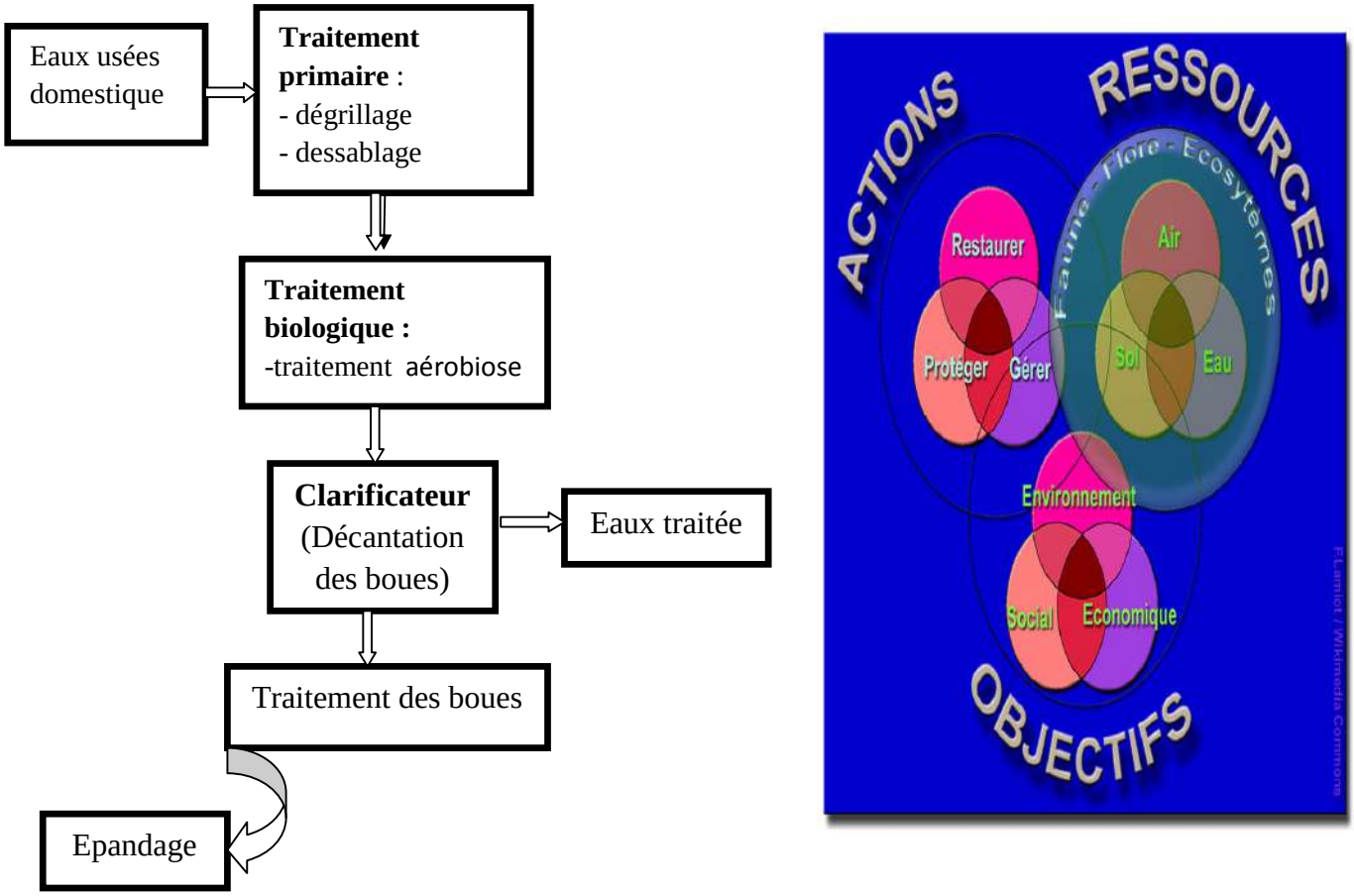


Figure 11: (a) Limites de système (b) cycle de vie d'une eau polluante

Tableau 1 : Quelques caractéristiques de la STEP.

Capacité journalière de traitement de la STEP	13000 m^3/j
Coûts de projet	18 millions d'euro (1 942 798 774,259 DZD=200 milliard de dinars)
Dessableur	135 m^3
Bassin d'activation	26.100 m^3
Clarificateurs	11.000 m^3
Epaississeur	850 m^3
Filtre à bandes	90 m^3/h
Lits de séchage	450 m^2

Tableau 2 : Résultats des analyses physico-chimiques (EB : eau usée brute ; ET : eau traitée)

Paramètres		PH	T (°C)	Conductivité µs/cm	MES mg/l	DBO_5 mg d'O_2/l	DCO mg d'O_2/l	NO_3 mg/l	PO_4 mg/l	MVS
Concentration mensuel (mg/l)	EB	7,75	26, 3	2837	686	549	846	25	3,10	410
	ET	7,63	26,9	3558	28	6	68	0,17	0,05	-
Flux	EB	-	-	-	26754	21411	32994	975	4,03	15990
	ET	-	-	-	1092	234	2652	6,63	1,95	-

L'énergie électrique de la station est celle relevée par SONALGAZ. La valeur moyenne est de 380 kWh /mois.

La production électrique nécessite des ressources (Pétrole) et génère des émissions polluantes. L'ensemble de ces émissions induites par cette production est contenu dans une base de données de Simapro5.

Tableau 3: Les valeurs limites maximales de la teneur en substances nocives des eaux usées autre que domestique au moment de leur diversement dans un réseau public :

Substances (mg/l)	**Valeurs maximales**
Azote globale	150
Aluminium	5
Argent	0,1
Arsenic	0,1
Chlore	3
Cyanure	0,1
DBO5	1000
MES	600

IV.4. Résultats et Discussions :

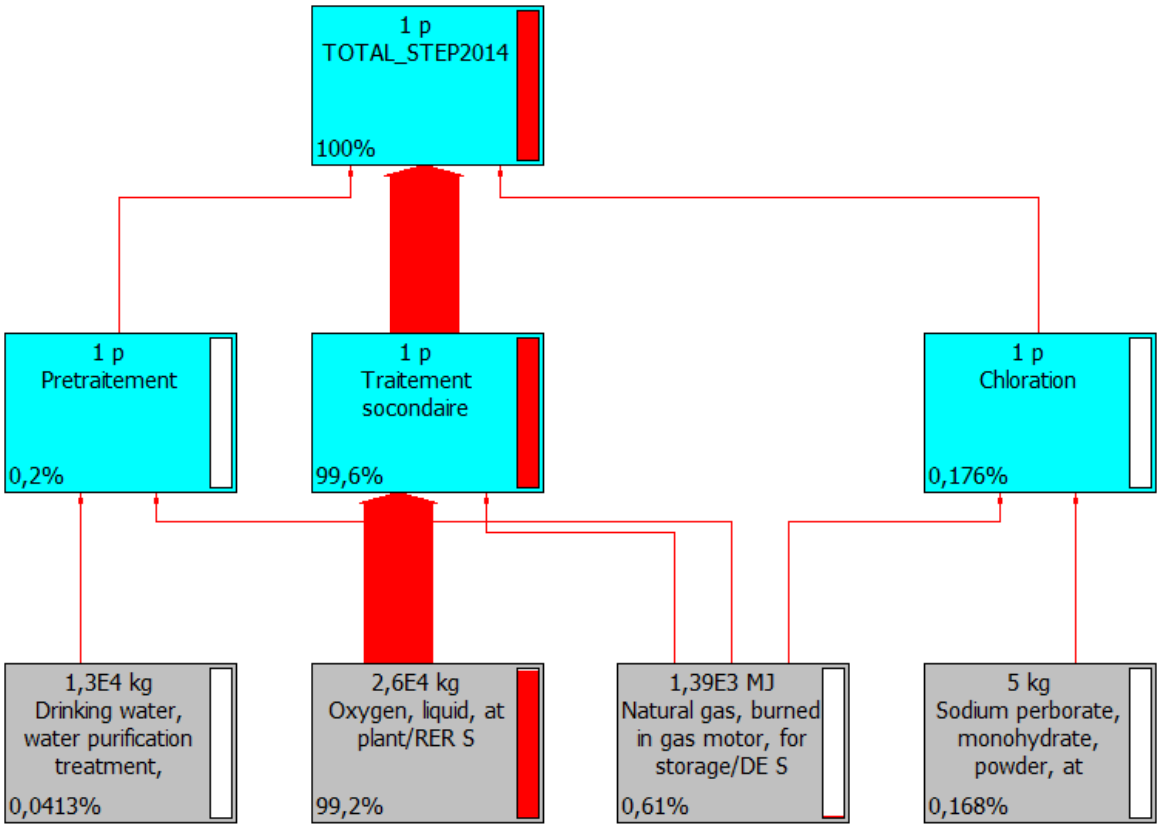


Figure 12 : Scenario de cycle de vie de la STEP de Médéa

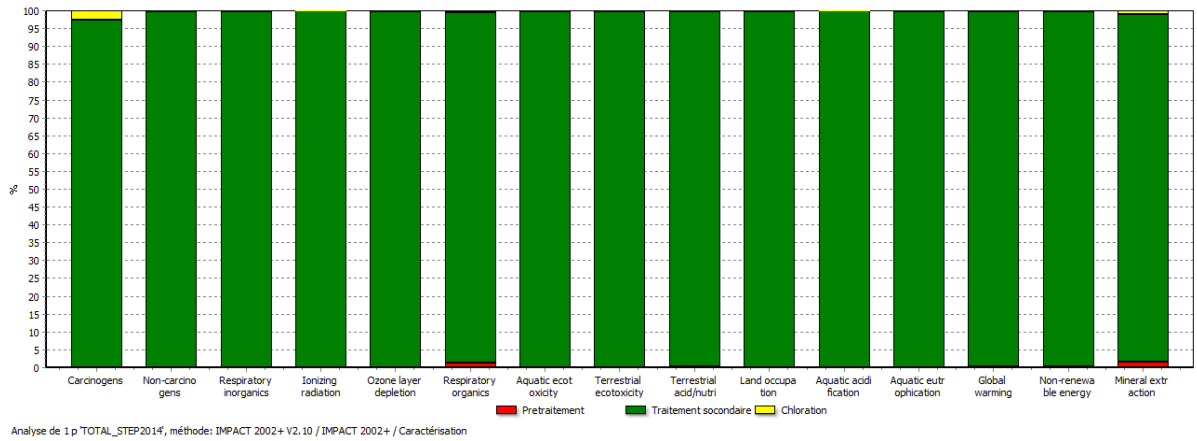


Figure 13: Représentation graphique de l'impact environnementale d'un système d'épuration des eaux usées.

Interprétation des résultats

D'après les résultats trouvés, on a constaté que:

- Il existe une forte variabilité entre les déférentes étapes qui concernent le prétraitement, le traitement secondaire, chloration.
- Le traitement secondaire c'est le plus élément qui évalue une influence sur l'aspect environnementale parmi ces impact .
- La santé humaine(les maladies consirigène, respiratoire organique et inorganique…).
- L'épuisement des ressources (eutrophisation des milieux aquatique…).
- L'écosystème, les émission de CH_4 dans l'air

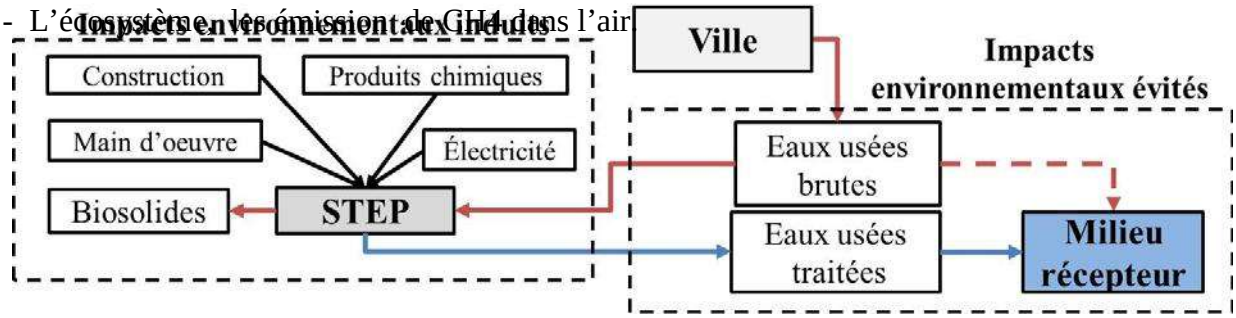


Figure 14 : Frontières de l'étude selon le concept de BEN

La fonction est quantifiée par l'unité fonctionnelle (UF) qui sert de base de référence permettant de compiler l'ensemble des intrants et des émissions permettant d'évaluer les impacts évités et induits. L'UF retenue est le mètre cube (1 m^3) d'eau usée acheminé à la STEP.

Inventaires du cycle de vie et du cycle de coûts (ICV-ICC)

Des inventaires des charges des polluants de l'affluent et de l'effluent de la STEP sont compilés afin d'évaluer les impacts potentiels évités en considérant les charges en matières organiques, en nutriments ainsi qu'en estimant les émissions potentielles de gaz à effet de serre des rejets directs de matières organiques et d'azote dans le milieu récepteur. Les inventaires de caractérisation des impacts du cycle de vie du système incluent la phase de construction, l'opération ainsi que l'évaluation des impacts environnementaux et des coûts induits par une gestion des boues par épandage sur des terres agricoles et forestières.

Résultats de l'analyse de cycle de vie des impacts et des coûts (ACVI)

Les intrants, les émissions et les coûts compilés lors de l'ICV permettent d'évaluer le

BEN et les coûts induits par le cycle de vie de la STEP. L'évaluation des impacts permet de constater que la STEP permet de diminuer l'eutrophisation potentielle grâce à l'utilisation d'électricité et de produits chimiques ce qui provoque par contre des impacts quant à l'épuisement des ressources. Ainsi que l'élément le plus influencé sur l'environnement se trouve dans le deuxième étape (le traitement secondaire).

IV.5. Conclusions

L'étude réalisée a permis d'évaluer le BEN et les coûts associés à l'opération d'une STEP. Cela montre sur quelles phases du cycle de vie il serait prioritaire d'agir pour réduire les coûts et les impacts environnementaux nets. Cette vision intégrée du profil environnemental et économique d'une STEP 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 biosolides. Cela devrait donc inciter à réduire le plus possible à la source la pollution des eaux usées municipales.

Conclusion générale

Le présent travail porte sur la quantité et la qualité des informations à recueillir lors de la phase d'inventaire d'une ACV d'un système d'assainissement. Il permet d'appréhender le poids respectif des différents contributeurs aux impacts. Enfin, il met en lumière l'importance des émissions dans l'air, l'eau et le sol des substances azotées et/ou carbonées rendant nécessaire la réalisation de bilans matières équilibrés entres les entrées dans les eaux usées et les émissions/rejets. Globalement les systèmes étudiés ici sont assez proches et donc leurs performances environnementales sont voisines., la présente étude nous amène à formuler les conclusions suivantes :

Les indicateurs apportent une information riche et détaillée permettant d'identifier facilement les principaux contributeurs à chaque catégorie d'impact (substances, étapes du cycle de vie, etc.). Ils sont donc à privilégier pour identifier les pistes d'amélioration et d'optimisation possibles du système lors d'un travail d'éco-conception.

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.

[1] Généralités sur les eaux usées - Mémoire Online www.memoireonline.com.24/03/2014.

[2] Eaux usées — Wikipédia fr.wikipedia.org/wiki/Eaux usées.24/03/2014.

[3] Analyses physico-chimiques .www.jumo.de/attachments.25/03/2014.

[4] Mémoire Online.www.memoireonline.com/Traitement-des-eaux-usées domestique.26/03/2014.

[5] Mémoire Online.www.memoireonline.com/27/03/2014. Traitement des eaux usées urbaines par boues activées au niveau de la ville de Bordj

[6] Traitement des eaux usées - Mémoire Online. www.memoireonline.com/Contribution la valorisation de boues.25/03/2014.

[7] MELQUIOT-P « 1001 mots et abréviations de l'environnement et du développement Durable » Lyon : RECYCONSULT (2003).190p

[8] GUILLARD-JF et ROMANA-LA. « La mer et les rejets urbains .France IFREMER (1996).244p

[9] BAUMONT-J**, «** Réutilisation des eaux usées : Risque sanitaire et faisabilités en Ile-de-France, institut d'aménagement et d'urbanisme de la région l'Ile-de-France (2005)

[10] DJEREMENT-R. « Mémento technique de l'eau » 10ème édition. Paris Lavoisier technique et documentation (2005).1718p

[11] STELLMEN-JM**.** « Encyclopédie de sécurité et de santé au travail »volume II, Genève (2000).P:53-18

[12] http : // cojeomon Endres 74 Ac-Gernoble.Fr.25/03/2014.

[13] www.vignevin-sudouest.com/matière. Organique.php. 25/03/2014.

[14] http://www.futura-sciences.com/fr. 25/03/2014.

[15] http://www.sevre-nantaise.com. 25/03/2014.

[16] **«** Détermination des huiles et des graisses dans les eaux : méthode gravimétrique, MA. 415– HGT 2.0, » Ministère du Développement durable, de l'Environnement et des Parcs du Québec (2011).17 p

[17] LAVOIE-I ; HAMILTONA-B-P ; COMPEAU-S ; GARNIER-M et DILLON-P-J QUEBEC(2008).241p [12] DESJARDINS-R. « Traitement des eaux, 2eme édition. Canada : presse internationales polytechnique (1997).304p

[18] VALLEE-C ; BILODEAU-G ; et LANAUDIERE-C-J « Les techniques de cultures en multi cellules, Canada ; Institut Québécois du développement de l'horticulture ornementale (1999).394p

[19] MARTINEAU-G-P « Maladies d'élevage des porcs ; 1ere édition, France agricole (1997).316p

[20] LE PIMEC-P ; LIENARD-A ; BOUNARD-R ; LAFRONT-M « Guide pratique de l'agent préleveur chargé de la police des milieux aquatiques » Ed MAURICE MARLIN (2002).160p

[21] BECHAC-JC ; BOUTIN-P ; MERCIER-B et NUER-P. « Traitement des eaux usées» Paris ; Ayrolle (1984).281p

[22] BRANGER-A ; RICHARD –MM et ROSTEL-S. « Micro biochimie et alimentation » Ed EDUCAGRI (2007).343p

[23] SATIN-M et SALMI-B**.** « Guide technique de l'assainissement» .2eme édition ; Paris : le moniteur (1999).680p.

[25] PRECOTT-ML ; HARLEY-JP ; KLEIN-DA ; et DUSART-J « Microbiologie» 2eme édition Bruxelles : Boeck université (2003).1164p

[26] LADJEL-F « exploitation d'une station d'épuration a boue activée ONA : 74p. (2001)

[27] DJERMAKOYE-M-M « Les eaux résiduaires des tanneries et des teintureries : thèse de doctorat Université de BAMAKO.MALI (2005).119p

[28] HADE-A « Nos lacs, les connaitre pour mieux les protéger »Canada : FIDES (2003).359p.

[29] V-ALEXEEV « Analyse qualitative » édition, mir-Moscou, (1980)

[30] Dickson, D.R. 1976. « Pollution thermique de l'environnement aquatique. Conseil national de recherche du Canada : Comité associé sur les critères scientifiques concernant l'état de l'environnement. » Ottawa.

[31] Olivier, M.J. (1997). « La pollution par les métaux lourds de sources anthropiques. Chimie environnementale. » Les Productions Jacques Bernier, Longueuil.

[32] Vaillant J.R. (1974). Perfectionnement et nouveautés pour l'épuration des eaux résiduaires : eaux usées urbaines et eaux résiduaires industrielles. Ed. Ayrolle. Paris, 413p.

[33] Xanthoulis D. (1993). Valorisation agronomique des eaux usées des industries agro-alimentaires. Tribune de l'eau n° :563/3. Ed. CEBEDOC, pp: 27-32.

[34] Dégréement, 2004 : Mémento technique de l'eau. Edition technique et documentation, Paris

[35] Mohamed Saïd Wali, 2001 : Génie de l'environnement

[36] Dégréement, 1989 : Mémento technique de l'eau. Edition technique et documentation, Paris

[37] Bran Lubbe.Procédés moderne de traitement de l'eau.

[38] Boeglin (J-C), 2000 : traitement biologique des eaux résiduaires. J3 942

[39] Faby -J-A., Bressand **-F. «** L'utilisation des eaux usées épurées en irrigation » Office International de l'Eau, (1997).76p

[40] Jarde- E. « composition organique des boues résiduaires de station d'épuration de l'lorraines et effets de la biodégradation » (Nancy, France) Thèse de doctorat l'Université de HENRI POINCARE France (2002).271p.

[41] Bollags .J.M 1973, Rodier et al 2005.

[42] Rassam1.A et al, J, « des technologies de laboratoire caractéristiques physicochimiques des eaux usées brutes de la ville d'Oujda » (Maroc), volume 7, n°28, (2012)

[43] 2011_Action 28.1 Irstea Onema ACV BA - INRA Montpellier www1.montpellier.inra.fr/2011 Action-28.1-Irstea Onema ACV

[44] 2011_Action 28.1 Irstea Onema ACV FPRv – INRA. www1.montpellier.inra.fr/2011 Action-28.1-Irstea Onema ACV /FP.

[45] Analyse environnementale de cycle de vie (ACV) . www1.montpellier.inra.fr/2011 Action-28.1-Irstea Onema ACV .

[46] analyse environnementale et économique.28/04/2014. modeleau.fsg.ulaval.ca/fileadmin/modeleau/godindavid.

[47] analyse environnementale et économique /Mémoire Online .02/05/2014.

[48] Analyse du cycle de vie des impacts environnementaux. 06/05/2006 www.inspq.qc.ca/1322 ACV Impacts Environ Implant Mesures Attenu Ilo.

[49] Analyse environnementale de cycle de vie (ACV).06/05/2006 www1.montpellier.inra.fr/2011.Action-28.1-Irstea Onema ACV.

[50] Analyse de cycle de vie appliquée aux systèmes d'épuration. docnum.univ-lorraine.fr/public/INPL/2006 RENOU. 06/05/2006.