

**REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE
MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE
SCIENTIFIQUE**



ECOLE NATIONALE POLYTECHNIQUE

Département de Génie de l'Environnement

Mémoire de Master

En vue de l'obtention du diplôme de Master en Génie de l'Environnement

Thème

Etude d'impact d'une station d'épuration

BOUKEBECHE Nessrine

Sous la direction de : Mr A. NAMANE MCA

Présenté et soutenue publiquement le 06/10/2016 :

Composition du Jury :

Présidente de jury : Mme A.HELLAL

Professeur, ENP

Examinatrice : Mme J.AROUA

Maitre de conférences A, ENP

Promoteur : Mr A. NAMANE

Maitre de conférences A, ENP

ENP 2016

المخلص

والهدف من هذا العمل هو تحقيق دراسة الأثر البيئي من الخطوة، وتطبيق أساليب تقييم الأثر أخرى مثل دورة حياة أسلوب التحليل وأسلوب التحليل تكلفة أخيرا قارنا طريقة تحليل دورة الحياة مع منهجية تقييم الأثر للوصول إلى أفضل اختيار طريقة تقييم الأثر.

كلمات البحث: الطين، الصرف الصحي، تقييم الأثر، تكاليف دورة، دورة الحياة.

Abstract :

The objective of this work is to achieve an environmental impact study of STEP, and apply other impact assessment methods such as life cycle analysis method and the analysis method cost finally we compared the life cycle analysis method with the impact assessment methodology to arrive at choosing the right impact assessment method.

Keywords: mud, sewage, impact assessment, lifecycle cycle costs.

Résumé

L'objectif de ce travail est de réaliser un étude d'impact environnemental d'une STEP, et d'appliquer d'autre méthodes d'évaluation d'impact comme la méthode d'analyse de cycle de vie et la méthode d'analyse des coûts, enfin on a comparé la méthode d'analyse de cycle de vie avec la méthodologie d'étude d'impact pour arriver à choisir la bonne méthode d'évaluation d'impact .

Mots clés : boue, station d'épuration, étude d'impact, cycle de vie, cycle des coûts.

Dédicace

A...

*Mon dieu qui me donne le pouvoir
pour finir ce travail*

*Mes parents qui me sont les plus
chers au monde, dont l'amour et les
sacrifices n'ont pas cessé de
combler ma vie.*

*Mes adorables sœurs: Natalie
Hamida, Houria.*

A mon très chère frère Ahmed.

*Mes amies : Rania, Wissem, Zahra,
dahbiya.*

Remerciement

Je tiens à remercier aux enseignants du département de génie de l'environnement pour la qualité de la formation qui nous a été dispensée durant les trois années de notre spécialité à l'Ecole nationale Polytechnique.

Que messieurs les membres de jury trouvent ici toute ma haute considération pour avoir accepté d'examiner et de juger mon travail de fin d'études

Je remercie enfin tous ceux qui de près ou de loin m'ont soutenu durant la préparation de ce travail soit par leurs conseils ou par leur soutien moral

Table des matières

Dedicace

Remercement

Liste des tableaux

Liste des Figures

Abréviations

Introduction générale :.....	11
Chapitre 1 : Etude d'impact environnemental « EIE » de STEP :	13
1.1 Cadre réglementaire	13
1.1.1 Dispositions réglementaires spécifiques à l'assainissement :	13
1.1.2. Dispositions réglementaires spécifiques aux rejets industriels :	14
1.2. La méthodologie d'étude d'impact environnementale/.....	15
1.3. L'application de la méthodologie sur un système d'épuration :	15
1.3.1. Le fonctionnement :	16
1. 3.2. Les méthodes de traitement de déchet.....	16
1.3.3. La nature et la source des polluants :	17
1.3.4. Le climat :.....	18
1.3.5. La géologie du site :	18
1.3.6. Hydrogéologie :.....	19
1.3.7. Type de stockage :.....	19
1.3.8. Evaluation du risque :.....	19
1.3.9 Les vecteurs du transport des polluants :	20
1.3.10. Les valeurs limites:.....	20
1.3.11. L'Identification et l'évaluation du danger posé par le déchet :.....	22
1.3.12. Les voies d'expositions :	24
1.3.13. Valorisation et élimination des boues résiduaire :.....	24
1.3.13.1. Le compostage :	25
1.3.13.2. La méthanisation :	25
1.3.13.3. Valorisation agronomique :.....	25
1.3.14. Les nuisances :	26
1.3.15. L'énergie consommable :	26
Chapitre 2. Les méthodes d'évaluation des impacts :	29
2.1. L'analyse de cycle de vie « ACV » :.....	29
2.1.1 : généralité	29
2.1.2. L'application de l'ACV sur un système de STEP.....	31

2.2. L'analyse de cycle des coûts « ACC » :.....	32
2.2.1. Généralité :	32
2.2.1. L'application de l'ACC sur un système d'une STEP:.....	32
2.3. La comparaison entre les méthodes d'évaluation d'impact :	33
Conclusion générale :	36
Références bibliographiques	38

Liste des tableaux :

Tableau 1.1. Représentation les principaux procédés de traitement avec la siccité correspondante pour chaque procédé (A. Petit, 2007)	16
Tableau 1.2 Caractéristiques des boues primaires et secondaires à moyenne charge (P.Fabiel, 2009).....	18
Tableau1.3. les valeurs limites proposées par AFNOR (N.Ramdani, 2015).....	21
Tableau 1.4. Les valeurs limites des polluants organiques et les agents pathogènes proposés par AFNOR (N. Ramdani, 2015)	21
Tableau 1.5. Valeur limites des paramètres de rejets diffluentis liquides industriels (Décret exécutif n° 06-141,2006).....	21
Tableau 1.6. la destination finale des boues selon leurs siccités (R. Salahddine,2011).....	26
Tableau 2.4 : Frontières et éléments couverts par l'ACC (D.Godin, 2012).....	33
Tableau 3.1 Comparaison des caractéristiques de l'ACV et de l'EIE (D.Godin, 2012) :.....	34

Liste des figures

Figure 1.1 : les principaux éléments d'étude d'impact environnementaux (M. Aina, 2005)..	15
Figure 1.2 Schéma de différentes sources et la nature des boues résiduelles (O.El hachemi, 2012).....	17
Figure 1.3: consommation d'énergie thermique par des différentes phases (D.Godin ,2012).....	27
Figure 1.4 : consommation d'énergie thermique par des différentes phases (D.Godin,2012)	27
Figure 2.1. Étapes de réalisation d'une ACV selon la norme ISO 14040 (D.Godin ,2012)	29
Figure 2.2. Frontières de l'inventaire d'opération (D.Godin, 2012)	31

Abréviation

- ACV** : Analyse de cycle de vie
- ACC** : Analyse de cycle des coûts
- AFNOR** : L'Association française de normalisation
- DCO** : demande chimique en oxygène
- EIE** : Etude d'impact environnementale
- GES** : gaz à effet de serre
- ICV** : Inventaire de cycle de vie
- PH** : potentiel d'hydrogène
- STEP** : station d'épuration

Introduction générale

Introduction générale :

L'Algérie est classée parmi les pays les plus déficitaires en eau, Ce qui fait l'état algérien a construit jusqu'à aujourd'hui 165 stations d'épuration et plus ce que 100 nouvelles unités jusqu'à 2019 (APS, 2015), tel que avant de commencer à construire chaque unité réaliser une étude d'impact de ce projet sur l'environnement, cette dernière permet d'optimiser un projet et d'évaluer sa compatibilité avec les prescriptions relatives à la protection de l'environnement, En tenant compte de la protection de l'environnement dès la phase de planification d'un projet, favorise la réduction des atteintes et des nuisances identifiées par des mesures constructives au projet ou par des mesures complémentaires économiquement supportables. C'est un instrument préventif, un outil de gestion de projet et de communication. (M.Stiven, 2016).

Dans ce contexte, on a jugé utile de partager notre travail en deux grandes parties :

- ❖ La Première partie présente des généralités sur le système de traitement des eaux usées et l'étude d'impact environnemental
- ❖ La deuxième partie apporte une vue générale sur les différentes méthodes d'analyse de cycle de vie, et du cycle de cycle des coûts, et leur application sur le système d'épuration des eaux usées et enfin une conclusion.

Chapitre1 :

Etude d'impact environnemental « EIE »
de STEP

1. Etude d'impact environnemental « EIE » de STEP :

Une station d'épuration (STEP) est un ensemble d'installations et procédés où sont dirigées les eaux usées pour éliminer les différents polluants présents (P.Febiel,2009), à la sortie de la station il en résulte d'une part une eau épurée rejetée dans le milieu naturel, et d'autre part, il reste des sous-produits désignés sous le terme des boues résiduelles, (S.Amir ,2005).

1.1 Cadre réglementaire

Le principal outil juridique dans lequel s'organise la gestion du secteur de l'eau en Algérie est la Loi n° 05-12 du 4 août 2005 relative à l'eau.

Art. 2. — Les objectifs assignés à l'utilisation, à la gestion et au développement durable des ressources en Eau visent à assurer :

- ❖ la préservation de la salubrité publique et la protection des ressources en eau et des milieux aquatiques Contre les risques de pollution à travers la collecte et l'épuration des eaux usées domestiques et Industrielles, ainsi que des eaux pluviales et de ruissellement dans les zones urbaines ;
- ❖ la recherche et l'évaluation des ressources en eau superficielles et souterraines ainsi que la surveillance de Leur état quantitatif et qualitatif.

1.1.1 Dispositions réglementaires spécifiques à l'assainissement :

La loi n° 05-12 du 4 août 2005 relative à l'eau à clairement prescrit que toute habitation en zone agglomérée doit être raccordé au système d'assainissement public. (Titre VI-chapitre 3-art.118). Il est précisé que seules les eaux usées domestique sont rejeté directement dans le réseau public et aucun déversement d'eau usées sans traitement ni toléré, Tel que Ce déversement peut être subordonné à une obligation de prétraitement dans le cas à l'état brut, ces eaux usées peuvent affecter le bon fonctionnement du réseau public d'assainissement ou de la station d'épuration.

Le titre III de la loi n° 05-12 du 4 août 2005 relative à l'eau est consacré à la protection et la préservation des ressources en eau. Sous ce titre et dans le chapitre 4, la loi a abordé l'aspect de la prévention et de la protection contre les pollutions.

Conformément aux dispositions des articles 48 à 51 de la loi n° 03-10 du 19 Jomada El-Oula 1424 correspondant au 19 juillet 2003 relative à la protection de l'environnement dans le cadre du développement durable, les milieux hydriques et les écosystèmes aquatiques doivent être

protégés contre toute forme de pollution susceptible d'altérer la qualité des eaux et de nuire à leurs différents usages

1.1.2. Dispositions réglementaires spécifiques aux rejets industriels :

Vu leur nature très déverse et l'impact néfaste qui peuvent engendrer sur les milieux récepteurs et les installations hydraulique, un intérêt particulier est donné aux rejets des eaux usées industriel, La loi n° 05-12 du 4 août 2005 relative à l'eau (titre III chapitre 4) prévoit :
Art. 47.

Tout établissement classé, au sens des dispositions de l'article 18 de la loi n° 03-10 du 19 Joumada El Oula 1424 correspondant au 19 juillet 2003 relative à la protection de l'environnement dans le cadre du développement durable, et notamment toute unité industrielle dont les rejets sont reconnus polluants doit impérativement :

- prévoir des installations d'épuration appropriées
- mettre en conformité leurs installations ou les procédés de traitement de leurs eaux résiduaires par rapport aux normes de rejet telles que fixées par voie réglementaire.

Art. 48.

Lorsque la pollution des eaux met en péril la salubrité publique, l'administration chargée des ressources en eau doit prendre toutes mesures exécutoires en vue de faire cesser les déversements d'effluents ou les dépôts de matières nuisibles, Elle doit également décider de l'arrêt du fonctionnement de l'établissement qui en est responsable, jusqu'à la disparition de la pollution.

Le décret exécutif n° 06-141 du 20 Rabie El Aouel 1427 correspondant au 19 avril 2006 définissant les valeurs limites des rejets d'effluents liquides industriels. Ce décret précise et donne les valeurs limites des paramètres de rejets d'effluent liquides industriels. Il décrète également dans l'article 4 que : "Toutes les installations générant des rejets d'effluents liquides industriels doivent être conçues, construites et exploitées de manière à ce que leurs rejets d'effluents liquides industriels ne dépassent pas à la sortie de l'installation les valeurs limites des rejets définies en annexe du présent décret et doivent être dotées d'un dispositif de traitement approprié de manière à limiter la charge de pollution rejetée »

En plus de toute cette batterie de texte le législateur a institué une police de l'eau afin de veiller à l'application des dispositions de la loi relative à l'eau.

Les prérogatives de cette police : « sont habilités à conduire, devant le procureur de la République ou l'officier de police judiciaire compétent, tout individu surpris en flagrant délit d'atteinte au domaine public hydraulique, sauf si la résistance du contrevenant constitue pour eux une menace grave. Dans ce cas, il est fait mention de l'acte de rébellion du contrevenant dans le procès-verbal de constatations de l'infraction ».

1.2. La méthodologie d'étude d'impact environnementale/

Pour étudier l'impact d'une station d'épuration, on doit suivre la méthodologie présentée dans le schéma suivant :

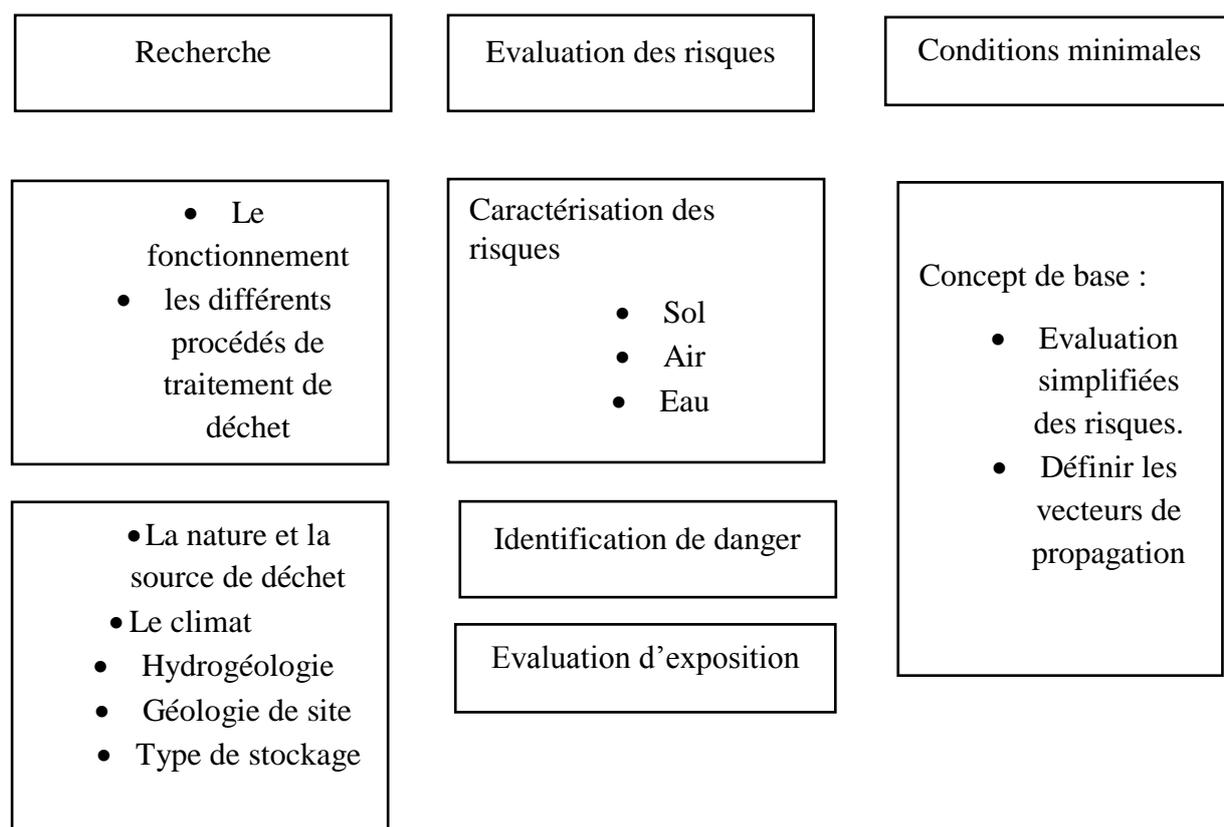


Figure 1.1 : les principaux éléments d'étude d'impact environnementaux (M. Aina, 2005)

1.3. L'application de la méthodologie sur un système d'épuration :

A partir de schéma précédente on détaille chaque élément :

1.3.1. Le fonctionnement :

D'abord, on sépare les matières grossières des eaux par dégrillage, puis on fait un dessablage et déshuilage-dégraissage dans un bassin où les sables décantent et les graisses sont séparées par flottation, ensuite il y a parfois une décantation primaire qui génère une boue dite « primaire », Dans le bassin biologique ou d'aération' la biomasse assimile la pollution biodégradable dissoute et la Transforme en floccs. Ce procédé est en effet basé sur l'activité d'une culture bactérienne flocculée, maintenue en suspension dans un bassin en principe aéré, Il est donc nécessaire de purger régulièrement une partie des boues. La séparation de la boue de l'eau interstitielle traitée est réalisée dans un dispositif placé à l'aval appelé « clarificateur ». (P.Farbiel, 2009)

1. 3.2. Les méthodes de traitement de déchet

Le tableau suivant indique les différents procédés de traitement avec leurs efficacités

Tableau 1.1. Représentation les principaux procédés de traitement avec la siccité correspondante pour chaque procédé (A. Petit, 2007)

Principaux procédés	Siccités attendues en sortie du dispositif
Epaississeur	2,5-5% pour des boues biologiques
Table ou tombeur d'égouttage	10-15% pour des boues primaires
Flottateur avec conditionnement chimique	5-12%(avec conditionnement chimique)
Digesteur aérobie/anaérobie	1-10 + réduction de près de 45% du bilan massique par liquéfaction de la matière
Filtre à bande	15-20 % (avec conditionnement chimique)
Centrifugeuse	20-25%(avec conditionnement chimique) a na hi ast
Filtre-presse	30-45% (avec conditionnement chimique)
Séchage naturel (lits de séchage)	En fonction des conditions météorologiques et des pratiques d'exploitation
Sécheur thermique	60-92

1.3.3. La nature et la source des polluants :

Les boues résiduairees représentent avant tout une matière première composée de différents éléments (Matière organique, éléments fertilisants (N et P ...), d'éléments traces métalliques, d'éléments traces organiques et d'agents pathogènes).

Cette composition exacte des boues varie en fonction de l'origine des eaux usées, de la période de l'année et du type de traitement et de conditionnement pratiqué dans la station d'épuration (S.Amir, 2005).

Selon le type de traitement des eaux usées, une station d'épuration peut produire à l'origine, trois grandes catégories de boues :

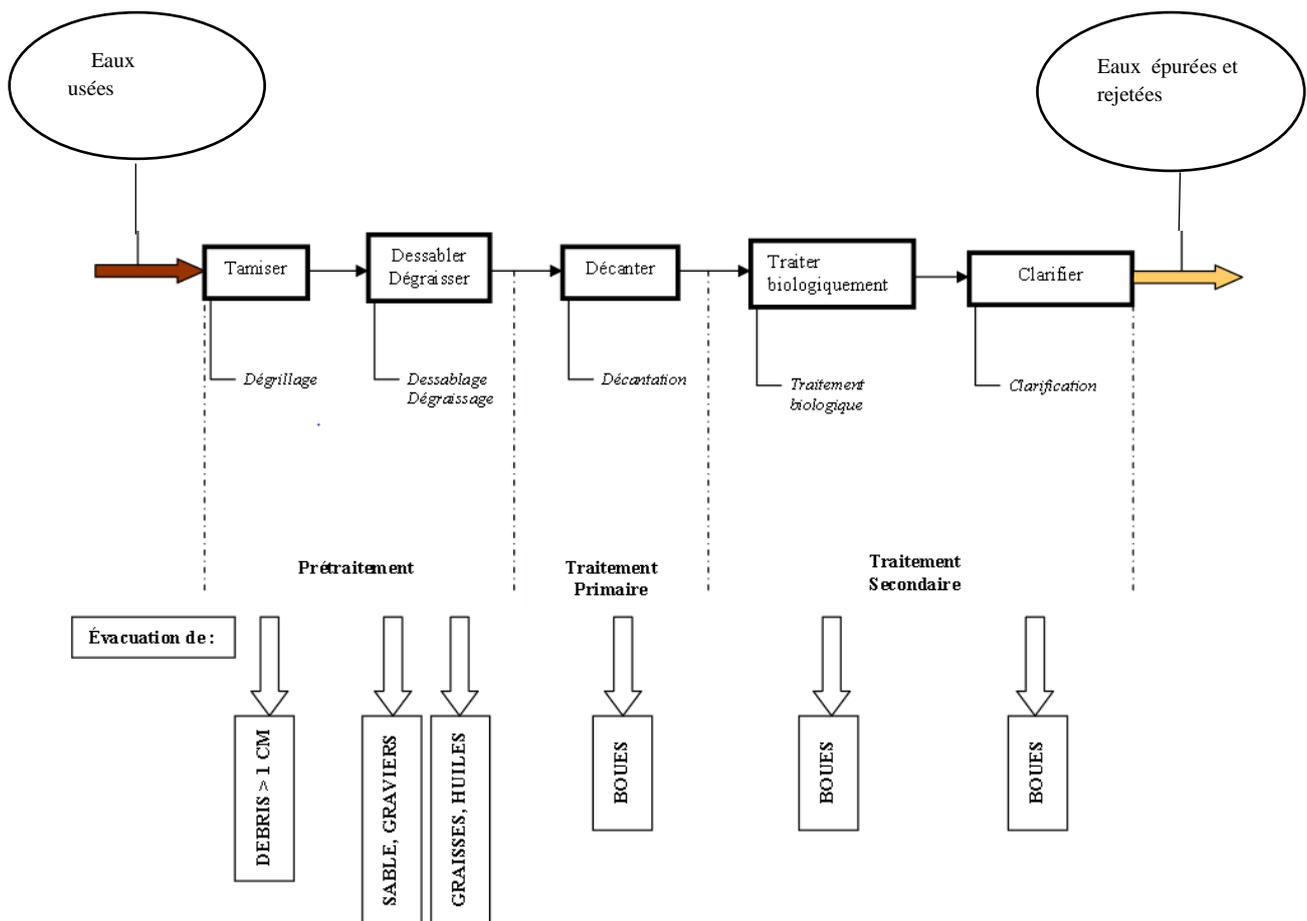


Figure 1.2 Schéma de différentes sources et la nature des boues résiduairees (O.El hachemi, 2012)

- **La composition :**

Tableau 1.2 Caractéristiques des boues primaires et secondaires à moyenne charge (P.Fabiel, 2009)

	Boues primaires	Boues secondaires
<i>Matière sèche totale (%MST)</i>	2-8	0,83-1,16
<i>Matières volatiles (%MST)</i>	60-80	59-88
<i>Huiles et graisses (%MST)</i>	13-65	5-12
<i>Azotes (N, %MST)</i>	1,5-4	2,4-5,0
<i>Phosphore (%MST)</i>	0,17-0,6	0,6-2,3
<i>Potassium (%MST)</i>	0-0,41	0,2-0,29
<i>pH</i>	5-8	6,5-8

1.3.4. Le climat :

Il s'agit d'étudier les variations de la température, et la variation de la précipitation, et l'humidité de l'air ainsi que la vitesse de vent pendant l'année, et Les Phénomènes climatiques accidentelles comme la neige, Les gelées. (L.Saighi, 2013).

L'étude climatique a pour l'objectif de calculer le dimensionnement des structures des ouvrages et pour l'étude de leur éventuelle climatisation contribuant au bon fonctionnement des installations (matériel électronique sensible aux fortes variations de températures, produits utilisables dans une plage de température imposée, etc.).(GICC, 2014)

1.3.5. La géologie du site :

L'étude géologique a pour l'objectif de prévenir tous les risques naturels (chute des blocs, glissement de terrain, inondation, sismicité et phénomène de retrait-gonflements des argiles, remontée de nappe phréatique, tassement excessif de sol compressible...) qui pourraient déstabiliser l'ouvrage et ceux environnants. (M. Vincent, 2005)

1.3.6. Hydrogéologie :

L'étude hydrogéologique permet de définir, le mur et le toit éventuel de la nappe et la surface piézométrique à différentes époques, ainsi que les limites du bassin hydrogéologique (S. Ati, 2010)

1.3.7. Type de stockage :

Lorsque les boues déshydratées, elles sont stockées dans des bâtiments pour des durées de 6 à 9 mois. Des normes strictes définissent des seuils à ne pas dépasser en de nombreux éléments traces. En raison du risque de pollution accidentelle. (M. Combe, 2016)

1.3.8. Evaluation du risque :

Afin d'évaluer le risque des boues résiduaire, on doit étudier le risque sur tous les paramètres liés à l'environnement, qui sont le sol, l'air, l'eau et la santé publique. (M.Daouda, C.Adanded, 2010)

- **Le sol :**

L'épandage des boues sur les sols est parmi les techniques de valorisation de ces éléments, cependant qu'elles peuvent poser un problème de la pollution des sols, soit par les métaux lourds contenus dans ces boues, ou bien des éléments organique comme éléments hydrocarbures, ainsi la pollution des sols par les germes pathogènes.

Les paramètres étudiées afin d'évaluer la pollution des sols sont : odeur et la couleur des sols, et le pH ,et la demande chimique en oxygène et la demande biologique en oxygène tel que le rapport de ces deux paramètres permettent d'identifier la biodégradation des matières organiques présentes dans les sols, (Z.Feddane, 2012).

- **Air :**

Les principaux polluants atmosphériques sont le méthane, le dioxyde de carbone, l'azote, les COV comme Chlorobenzène et Éthylbenzène, les micro-organismes et les vapeurs d'eau générées pendant l'évaporation de l'eau contenu dans les boues.

On peut estimer la pollution générée par les dispositifs de captages et d'analyse de la qualité de l'air. (C.Bougrier, ,2005).

- L'eau :

L'épandage ou bien le stockage des boues résiduaires provoque un risque de la contamination des eaux superficielles ou souterraines, ça est selon la texture des sols et le degré de la saturation des sols ainsi la pluviométrie, (M. Aina, 2005)

On peut estimer la pollution des eaux par les analyses portés sur les paramètres généraux comme le pH et la conductivité électrique, azote kjeldahle et totale et en fin les teneurs en métaux lourds. (R. Samson, 2002).

1.3.9 Les vecteurs du transport des polluants :

- L'eau et le sol

Les vecteurs du transport de ces polluants dans les sols sont : l'eau et L'humidité hygroscopique. (M. Robert, 1996).

- L'air

Les vecteurs de transport des éléments volatiles et le CH₄ sont le vent, et l'humidité et la chaleur l'air, Par contre pour l'eau, il y a un autre facteur qui est L'évapotranspiration, Ce phénomène est très important pendant la période végétative de la culture traitée. (Ademe, 1995).

1.3.10. Les valeurs limites:

Vu la loi n° 85-05 du 16 février 1985, modifiée et complétée, relative à la protection et à la promotion de la santé; il doit prendre en considération Les teneurs des polluants présents soit dans les boues épandues sur les sols, ou bien dans les eaux épurées.

En Algérie il y a Aucune norme en termes d'épandage de compost on prend en considération les valeurs limites des concentrations en polluants (7 métaux, 3 HAP et somme des 7 principaux PCB) présents dans les boues proposées par AFNOR (N. Ramdani, 2015),

Tableau 1.3. les valeurs limites proposées par AFNOR (N.Ramdani, 2015)

	Teneurs en boue (mg/kg MS)
Cadmium	10
Chrome	1 000
Cuivre	1 000
Mercure	10
Nickel	300
Plomb	750
Zinc	2 500

Tableau 1.4. Les valeurs limites des polluants organiques et les agents pathogènes proposés par AFNOR (N. Ramdani, 2015)

Composés organiques	Valeurs limites (mg/kg MS)
PCB	0,8
Fluoranthène	4
Benzo(b)fluoranthène	2,5
Benzo(a)pyrène	1,5
Agent pathogène	Valeurs limites (mg/kgMS)
OEufs d'helminthes viables	Absence dans 1.5 g
Salmonella	Absence dans 1 g

Tableau 1.5. Valeur limites des paramètres de rejets diffluent liquides industriels (Décret exécutif n° 06-141,2006)

Paramètres	Unité	Valeurs limites
Température	°C	30
pH	-	6,5-8,5
MES	Mg/l	35
AZOTE KJELDAHL	"	30
PHOSPHORE TOTALE	"	10

DCO	"	120
DBO5	"	35
Aluminium	"	3
Fluor et composés	"	15
Hydrocarbures totaux	"	10
Cadmium	"	0,2
Cuivre total	"	0,5
Mercure total	"	0,01
	"	0,5
Plomb total		
Chrome Total	"	0,5
Nickel total	"	0,5
Zinc total	"	3
Fer	"	3
Composés organiques chlorés	"	5
Manganèse	"	1
Cyanure	"	0,1

1.3.11. L'Identification et l'évaluation du danger posé par le déchet :

Le danger posé par les boues résiduaire est évalué suivant l'élément présent et sa teneur dans l'environnement :

- **Les éléments traces inorganiques :**

Les éléments inorganiques les plus dangereux sont les éléments trace métallique, tel que Leur présence dans l'organisme peut causer des grands problèmes, on prend des exemples de:

Plomb : c'est un élément toxique pour les animaux et son introduction dans la chaîne alimentaire, avec un risque d'accumulation, représente un danger, par contre la présence du plomb dans le sol conduit à une accumulation sur la couche superficielle (R. Garnier, 2002).

Cadmium : il provoque notamment des problèmes rénaux et une augmentation de la tension, Ainsi qu'il est transporté dans le sang fixé à l'hémoglobine, Il se concentre principalement dans le foie et les reins (M.Bailly, 2007).

Zinc : il cause des nausées et des troubles du système gastro-intestinal, et seront suivis de complications dans le système respiratoire ainsi que par des affections cutanées. Enfin, Zn est soupçonné être cancérigène pour l'homme. (B. Petit, 2007).

Le nickel : il semble qu'il suffise d'une concentration de 1 p.p.m pour perturber la croissance de la plante (G. Aubert, 1978).

Le mercure : il peut amener des perturbations au développement de la plante mais le principal danger est alors son introduction dans la chaîne alimentaire de l'homme car il est bio accumulé par les animaux.

- **Les éléments traces organiques :**

Parmi les différentes familles de micro-polluants organiques couramment recherchées (les Hydrocarbures aromatiques polycycliques aromatiques HAP, les polychlorobiphényles PCB, les chlorophénols, les phthalates, les dioxines, etc...), en raison de leur présence potentielle dans les boues résiduaires (A.Marttinen, 2003).

Polychlorobiphényle« PCB » : il est très peu biodégradable, donc il reste dans l'environnement pour longtemps, et peut se bio accumuler dans les tissus vivants, plus qu'il est cancérigène, il cause à des faibles expositions chroniques des effets neuro – comportement (vertiges, troubles cognitifs..) pour les enfants et des perturbations métaboliques, ainsi que des effets sur la thyroïde pour les adultes. (A.Gouzy,2011)

HAP : Les risques les plus importants liés aux HAP sont leur effet mutagène et cancérigène.

- **Eléments biologiques :**

Les germes présents souvent dans les boues résiduaires sont *Escharishia coli*, *salmonella*, *Pseudomonas aeruginosa*... etc., et les virus comme virus de l'hépatite qui peuvent causer des maladies mortelles. (J.Chelle, C.Guenzi, L.Hoguet, 1990).

Salmonella : la présence de cette bactérie dans l'organisme cause un brutale de fièvre, des douleurs abdominales, de la diarrhée, des nausées et parfois des vomissements (M. Jean lesne, 2004)

Escherichia coli : pour les adultes, elle cause Diarrhée et le plus souvent hémorragique (avec du sang), douleurs abdominales et parfois des vomissements. Peut se compliquer d'un Syndrome, cependant elle cause des effets plus néfastes pour les enfants comme la insuffisance rénale et Dans les cas les plus graves des lésions du système nerveux central peuvent survenir. (N. Cohen, 2006)

virus de l'hépatite : les symptômes de ce virus étant ceux d'une hépatite virale aiguë comme l'ictère, le malaise, l'anorexie, les douleurs abdominales, les nausées, la fièvre, la diarrhée et le changement de couleur des selles ou de l'urine et l'hépatomégalie (F. Traore, 2014).

1.3.12. Les voies d'expositions :

La contamination éventuelle de l'homme par ces éléments aura lieu principalement par ingestion d'eau, par d'exposition par inhalation et par contact avec la peau.

- **Exposition par inhalation :**

Il consiste à l'inhalation des poussières et les aérosols des boues, surtout par les égoutiers et les personnels de station d'épuration, les manipulateurs lors des opérations d'épandage, (D. Kadem, 2005).

- **Exposition cutanée :**

Cette exposition se fera par contact répété avec des sols souillés.

- **Exposition par ingestion :**

Cette exposition se fera soit par la migration des polluants dans les eaux potables, ou bien par la consommation des végétations irriguées par les boues.

1.3.13. Valorisation et élimination des boues résiduaire :

Vu la loi n° 03-10 du 13 Jomada El Oula 1424 correspondant au 19 juillet 2003 relative à la protection de l'environnement dans le cadre du développement durable, Il est nécessaire de voir les différents techniques de valorisations comme le compostage, méthanisation et l'incinération ...etc, le choix de la technique de valorisation favorable est basé sur les caractéristiques physico-chimiques et biologiques des boues.

1.3.13.1. Le compostage :

Le compostage est défini comme «un processus contrôlé de dégradation des constituants organiques par une succession de communautés microbiennes évoluant en conditions aérobies, en conduisant à l'élaboration d'une matière organique humifiée et stabilisée. Le produit ainsi obtenu est appelé compost (J.Olivier, 2003).

L'ajout de ce dernier au sol améliore les qualités physiques et chimiques des sols, tel qu'il augmente la conductivité hydrique et diminue de la densité des sols, De plus, l'incorporation de compost permet de réduire l'acidité du sol, et de diminuer ainsi les risques de la solubilisation des métaux et donc le compost empêche la migration des métaux dans les sols, qui endommage les sols et la nappe phréatique (R. Albrecht,2007).

1.3.13.2. La méthanisation :

La méthanisation est un processus biologique naturel qui permet de transformer en milieu privé d'oxygène un substrat complexe pouvant être composé de molécules organiques lourdes, souvent insolubles en méthane (biogaz) (A. Wilfried, 2006).

Ce biogaz généré peut être valorisé en plusieurs modes :

- **Thermique :**

La chaleur de combustion du biogaz peut servir pour la production d'eau chaude, de vapeur à moyenne ou haute pression ou bien dans des fours des procédés comme la chaudière au gaz naturel, où le biogaz est utilisé en mélange avec le gaz naturel pour réduire l'impact de l'hydrogène sulfuré (J.Zhang, 2011).

- **Cogénération :**

Le cogénérateur convertit l'énergie du biogaz en énergie électrique et thermique Par la force motrice générée par la combustion du biogaz (N. Bachmann, 2012).

1.3.13.3. Valorisation agronomique :

L'épandage des boues permet le retour au sol de la matière organique et de ses composés fertilisants, réduisant d'autant l'utilisation d'engrais minéraux (Z.Faddane, 2014),

Tel que selon la dose appliquée, les boues peuvent couvrir les besoins des cultures en azote, en phosphore, en magnésie, calcium et en soufre.

Les éléments en traces tels que le cuivre, le zinc, le chrome et le nickel présents dans les boues sont aussi indispensables au développement des végétaux et des animaux. (s.amir,2014)

Tableau 1.6. la destination finale des boues selon leurs siccités (R. Salahddine,2011)

Destination finales des boues	Siccités minimales
Valorisation agricole	Boues liquides 0,8-10% Boues déshydratées 15-40% Boues séchées >60%
Compostage	16-20%
-Incinération	>60%
Mise en décharge	30-35%

1.3.14. Les nuisances :

Pour une station d'épuration, il y a trois types de nuisances sont principalement évoqués :

- **Les odeurs :**

Les odeurs sont causées par l'émission de substances nauséabondes, par exemple de l'ammoniaque, de l'hydrogène sulfuré, des mercaptants, et d'autres composés organiques comme les amines, les cétones et les aldéhydes (M. Pimor, 2013)

- **Le trafic routier :**

La présence d'une STEP engendre une augmentation du passage de véhicules lourds pour : évacuation des boues, acheminement des réactifs et les camions hydrocureurs venant déposer les matières de vidange collectées. (F.Maubert, 1987).

1.3.15. L'énergie consommable :

Le fonctionnement des équipements et parfois pour le chauffage des bâtiments ou des boues pour la réalisation de la digestion anaérobie. Dans ce contexte, les sources d'énergie incluent dans l'ensemble des cas de l'électricité et parfois des combustibles fossiles (Z. Feddane, 2014)

L'énergie utilisée dans les stations d'épuration est de 50% pour l'électricité et l'autre 50% c'est une énergie thermique.

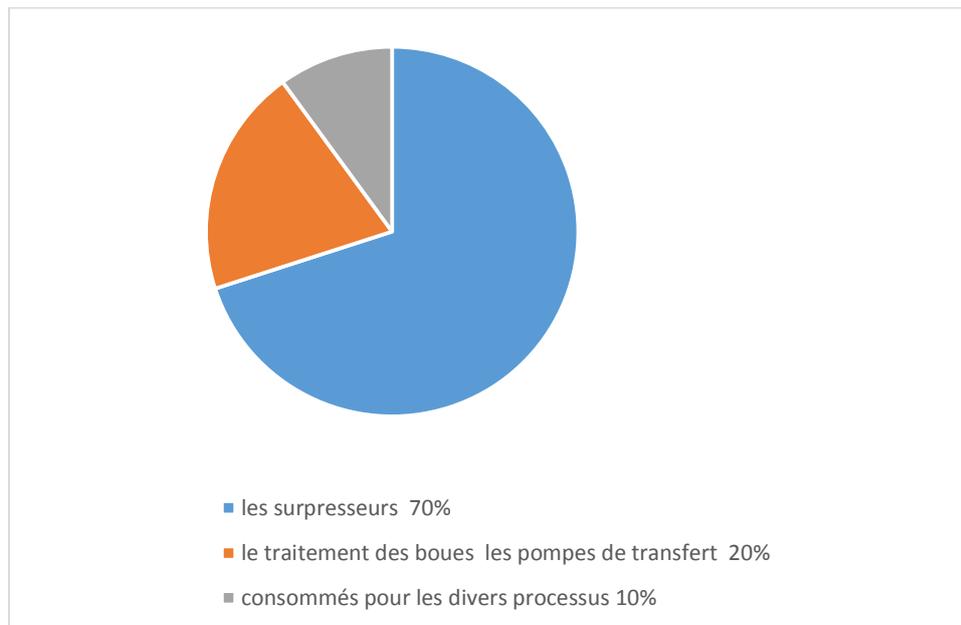


Figure 1.3: les proportions de la consommation d'électricité par les différentes phases (D.Godin ,2012).

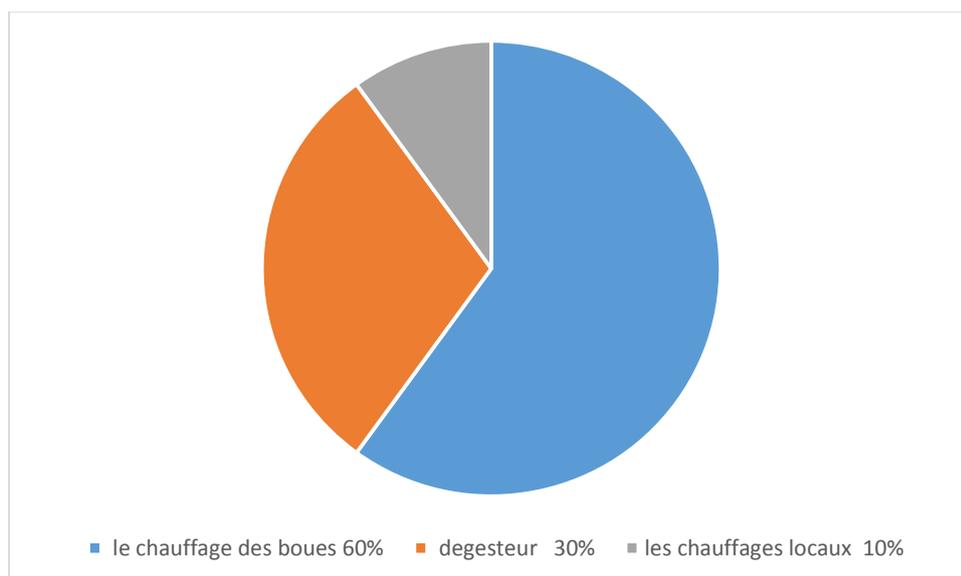


Figure 1.4: consommation d'énergie thermique par des différentes phases (D.Godin ,2012).

Chapitre 2 : Les méthodes d'évaluation des impacts

2. Les méthodes d'évaluation des impacts :

Les méthodologies de l'analyse de cycle de vie (ACV) et de l'analyse du cycle de coûts (ACC) sont appliquées à un système d'épuration des eaux usées municipales (STEP) afin de réaliser une évaluation intégrée du profil environnemental et économique du système.

2.1. L'analyse de cycle de vie « ACV » :

2.1.1 : généralité

L'ACV est une méthode d'évaluation des impacts environnementaux potentiels ou globaux à long terme d'un produit ou service pour l'ensemble de son cycle de vie sur la base de la fonction. Parmi les impacts environnementaux potentiels considérés par l'ACV sont : le réchauffement climatique, l'eutrophisation des milieux aquatiques et l'épuisement des ressources. L'analyse de cycle de vie est encadrée par les normes ISO (ISO, 2006) qui exigent de réaliser l'analyse selon un processus itératif en suivant les quatre étapes présentées à la figure 2.1:

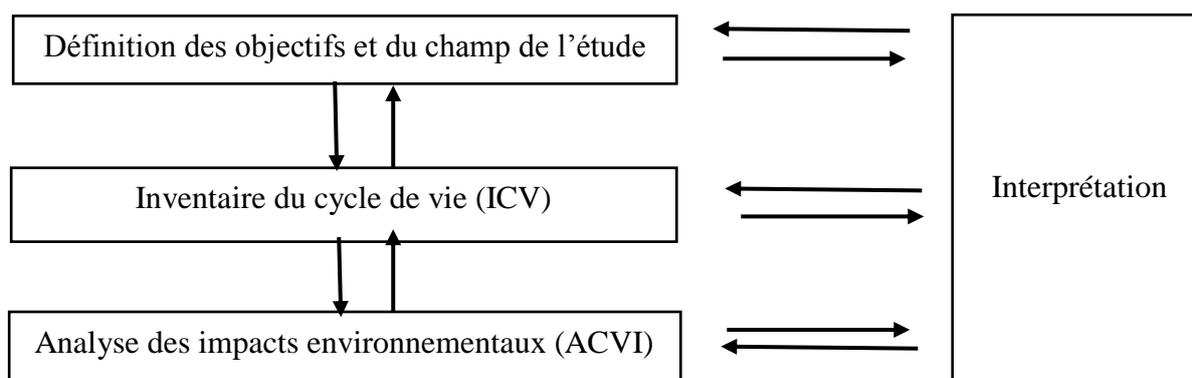


Figure 2.1. Étapes de réalisation d'une ACV selon la norme ISO 14040 (D.Godin ,2012)

La présence de flèches bidirectionnelles entre chacune des étapes représentées à la Figure précédente indique la nature itérative de l'ACV, en nécessitant la vérification des résultats de chacune des étapes à la lumière des résultats des étapes antérieures, afin d'assurer la cohérence de l'étude, et pour la liaison de la phase d'interprétation avec chacune des trois autres phases de l'ACV indique la nécessité d'interprétation des résultats à chacune des étapes, afin de vérifier que le cadre de l'analyse est en adéquation avec l'information générée et au besoin de réviser le cadre de celle-ci à la lumière des résultats obtenus. (D.Godin ,2012)

2.1.1. L'application de l'ACV sur le système de STEP:

Suivant le schéma précédent, on détaille les différentes étapes d'évaluation ? en basant à un système d'épuration des eaux usée

➤ **Objectifs et champ des études :** L'objectif principal de l'étude de l'analyse de cycle de vie c'est l'évaluation de l'impact environnemental de la station (M .Lundin, 2000), pour les éléments relatifs à la définition du champ des études sont :

- **Localisation:** elle fixe le contexte socio-économique à l'intérieur de la station, tel que Ce contexte comprend la nature des modes de production énergétique ainsi que les conditions d'opération de la station qui doivent répondre aux exigences environnementales du pays ou de la région où elle se situe (D.Godin, 2012).
- **Procédés d'épuration des eaux :** Les procédés biologiques conventionnels aussi connus sous le nom de procédé à boues activées sont les procédés le plus appliqués en Algérie. (G.Houillon, 2005).
- **Taille des systèmes étudiés :** les systèmes d'épuration étudiés sont uniques, en ce sens qu'ils sont dimensionnés en fonction d'un site spécifique et que leur conception dépend du volume et de la charge à traiter spécifique à ce site (D.Godin, 2012).
- **Étapes du cycle de vie et durée de vie :** le cycle de vie d'une STEP comporte trois grandes phases que sont (B.Mazijn, 2014).
 1. la construction : production des matériaux et construction des infrastructures;
 2. l'opération;
 3. la fin de vie : démantèlement, réhabilitation du site, disposition finale des déchets d'infrastructure.

La durée de vie théorique des STEPs s'étale de 10 à 75 ans selon les études considérées. (D.Godin, 2012).

- **Inventaire du cycle de vie des études (ICV) :** On distingue trois types d'inventaire qui sont :
- **des inventaires de construction :** qui sont consistant aux matériaux de construction comme le béton et l'acier (S.Renou, 2006).
 - **Inventaires d'opération :** qui couvrent à la fois les émissions directes de polluants de l'effluent et de la STEP, en plus des intrants et des émissions indirectes associées au fonctionnement de la station. Les frontières des éléments couverts par l'inventaire d'opération sont présentées à la Figure 2.2. (D.Godin, 2012).

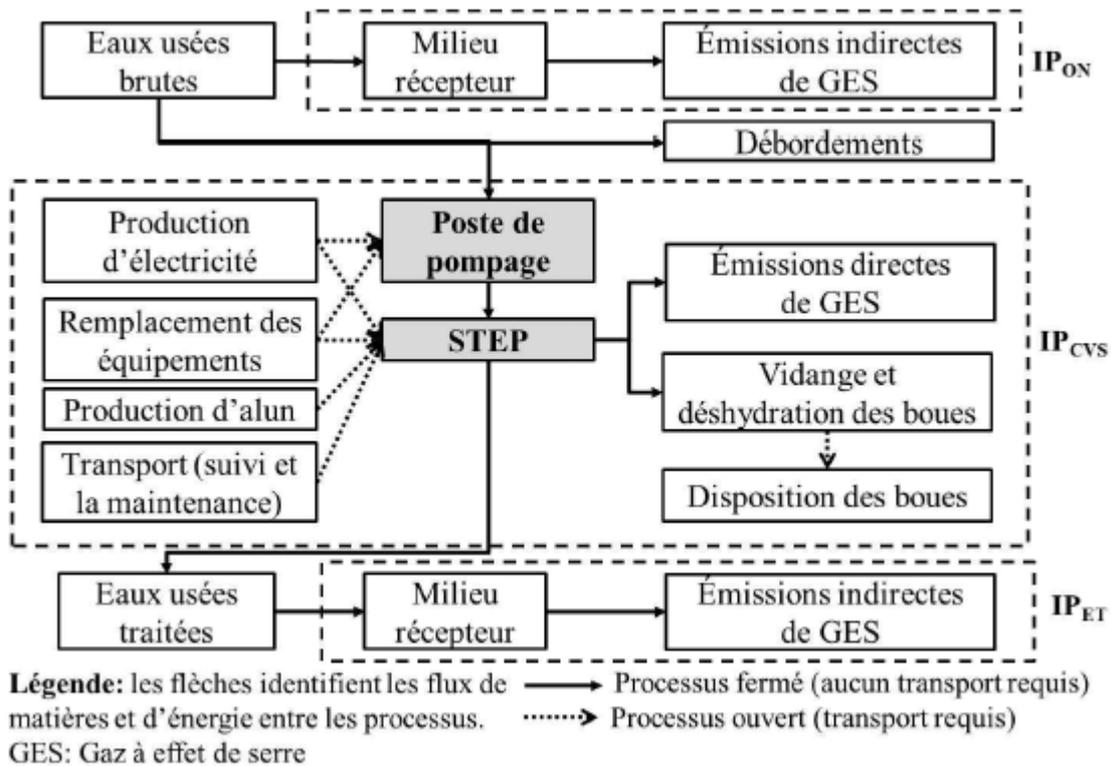


Figure 2.2. Frontières de l'inventaire d'opération (D.Godin, 2012)

- **Inventaires des scénarios de disposition des boues :** qui couvrent le transport des boues du site des étangs jusqu'au lieu de disposition ou de valorisation. (G.Houillon, 2005)
- **Analyse d'évaluation des impacts environnementaux :** L'étude d'analyse d'évaluation des impacts environnementaux pour un système d'épuration des eaux comprend cinq impacts :
- **L'acidification :** La source principale d'acidification s'agit du dégagement d'ammoniac émis par les boues chaulées (suite à l'augmentation du pH des boues par la chaux), tel que pour diminuer l'impact d'acidification, on peut modifier le mode de conditionnement des boues par un meilleur contrôle des réactifs (chaux et FeCl_3).
 - **L'effet de serre :** une quantité des gaz à effet de serre comme le CO_2 , CH_4 , NO_2 sont émis au niveau des bassins d'aération et lors de la dégradation des boues.
 - **L'eutrophisation :** L'impact d'eutrophisation est causé presque uniquement par le rejet d'eau de la station, La manière la plus efficace de diminuer cet impact est de diminuer les rejets en phosphore et en azote de la sortie eau de la station.

- **La toxicité** : Les impacts sur la santé sont modélisés en ACV dans l'impact toxicité.
 - **Les ressources non renouvelables** : l'analyse d'impact des ressources non renouvelables d'un système d'épuration base sur la détermination des quantités consommées de la chaux et la quantité d'électricité. (S.Renou, 2006).
- **Interprétation** : L'interprétation requiert l'analyse des résultats obtenus dans chacune des étapes précédentes de l'analyse. Selon les directives de la norme ISO 14044 (ISO, 2006), tel que l'étape d'interprétation de l'ACV devrait comprendre les éléments suivant :
- l'identification des enjeux d'importance en se basant sur les résultats des étapes l'ICV et de l'ACV.
 - la vérification des résultats en réalisant des contrôles de complétude, de sensibilité, de cohérence et d'incertitude.
 - la présentation des conclusions, limitations et recommandations de l'analyse (S.Renou, 2006).

2.2. L'analyse de cycle des coûts « ACC » :

2.2.1. Généralité :

L'ACC est une méthode récente d'analyse de cycle des coûts qui permet l'analyse de l'aspect économique du cycle de vie d'un produit ou service étudié par une ACV, en partageant le même champ et les mêmes frontières que cette dernière (D.Hunkeler, 2008).

2.2.1. L'application de l'ACC sur un système d'une STEP:

L'ACC suit globalement le même cadre méthodologique que l'ACV, selon les quatre étapes présentées à la Figure 2.1. Tel que l'objectif de l'étude porte sur l'évaluation des coûts. (B. Mazijn, 2014). Donc Les frontières ainsi que le niveau de détail des éléments couverts par l'inventaire économique,

Chapitre 2 : les méthodes d'évaluation des impacts

Tableau 2.4 : Frontières et éléments couverts par l'ACC (D.Godin, 2012).

Construction du système	Coûts globaux de construction coûts d'emprunt	
Opération du système	Frais d'exploitation	Frais de l'entretien
	Electricité (STEP et poste de pompage)	Matériaux de rénovation de la STEP
	Alun	Matériaux de rénovation du poste de pompage
	Main d'œuvre pour le suivi	Entretien de la STEP
	Analyses pour le suivi	Entretien du poste de pompage
	Vidange et disposition des boues	Nettoyage du poste de pompage

2.3. La comparaison entre les méthodes d'évaluation d'impact :

Il est bien clairement la différence entre la méthode d'analyse de cycle des coûts qui s'intéresse au prix et l'énergie consommée par le système d'épuration et les autres méthode d'évaluation qui s'intéressent beaucoup plus au côté environnemental, donc dans ce chapitre on va parler de la différence entre ACV et EIE et la bonne méthode d'évaluation entre eux. (S.Renou, 2006)

- **Comparaison entre l'ACV et l'EIE :** Le Tableau 3.1 présente une comparaison des caractéristiques de l'ACV et de l'étude d'impact environnemental (EIE) qui constitue un autre outil d'évaluation environnemental

Tableau 3.1 Comparaison des caractéristiques de l'ACV et de l'EIE (D.Godin, 2012) :

Outil	Objet	Échelle	Effets et substances considérés	Effets rapportés à	Éléments utilisés
ACV	Produit, service ou système	Globale; totalité du cycle de vie	Effets multiples; grand nombre de substances	Fonction du système sur l'ensemble du cycle de vie	Bilan de masse; impact environnemental; modèles multimédias
EIE	Nouvelle activité localisée	Locale; effets locaux	Variable selon l'auteur de l'étude	Capacité d'absorption locale	Variable selon l'auteur de l'étude

L'ACV se distingue principalement de l'EIE par ses portées spatiales ou globales et temporelles à long terme.

La méthodologie de l'ACV simplifie l'évaluation des impacts environnementaux potentiels découlant des émissions polluantes produites en agrégeant l'ensemble des émissions indépendamment de leur lieu ou de leur moment d'émission. Cette intégration spatiotemporelle des émissions fait de l'ACV un outil d'analyse environnementale statique dans le temps et non distribué dans l'espace. L'ACV n'est donc pas en mesure de tenir compte des particularités locales des multiples milieux recevant les émissions contrairement à l'EIE qui se limite à l'étude d'un site et qui est donc en mesure de prendre en compte ces particularités. L'ACV et l'EIE sont donc des outils d'analyse environnementale complémentaires et non interchangeables.

(D.Godin, 2012).

Conclusion générale

Conclusion générale :

L'étude d'impact sur l'environnement a pour plusieurs objectifs, premièrement pour évaluer de manière méthodique et préalable les répercussions éventuelles et les effets directs ou indirects, et temporaires ou permanents du projet, plus que l'impact sur l'homme, la faune, la flore, le sol, l'eau, l'air, le climat, les milieux naturels et les équilibres biologiques, sur la protection des biens et des monuments historiques....etc.; deuxièmement pour supprimer ou atténuer et à compenser les répercussions négatives du projet, et pour mettre en valeur et améliorer les impacts positifs du projet sur l'environnement; troisièmement et finalement pour informer la population concernée sur les impacts négatifs du projet sur l'environnement. (P. Knoepfe, 2008)

Pour le cas d'une station d'épuration, l'évaluation des impacts permet de constater que la STEP permet de diminuer l'eutrophisation potentielle grâce à l'utilisation des ressources non renouvelables comme l'électricité et de produits chimiques (les ressources non renouvelables les plus consommées pour le traitement des eaux), ce qui provoque par contre des impacts quant à l'épuisement ces ressources. Il est également possible de constater que l'enlèvement des métaux lourds et les autres polluants des eaux usées par la STEP provoquent un transfert de ceux-ci dans les bio solides, ce qui amène un transfert de l'écotoxicité potentielle des milieux aquatiques vers les milieux terrestres, donc pour minimiser les répercussions négatives d'une station d'épuration, on est obligé de fournir une énergie électrique et utiliser des produits chimique (M. Aina,2005) , donc il est bien clairement que pour un système d'épuration des eaux il y a une relation complémentaire entre l'impact environnemental et l'impact économique.

Référence bibliographique

Référence bibliographique

- **ADEME**, Les micro-polluants métalliques des boues résiduelles des stations d'épuration urbaines, France, 1995
- **A.Gouzi**, Les polychlorobiphényles -PCB, article scientifique, Institut National de l'Environnement industriel et des risques France. 2011
- **APS**, Eau et assainissement: le programme algéro-européen EAU II couronné de succès, Algérienne presse service, site web.<http://www.aps.dz/economie/35052-eau-et-assainissement-le-programme-alg%C3%A9ro-europ%C3%A9en-eau-ii-couronn%C3%A9-de-succ%C3%A8s>, 2016.
- **B. Petit**, Actualisation des connaissances sur les éléments biologiques et minéraux persistants dans les boues des stations d'épuration, impact sur la santé publique , thèse de doctorat, école nationale vétérinaire d'Alfort, France,2007
- **B. Mazijn**, [Manuel pour l'utilisation de l'analyse des coûts du cycle de vie, article scientifique, service public fédéral de programmation développement durable, Belgique, 2014.
- **C. Bougrier**, -Optimisation du Procédé de Méthanisation par Mise en Place d'un Co-Traitement: Application au Gisement de Biogaz Représenté par les Boues d'Épuration des Eaux Usées', Thèse de doctorat, INSA Toulouse, 2005 .
- **D. Godin** , Analyse environnementale et économique d'un système d'épuration des eaux usées, thèse de doctorat, université Laval Québec,2012.
- **D. Kadem**, Evaluation comportement des métaux lourds (Cd-Cr-Cu-Ni-Pb et Mn) dans les sols à vocation agricole et à végétation naturelle soumis à une pollution atmosphérique, thèse de doctorat, université mentouri Constantine, 2005.
- **D. Hunkeler**, *Environmental life cycle costing*. SETAC, CRC Press. New York., 2008.
- **F. Traore**, Dépistage de l'hépatite B chez les migrants originaires d'Afrique subsaharienne et d'Asie : étude qualitative sur les freins des médecins généralistes, thèse de doctorat, université paris DIDEROT, 2014.
- **G. Houillon**, Life cycle assessment of processes for the treatment of wastewater urban sludge: energy and global warming analysis. *Journal of Cleaner Production*. New york, 2005
- **GICC**, Impacts du changement climatique, adaptation et coûts associés en France, article scientifique, France, 2014

Référence bibliographique

- **J. Chelle, C. Guenzi, L. Hoguet**, Risques microbiologiques et travail dans les stations d'épuration des eaux usées, Fiche medico-technique N°34, Institut national de recherche et de sécurité, 1990.
- **J. Olivier**, Etude des filières a bande pour la déshydratation mécanique des boues résiduaires urbaines, thèse de doctorat, école doctorale des sciences exactes et de leurs applications, France, 2003.
- **J. Zhang**, Procédé de traitement anaérobie des boues et de valorisation du biogaz, thèse de doctorat, L'institut national polytechnique de lorraine, 2011.
- **L. Saighi**, Etude de l'état sanitaire de la subéraie d'Ouled Bechih. Effet des facteurs biotiques, mémoire de fin d'étude, université mohamed cherif messaadia, souk ahre, 2013
- **M. Aina**, paramètres d'évaluation des impacts environnementaux des dépôts et des centres de stockage de déchets dans les pays en développement, école nationale supérieure d'ingénieur de limoges, France, 2005.
- M. Combe, Comment fonctionne une station d'épuration, article scientifique, site web, <http://www.natura-sciences.com>, 2016.
- **M. Daouda, C. Adanded**, paramètres d'évaluation des impact environnementaux des dépôts et des centres de stockage de déchets dans les pays en développement, Faculté des sciences d'abomey (ENSIL), France, 2010.
- **M. Jean lesne**, Evaluation et gestion des risques liés à *Pseudomonas aeruginosa* dans les établissements de thermalisme, article scientifique, école nationale de la santé publique France, 2004.
- **M. Lundin**, Life cycle assessment of wastewatersystems: Influence of system boundaries and scale on calculated environmental loads. *Environmental Science & Technology*. Vol. 34 (2000), 2000
- **M. Pimor**, Suivi de fonctionnement d'installation de séchage thermique de boues résiduaire urbaines, projet de fin d'étude, université des mines douai France, 2003.
- **M. Vincent**, Établissement de Plans de Prévention des Risques naturels concernant les mouvements différentiels de terrain liés au phénomène de retrait-gonflement des argiles dans le département d'Indre-et-Loire, article scientifique, Service géologique régional Provence-Alpes-Côte-d'Azur, France. , 2005
- **N. Bachmann**, La digestion des boues d'épuration, mémoire de master, Office fédéral de l'énergie OFEN, lyon, **2012**

Référence bibliographique

- **N. Cohen**, Risque hygiénique lié à la présence des Escherichia coli dans les viandes et les produits carnés, article scientifique, institut pasteur Maroc. 2006.
- **N. RAMDANI**, Transformation de la matière organique au cours du co-compostage des boues de station d'épuration et de déchet, thèse de doctorat, université d'oran 1 ahmed ben bella, 2015.
- **O. El hachemi** , Traitement des eaux usées par lagunage en milieu désertique (OASIS DE FIGUIG) : performances épuratoires et aspectoplanctonique , Thèse de doctorat, Université Mohammed Premier, Oujda- Maroc,2012
- **P. Fabiel**, Etude de la biodégradabilité de boues secondaires soumises à un traitement thermique à 65°C et du couplage digestion anaérobie et digestion thermophile aérobie pour la réduction de boues, thèse de doctorat, l'institut national des sciences appliquées de Toulouse, France. 2009
- **P. Knoepfe**, Guide des outils d'évaluation de projets selon le développement durable, article scientifique, Département fédéral de l'environnement et des transports de l'énergie et de la communication, France,2008
- **R. Albrecht**, Co-compostage de boues de station d'épuration et de déchets verts, thèse de doctorat, université Paul cezanne aix-marseille III, 2007.
- **R. Garnier**, Les effets du plomb sur la santé, article scientifique, direction de la gestion des risques des milieux, paris ,2002.
- **R. Samson**, Pollution et dépollution des nappes d'eau souterraine, article scientifique, Institut National de Recherche et Securite, France, 2002.
- **S. Amir**, Contribution à la valorisation de boues de stations d'épuration par compostage : devenir des micropolluants métalliques et organiques et bilan humique du compst, institut national polytechnique de toulouse, France, 2005
- **S. Ati**, Etude de l'effet des boues résiduelles sur sol cultivé, mémoire de magistère, université de hadj lakhdar, batna, 2010.
- **S. Marzougui**, Transfert de composés organo-chlorés depuis une zone source localisée en zone non saturée d'un aquifère poreux vers l'interface sol-air : expérimentations et modélisations associées, thèse de doctorat, université de Strasbourg, France, 2013
- **S. Renou**, Analyse de cycle de vie appliquée aux systèmes de traitement des eaux usées. thèse de Doctorat, Institut National Polytechnique de Lorraine. Nancy, 2006.

Référence bibliographique

- **R. Salahdine**, Caractérisation physico-chimiques et valorisation des boues résiduelles urbaines pour la confection de substrat de culture en pépinière hors-sol, mémoire de magistère, université hadj lakhder, batna ,2011 .
- **Z. Feddane**, Valorisation des boues de la station d'épuration de complexe GP1/Z EN ENGRAIS, mémoire de master, Université des Sciences et Technologie d'Oran Mohamed Boudiaf, 2014.