

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



Département Maîtrise des Risques Industriels et Environnementaux
(MRIE)

Mémoire de projet de fin d'études pour l'obtention
du diplôme d'Ingénieur d'Etat en
QHSE-GRI

Application de la démarche ACV pour
l'industrie de tannerie MEGA Batna

Aymene GUEDJIBA

Sous la direction de

Pr. A. CHERGUI et Pr. Dj. HARIK

Présenté et soutenu publiquement le : 21/06/2018

Composition du jury :

Président	Mr. Mohammed BOUBAKEUR	Maitre-assistant A, ENP
Rapporteurs	Mr. Abdelmalek CHERGUI	Professeur, ENP
	Mme Djamila HARIK	Professeur, ENP
Examineur	Mr. Aboubaker KERTOUS	Maitre-Assistant A, ENP

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



Département Maîtrise des Risques Industriels et Environnementaux
(MRIE)

Mémoire de projet de fin d'études pour l'obtention
du diplôme d'Ingénieur d'Etat en
QHSE-GRI

Application de la démarche ACV pour
l'industrie de tannerie MEGA Batna

Aymene GUEDJIBA

Sous la direction de

Pr. A. CHERGUI et Pr. Dj. HARIK

Présenté et soutenu publiquement le : 21/06/2018

Composition du jury :

Président	Mr. Mohammed BOUBAKEUR	Maitre-assistant A, ENP
Rapporteurs	Mr. Abdelmalek CHERGUI	Professeur, ENP
	Mme Djamila HARIK	Professeur, ENP
Examineur	Mr. Aboubaker KERTOUS	Maitre-Assistant A, ENP

Dédicaces

Je dédie ce modeste travail, à mes chers parents, pour leur tendre encouragement, et leurs grands sacrifices. Aucune dédicace ne pourrait jamais exprimer mon respect et mes profonds sentiments envers eux. Je prie le Bon Dieu de les bénir et de veiller sur eux, en espérant qu'ils seront toujours fiers de moi.

A mon petit frère Anes et tous les membres de la famille,

A Mohamed, Ismail, Omar et tous mes amis

Remerciements

La réalisation de ce mémoire a été possible grâce à ALLAH le tout puissant, pour le courage et la patience qu'il m'a donné pour accomplir ce travail.

Je souhaiterais adresser mes remerciements les plus sincères aux personnes qui m'ont apporté leur aide et qui ont contribué à l'élaboration de ce mémoire. Mes profonds remerciements s'adressent à mes encadrants ; Madame HARIK Djamila, Professeur à l'ENP et Monsieur CHERGUI Abdelmalek Professeur à l'ENP qui se sont toujours montrés disponibles et à l'écoute tout au long du travail. Je vous remercie aussi pour vos conseils. Veuillez trouver ici, l'expression de ma gratitude et ma grande estime.

Ma profonde gratitude et chaleureux remerciements s'orientent vers Monsieur ZEREG Farid, Responsable du département HSE de l'entreprise MEGA-Batna pour ses judicieux conseils et son support permanent, ainsi que tout le personnel de la Mégisserie Aurassienne de Batna qui ont su m'orienter par leurs conseils tout au long de ce travail.

Mes remerciements s'adressent aux membres du jury ; Mr BOUBAKEUR Mohamed MAA à l'ENP qui a bien voulu présider ce jury, à Mr KERTOUS Aboubaker, MAA à l'ENP, pour avoir bien voulu examiner ce travail. Vous me faites un grand honneur en acceptant de juger ce travail.

Je dois aussi un remerciement à tous les enseignants de la filière QHSE-GRI qui m'ont fourni les outils nécessaires à la réussite de mes études universitaires.

Une pensée particulière est adressée aux étudiants de ma promotion qui m'ont côtoyé quotidiennement durant mes années d'études au département en m'apportant leurs supports moral et intellectuel tout au long de ce cycle de formation.

Enfin, je tiens à remercier chaleureusement tous mes proches, amis et tous ceux qui, de près ou de loin, m'ont toujours soutenus et encouragés au cours de la réalisation de ce mémoire, pour leur confiance, leur support inestimable et leur sollicitude. À toutes ces personnes, je présente mes remerciements, mon respect et ma gratitude.

ملخص

تعتبر صناعة الدباغة وسيلة واعدة لاقتصاد العديد من البلدان ، ولكن آثارها البيئية تشكل قيدا وتحديا يتعين مواجهته يوميا.

هذه الرسالة مكرسة لتحقيق دراسة تحليل دورة الحياة (LCA) لمذبغة الأوراس (MEGA-Batna) .

يتكون العمل من جزأين رئيسيين: جزء نظري ، يتعامل مع العموميات حول صناعة الدباغة وتحليل دورة الحياة. والجزء الثاني ، مخصص لتطوير دراسة LCA لمذبغة الأوراس (MEGA-Batna) .

الكلمات المفتاحية: تحليل دورة الحياة ، تحليل دورة الحياة ، المدبوغات ، التأثير البيئي ، الكروم

Abstract

The tannery industry is a promising avenue for the economy of several countries, but its environmental impacts are a constraint and a challenge to be met daily.

This thesis is dedicated to the realization of a Life Cycle Analysis (LCA) study for the Aurassian Tannery (MEGA-Batna).

The work is composed of two main parts: a theoretical part, dealing with generalities on the tanning industry and Life Cycle Analysis. And a second part, dedicated to the development of a LCA study for the Aurassian Tannery (MEGA-Batna).

Key words: Life Cycle Analysis, LCA, Tannery, environmental impact, Chromium

Résumé

L'industrie de tannerie est un axe prometteur de l'économie de plusieurs pays, toutefois, ces industries peuvent générer des impacts sur l'environnement constituant ainsi une contrainte et un défi à relever quotidiennement.

Ce mémoire est dédié à la réalisation d'une étude d'Analyse de Cycle de Vie (ACV) pour la Mégisserie Aurassienne MEGA-Batna.

Le travail est composé de deux parties principales : une partie théorique traitant des généralités sur l'industrie de tannage et l'Analyse de Cycle de Vie et une deuxième partie à l'élaboration d'une ACV pour la Mégisserie Aurassienne MEGA- Batna.

Mots Clés : Analyse de Cycle de Vie, Tannerie, impact environnemental, Chrome

Table des matières

Liste des tableaux

Liste des figures

INTRODUCTION GENERALE.....	10
Chapitre 1 : PRESENTATION DE L'ENTREPRISE	13
1.1. Introduction	13
1.2. Présentation de l'entreprise	13
1.3. Processus de fabrication du cuir	15
1.3.1. Section rivière	15
1.3.2. Section Tannage	18
1.3.3. Section RNTN Retannage	21
1.3.4. Section Corroyage	22
1.3.5. Section Finissage.....	22
1.4. Station du traitement des rejets liquides	23
1.4.1. Description du procédé de traitement des eaux de la tannerie de Batna	24
1.4.2. Prétraitement :	24
1.4.3. Traitement de désulfuration :	24
1.4.4. Volume d'eau traité	24
1.5. Conclusion	25
Chapitre 2 : GENERALITES SUR L'ANALYSE DE CYCLE DE VIE	27
2.1. Historique	27
2.2. Définition de l'ACV	27
2.3. Phases de déroulement d'une étude ACV	28
2.3.1. Définition des objectifs et du champ d'étude.....	28
2.3.2. Réalisation de l'inventaire.....	30
2.3.3. Analyse des impacts environnementaux	30
2.3.4. Interprétation	38
2.4. Conclusion	38
Chapitre 3 : APPLICATION DE L'ACV SUR LA TANNERIE MEGA BATNA.....	41
3.1. Introduction	41
3.2. Méthodologie du travail.....	41
3.2.1. Objectifs de l'étude et définition du champ d'étude	41
3.2.2. Réalisation de l'inventaire.....	43
3.2.3. Evaluation des impacts environnementaux	44

3.3. Cas du procédé avec STEP :.....	46
3.3.1. Processus de fabrication du cuir - Procédé avec STEP	46
3.3.2. L'Acidification	46
3.3.3. Eutrophisation	48
3.3.4. Santé Humaine	49
3.3.5. Effets respiratoires.....	52
3.3.6. Formation photochimique d'Ozone	54
3.4. Cas du procédé sans STEP : Unité de tannerie sans station de traitement des effluents liquides.....	55
3.4.1. Processus de fabrication du cuir - Procédé sans STEP	56
3.5. Comparaison des deux procédés avec et sans STEP	58
3.5.1. Conclusion.....	60
Chapitre 4 : SOLUTION ALTERNATIVE AUX SELS DE CHROME COMME AGENT TANNANT.....	62
4.1. Introduction	62
4.2. Calcul de l'inventaire.....	63
4.3. Comparaison entre les impacts environnementaux des deux procédés :.....	63
4.4. Conclusion	65
5. CONCLUSION GENERALE	67
Références Bibliographique	69
ANNEXE	72
1. Annexe A : Réalisation de l'inventaire.....	72
1.1. Section rivière	72
1.2. Tannage et Retannage	73
1.3. Corroyage et Finissage	75
2. Annexe B : Données pour Logiciel (sortie).....	76

Liste des tableaux

Tableau 3-1 : Impact dû à la section corroyage et finissage et aussi aux substances qui sont à l'origine de la pollution.	47
Tableau 3-2 : Résultats de catégorie d'impact "Eutrophisation" - Procédé avec STEP	49
Tableau 3-3 : Résultats de catégorie d'impact "Santé humaine- cancérogène" - Procédé avec STEP.....	50
Tableau 3-4 : Résultats de catégorie d'impact "Santé humaine- Non cancérigène" - Procédé avec STEP	52
Tableau 3-5 : Résultats de catégorie d'impact "Effets respiratoires" - Procédé avec STEP	53
Tableau 3-6 : Résultats de catégorie d'impact "Formation photochimique d'Ozone" - Procédé avec STEP	55
Tableau 3-7 : Récapitulatif des impacts du Procédé avec STEP.....	55
Tableau 3-8 : Quantification des impacts par catégorie (Procédé sans STEP)	57
Tableau 3-9 : Récapitulatif des impacts du Procédé sans STEP	57
Tableau 3-10 : Comparaison des impacts générés par les deux procédés avec et sans STEP .	58
Tableau 3-11 : Résultats de l'étude ACV par catégorie d'impact pour les procédés avec et sans STEP.....	59
Tableau 4-1 : Pourcentage des produits chimiques en fonction de la masse des peaux vertes	63

Liste des figures

Figure 1-1 : Plan de l'unité de production MEGA BATNA	14
Figure 1-2 : Section rivière	17
Figure 1-3 : Section tannage	21
Figure 2-1 : Cadre méthodologique de l'ACV, d'après la norme	28
Figure 2-2: Détermination des processus élémentaires et limites du système	30
Figure 2-3 : Procédures simplifiées de l'inventaire	31
Figure 2-4 : Définition de la notion d'impact potentiel	33
Figure 2-5 : Chaîne de cause à effet d'un impact environnemental	34
Figure 2-6 : Positionnement des méthodes midpoint et endpoint sur la chaîne de cause à effets	35
Figure 2-7 : Schéma de l'analyse d'impact du cycle de vie	37
Figure 3-1 : Cycle de vie du cuir.....	43
Figure 3-2 : Représentation graphique des procédés de fabrication du cuir "Procédé avec STEP"	46
Figure 3-3: Contribution des processus dans la catégorie "Acidification" - Procédé avec STEP	47
Figure 3-4: Contribution des processus dans la catégorie "Eutrophisation" - Procédé avec STEP.....	48
Figure 3-5 : Contribution des processus dans la catégorie "Santé humaine - cancérigène" - Procédé avec STEP	50
Figure 3-6 : Contribution des processus dans la catégorie "Santé humaine - Non cancérigène" - Procédé avec STEP	51
Figure 3-7 : Contribution des processus dans la catégorie "Effets respiratoires" - Procédé avec STEP.....	53
Figure 3-8 : Contribution des procédés dans la catégorie d'impact "Formation Photochimique d'Ozone" - Procédé avec STEP	54
Figure 3-9 : Représentation graphique des procédés de fabrication du cuir "Procédé sans STEP"	56
Figure 3-10 : Résultats relatifs des études ACV	59
Figure 4-1 : Impact Santé humaine - cancérogènes pour les deux les types de tannage	64
Figure 4-2 : Résultats de la comparaison des deux types du tannage	65

INTRODUCTION GENERALE

INTRODUCTION GENERALE

Les problématiques environnementales sont devenues la polémique de la société afin de limiter les impacts liés à l'activité humaine. L'hypothèse d'une croissance infinie basée sur l'utilisation de ressources finies est largement remise en cause depuis plusieurs décennies. Les activités humaines basées sur un mode de vie consumériste mettant en place des procédés de production non optimisés et négligeant le retraitement encourage l'épuisement des ressources et diminue davantage la capacité de l'environnement à absorber ses effets.

Les méthodes d'évaluation environnementales sont multiples de nos jours. Depuis la constatation des premières dégradations de l'environnement, les politiques de remédiation sont mises en place, se concentrant sur chaque site d'activité, par exemple sur une usine. On pouvait alors parler « d'approche orientée processus » (*processus-oriented*), telles que le sont les analyses de risque.

Les politiques orientées processus ont permis la résorption des situations à risque, notamment sur les sites industriels, or l'ensemble des pollutions n'est pas pris en compte par ce genre d'approches. En effet, ce type de démarche ne permet pas d'identifier d'éventuels transferts de pollution, ni d'un site à un autre ni d'une étape à une autre. Des approches complémentaires ont donc vu le jour, dites « approches orientées produit » (*product-oriented*), prenant en compte l'intégralité du cycle de vie d'un produit ou d'un service (c'est-à-dire considérant l'intégralité des étapes liées à la production, l'utilisation et la fin de vie d'un produit). L'Analyse de Cycle de Vie (ACV) fait partie de ces dernières méthodes (en anglais « Life Cycle Assessment » (LCA)).

L'Analyse de Cycle de Vie (ACV) est un outil d'évaluation des impacts environnementaux. Il s'agit d'un outil robuste, souvent utilisé en écoconception. Il prend en compte des impacts globaux, à toutes les étapes du cycle de vie d'un produit, « du berceau à la tombe » [1].

Le secteur du tannage joue un rôle très important dans l'économie de plusieurs pays. Il fournit la matière première indispensable à toutes les industries du cuir connectées (production de sacs à main, de chaussures, de ceintures, etc.).

Actuellement, le secteur des tanneries se trouve face à de nouveaux défis, notamment celui de minimiser son impact sur l'environnement en jugeant ses méthodes de production d'un nouveau point de vue ; il doit détecter ses inefficacités et se rendre compte qu'on peut aussi réaliser des bénéfices supplémentaires en réduisant la génération de la pollution.

La Mégisserie Aurassienne (MEGA) de Batna, Société affiliée au Groupe des Industries du Cuir, « Leather Industry », située dans la zone industrielle de Batna, développe depuis 1973, une large gamme de cuirs ovins et caprins fabriqués à partir du traitement de peaux-brutes d'origine locale. Cette activité génère des rejets très pollués, ils contiennent des colloïdes protéiques, des graisses et des tanins, des débris de chair et des poils, des colorants, ainsi que des éléments toxiques tels que les sulfures et le chrome [2].

L'analyse de cycle de vie (ACV) est un outil d'analyse visant à inventorier les flux environnementaux (dits "élémentaires") et les impacts potentiels associés à un produit qui dans notre cas s'agit du mètre carré de peau produit par l'unité de mégisserie tout au long d'une partie de son cycle de vie. Cet outil a été appliqué dans un but comparatif entre deux processus de fabrication dont l'un prend en considération le volet traitement et récupération des éléments toxiques.

L'analyse de cycle de vie est un processus itératif constitué de quatre étapes principales, nous citons :

- 1) Objectifs et champ de l'étude
- 2) Inventaire et analyse de l'inventaire
- 3) Evaluation de l'impact
- 4) Interprétation des résultats.

Le travail est subdivisé en deux parties :

La première partie de ce travail est consacrée à une synthèse bibliographique, constituée de deux chapitres :

- Une présentation de l'entreprise MEGA Batna avec ses différentes phases du procédé du tannage ainsi que les différentes matières premières utilisées.
- Des généralités sur la méthode d'Analyse du Cycle de Vie (ACV) : Ce chapitre comportera un bref historique sur l'apparition et l'évolution de la méthode, ainsi que la démarche globale de conduite d'une étude ACV.

La deuxième partie portera sur l'application de la méthode ACV sur l'unité de fabrication du cuir MEGA Batna. L'étude est réalisée en trois étapes :

1. Quantification des impacts environnementaux de l'unité de fabrication du cuir avec et sans unité de traitement des effluents liquides (STEP) par la méthode ACV.
2. Etude comparative des impacts environnementaux générés par l'unité.

Cette démarche nous permettra de prendre conscience de la situation de l'unité MEGA Batna et de l'ampleur de la pollution générée par son activité.

Dans la troisième partie de ce travail, nous avons proposé des solutions pour réduire l'impact environnemental de l'unité MEGA Batna. Une étude comparative des impacts a été réalisée entre le procédé actuel de l'unité (utilisation du chrome comme agent tannant) et un procédé innové qui consiste à l'utilisation de Titanium (sulfate de titanyle) pour le tannage des peaux.

Et à la fin, conclusion générale et perspective.

Chapitre 1

PRESENTATION DE L'ENTREPRISE

Chapitre 1 : PRESENTATION DE L'ENTREPRISE

1.1. Introduction

La tannerie est l'ensemble des opérations visant à transformer les cuirs et peaux bruts, matière extrêmement putrescible, en une matière stable, le cuir, qui sert ensuite à la fabrication de toutes sortes de produits. Le processus consiste en une suite d'opérations de nature chimique et mécanique complexes, parmi lesquelles il faut distinguer l'étape fondamentale du tannage, qui donne au cuir sa stabilité et ses propriétés essentielles [3].

Les procédés mis en place dans les unités de tannage sont multiples. Pour que le produit final soit prêt, il doit passer par des opérations qui peuvent se regrouper en quatre grandes catégories :

- Les opérations de stockage des peaux et le travail de rivière,
- Les opérations de tannage,
- Les opérations de corroyage
- Et les opérations de finissage.

Dans le présent chapitre, nous allons présenter la Mégisserie Aurassienne (L'EPE/SPA MEGA BATNA) ainsi que les différentes étapes de production.

1.2. Présentation de l'entreprise

L'EPE/SPA MEGA BATNA (Mégisserie Aurassienne), est sise à la zone industrielle de Batna, faisait partie de l'entreprise Nationale des Peaux et Cuirs-ENIPEC, issue elle-même de la restructuration organique de la SONIPEC en 1982.

L'entreprise a été réalisée dans le cadre du plan quadriennal 1970-1973 en vue de transformer les peaux caprines pour les besoins de l'industrie de la chaussure, vêtement et maroquinerie ; elle a démarré en 1973 avec une capacité nominale de 5000 peaux par jour pour atteindre 7000 peaux en 1983.

La Mégisserie Aurassienne MEGA-BATNA, filialisée en Janvier 1998, actuellement avec un capital social de 120 000 000,00 DA sous l'égide du Groupe Leather Industry ; traite à la fois les peaux ovines et caprines, avec une capacité journalière de 1800 peaux ovines et 2500 peaux caprines, pour un effectif total de 100 à 110 employés.

L'activité principale de L'EPE/SPA MEGA BATNA consiste à la fabrication des cuirs semi-finis, destinés à l'exportation et des cuirs finis destinés pour le marché national (pour les entreprises de confection de vêtements, de fabrication de la chaussure et de la maroquinerie).

L'unité MEGA est implantée dans la zone industrielle de Batna sur une superficie totale de 51 272 m², dont 17 712 m² surface bâtie et 33560 m² parking-servitudes et aires de stockage. Elle est délimitée :

- **Au nord** : par un chemin secondaire allant vers la zone industrielle ;
- **Au sud** : par le parc Communal et un chemin secondaire ;
- **A l'est** : par Oued El Gourzi ;
- **A l'ouest** : par un chemin secondaire allant vers la zone industrielle.

Elle est composée de différentes infrastructures et qui sont mentionnées dans la Figure 1-1



Figure 1-1 : Plan de l'unité de production MEGA BATNA

1.3. Processus de fabrication du cuir

1.3.1. Section rivière

a) Conservation

Cette étape est nécessaire pour prévenir la détérioration des peaux ou des cuirs jusqu'au moment où le tanneur est prêt à les traiter et à les transformer en cuir fini. La plupart du temps, les techniques de conservation, permettant de conserver les peaux vertes et d'empêcher la croissance des bactéries, repose sur une ou plusieurs méthodes suivantes :

1. Réfrigération
2. Séchage
3. Salinage
4. Salage Humide
5. Salage Sec
6. Décapage
7. Substances Chimiques.

Matières entrantes	Matières Sortantes
Des cuirs ou des peaux fraîchement écorchés.	Des cuirs ou des peaux salées

b) Découpage Préliminaire

La trempe est un découpage préliminaire, qui permet d'éliminer les queues et les pattes toujours présents sur les cuirs et les peaux à traiter.

Matières entrantes	Matières Sortantes
Des cuirs ou des peaux conservés et non-découpés.	Peaux vertes découpées déchets organiques solides Chlorure de sodium

c) Lavage

Avant l'étape de trempe, on effectue le lavage pour s'assurer que les stocks de cuirs ou de peaux ont bien été débarrassés des déchets, du sang, des excréments etc...

L'opération de lavage s'effectue dans un conteneur rempli d'eau. L'eau peut être changée plusieurs fois et l'opération peut demander plusieurs lavages en fonction du matériel utilisé et de l'état des peaux vertes.

Matières entrantes	Matières Sortantes
Eau	Peaux vertes nettoyées
Cuirs ou peaux trempés ou fraîchement écorchés.	Eaux résiduaires.

d) Trempe

L'objectif principal de cette étape est d'inverser l'opération de salage en réhydratant, nettoyant et préparant les peaux vertes à accepter les différents agents chimiques et non-chimiques qui seront ajoutés à des stades ultérieurs.

Une fois les cuirs dénombrés, toute l'opération s'effectue généralement dans des coudreuses remplies d'eau. En raison de conditions variées, le temps et la température nécessaires à cette opération dépendent principalement de la méthode de salage du stock préalablement utilisée (le temps de trempe des peaux salées sèches sera plus long, environ 72 heures, que celui des cuirs salés humides -24 heures si on utilise des tambours). Les peaux vertes doivent être réhydratées et débarrassées de toutes sortes de déchets, du sang, ou des protéines non-structurelles. Si on veut que les peaux vertes se détendent complètement, l'opération de trempe doit être correctement réalisée. Dans le cas contraire, la pénétration des substances chimiques aux stades suivants serait inégale, affectant donc la qualité finale du cuir.

Matières entrantes	Matières Sortantes
Eau	Cuirs ou peaux conservés
Cuirs ou peaux conservés	Eaux résiduaires remplies d'impuretés et de déchets

e) Chaulage

L'étape du chaulage fait également partie des opérations consommant de l'eau effectuées pour le tannage du cuir. A ce stade, les peaux vertes sont normalement complètement propres. Cependant, il reste encore à éliminer la totalité de la laine (ou du poil, selon les animaux concernés) avant de procéder à l'opération de tannage. On réalise donc le chaulage, opération qui consiste à supprimer les bulbes pileux, l'épiderme et les poils, pour nettoyer la couche de grain dont on aura besoin pour les étapes suivantes.

Lors du chaulage, on mélange les peaux vertes avec diverses substances chimiques alcalines qui attaquent la kératine, provoquant un gonflement des peaux et entraînant la chute des poils ou leur dissolution.

La chaux cause principalement deux effets physiques importants : le gonflement osmotique et le gonflement lyotropique. Après cette opération, la peau est gonflée et gorgée d'eau ; les flocons de fibre s'ouvrent, ce qui permet une pénétration maximale des matières tannante [4].

Matières entrantes	Matières Sortantes
Cuir Trempés et Découpés	Peaux Vertes (Cuir chaulés)
Eau	Eaux Résiduaires
Sulfure de Sodium	
Sulfhydrate de sodium	
Chaux	

f) Echarnage à la Chaux et Découpage

Les graisses et tissus toujours collés au côté interne de la peau doivent être éliminés pour permettre une meilleure pénétration des agents chimiques lors des étapes ultérieures. Il est recommandé, pour cette opération, de faire entrer l'eau côté chair, parce qu'il possède une plus grande capacité d'absorption que le côté épiderme ou le côté poil. De plus, l'opération d'écharnage élimine tous les derniers bulbes pileux qui ne sont pas tombés après le chaulage.

L'opération peut être réalisée à l'aide d'un écharnoir.

Après cette étape, il faut procéder à un découpage supplémentaire, pour éliminer les bords rugueux et les sections de peaux vertes non désirées.

Matières entrantes	Matières Sortantes
Peaux Vertes	Peaux Vertes Echarnées
	Déchets Solides

La **Figure 1-2** montre une photo de l'étape de la section rivière [5].



Figure 1-2 : Section rivière

1.3.2. Section Tannage

a) Déchaulage et Confit

Le déchaulage permet de réduire la forte alcalinité des peaux vertes après le chaulage, On utilise des sels d'ammonium (chlorures et sulfates) pour neutraliser la teneur en chaux, ce qui provoque un dégonflement des peaux vertes. Cette réduction du niveau de pH rendra aux cuirs ou aux peaux toute leur épaisseur d'origine. Parallèlement au déchaulage, on procède à une autre opération, le confit, qui a lieu dans la coudreuse.

Dans l'opération de confit, on ajoute des enzymes qui vont digérer et dissoudre la totalité des dernières protéines non-structurelles. Cette opération désobstrue les cavités à l'intérieur de la matrice du cuir, qui peut alors recevoir des matières de charges et des matières tannantes ; le confit va améliorer les caractéristiques de finissage du produit fini en lui donnant une texture plus souple.

Matières entrantes	Matières Sortantes
Peaux Vertes	Peaux Vertes Dégonflées
Eau	Eaux Résiduaires
Sels d'Ammonium	
Enzyme Pancréatique	

b) Dégraissage

L'étape de déchaulage et de confit est suivie d'un dégraissage pour le cas des cuirs de mouton. La graisse des peaux vertes grasseuses est éliminée pour empêcher la formation de savons de chrome et d'efflorescences grasseuses lors des opérations ultérieures. Cette étape peut aussi être utilisée dans le cas des cuirs bovins, ce qui améliore l'uniformité des teintures.

Matières entrantes	Matières Sortantes
Peaux Vertes	Peaux Vertes Dégraissées
Eau	Eaux Résiduaires
Solvants (rare)	
Agents Tensioactifs ou Emulsifiants	

c) Picklage

Le décapage est la dernière étape consommant de l'eau avant le tannage au chrome ; Elle est nécessaire pour les raisons suivantes :

- Le décapage est une étape préliminaire au tannage, nécessaire pour équilibrer le niveau de pH des peaux ou des cuirs ; il stérilise le stock après le confit. De plus, cette opération

permet une meilleure absorption des matières tannantes qui seront ajoutées aux étapes suivantes.

- Cette opération permet également de conserver les cuirs.

Elle s'effectue dans des foulons ou des moulinets, en mélangeant de l'eau, des sels et des acides (sulfurique, formique, ou une combinaison).

Matières entrantes	Matières Sortantes
Peaux Vertes	Eaux Résiduaires
Eau	Peaux Vertes Décapées
Sel	
Acide Formique	
Acide Sulfurique	

d) Tannage

A ce stade, les cuirs ou les peaux sont traités avec des agents minéraux ou végétaux (mélangés au collagène). En fonction du produit fini souhaité, les techniques les plus couramment utilisées pour la transformation des peaux vertes en cuir sont le tannage au chrome ou le tannage végétal.

e) Le tannage au chrome

On obtient du cuir tanné au chrome en utilisant des sels de chrome solubles, essentiellement du sulfate de chrome. Aujourd'hui, le tannage au chrome est l'une des techniques les plus couramment utilisées, en raison de sa qualité et de sa vitesse d'exécution supérieure à celle du tannage végétal.

Le tannage au chrome stabilise la structure collagène des cuirs et des peaux et leur transmet leurs propriétés fondamentales. On utilise les sels de chrome trivalent pour produire du cuir vert/bleu pâle, plus résistant à la chaleur. Le produit fini, appelé « wet blue », sert principalement de matière première pour les articles en cuir, ainsi qu'à la fabrication des vêtements, des tiges de chaussures et des cuirs industriels.

f) Le tannage végétal

On obtient du cuir tanné végétal en utilisant des matières végétales dérivées de l'écorce d'arbre et de diverses autres plantes. Le cuir produit de couleur brune sert principalement à la fabrication des semelles de chaussures et des articles en cuir.

Le tannage végétal, utilisé au cours des siècles passés, a été totalement supplanté par le tannage au chrome. Cependant, on l'utilise encore pour la fabrication des semelles, des selles et des cuirs spéciaux. Le tannage végétal est une longue opération qui peut durer 15 jours.

Le tannage végétal étant aujourd'hui considéré comme plus écologique, on l'utilise également dans la production de revêtement de voiture.

Matières entrantes	Matières Sortantes
Tannage au Chrome	
Peaux Vertes	Cuir Tanné au Chrome (wet-blue)
Eau	Eaux Résiduaire
Sels de Chrome	
Formiate de Sodium	
Bicarbonate	
Tannage Végétal	
Mimosa16 ou autres tannins	Cuir Tanné Végétal
Quebracho	Eaux Résiduaire
Châtaigne	

g) Essorage

Après le tannage, on passe le cuir dans uneessoreuse (rouleaux pressurisés) pour éliminer tout excès d'humidité. Cette étape essore le cuir mais celui-ci reste néanmoins assez humide pour la suite des opérations. Cependant, on effectuera une opération complète de séchage lors des stades ultérieurs, à l'aide d'aspirateurs.

Matières entrantes	Matières Sortantes
Cuir Tanné	Cuir Tanné (moins humide)
	Eaux Résiduaire

h) Drayage

Le drayage est nécessaire pour deux raisons :

- La surface du cuir présente des épaisseurs différentes selon les parties de l'animal ; le drayage va permettre de les égaliser.
- Toutes les différences d'épaisseur constatées après le refendage sont corrigées par le drayage.

En fonction du produit fini souhaité et des produits à fabriquer, il est possible d'ajuster l'épaisseur du drayage aux besoins du client.

La **figure 1-3** montre l'étape de la section tannage [5].



Figure 1-3 : Section tannage

1.3.3. Section RNTN Retannage

Au cours de cette étape, on procède à des opérations qui donneront au cuir ses propriétés physiques finales (texture, résistance...) les principales étapes sont :

a) La Neutralisation

Cette étape permet d'éliminer les acides libres toujours présents dans le cuir tanné. Toutefois, cette étape n'est pas obligatoire et la neutralisation s'effectue en fonction de la qualité du produit fini souhaitée.

b) Le Blanchissage

Il s'effectue dans le cas de cuirs tannés végétaux, pour éliminer les tâches et empêcher l'oxydation des tannins de surface.

c) Le Retannage

On effectue cette opération pour produire un type de cuir spécifique aux propriétés généralement exigées pour le cuir en croûte. On procédera au retannage pour améliorer le toucher, l'épaisseur et le maniement du cuir ainsi que sa résistance à l'alcali et à la transpiration, et pour aider à la production des cuirs chagrins...

d) La Teinture

Elle consiste à ajouter les agents tinctoriaux choisis (tannants acides, anioniques, cationiques, réactifs, au soufre, etc.) pour donner au cuir sa nuance finale.

e) Le Graissage

On procéda au graissage de manière à donner au cuir une douceur extrême. De plus, le graissage va affecter un certain nombre de propriétés physiques supplémentaires : l'élasticité du cuir, sa résistance à la rupture, sa mouillabilité, son imperméabilité, etc.... [4].

1.3.4. Section Corroyage

Une série d'opérations mécaniques qui sert à la préparation du cuir pour le finissage.

a) Le Séchage

Pour cette opération de séchage du cuir, diverses techniques sont utilisées, indépendamment les unes des autres ou – parfois – conjointement : séchage à l'air avec/sans énergie, séchage à l'eau chaude, séchage à la vapeur d'eau, séchage par infrarouge, par aspiration, par haute fréquence, etc...

b) Foulonnage à Sec

Opéré pour certains articles nécessitant une certaine souplesse.

c) Cadrage

Les cuirs sont tendus sur des tôles perforées aux moyens des pinces traversant un tunnel chaud et ventilé.

La **figure 1-4** montre l'étape de la section corroyage [5].

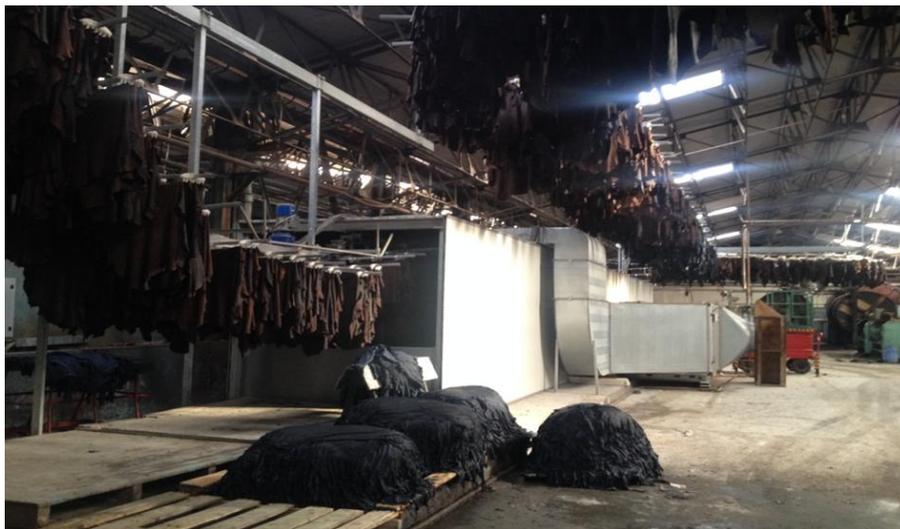


Figure 1-4 : Section corroyage

1.3.5. Section Finissage

La section finissage comprend :

a) Finissage

Il s'agit de donner au cuir un aspect de surface convenable avec des propriétés conformes à son utilisation.

b) Pigmentation

Sert à appliquer une préparation constituée de pigment, plastifiant, résine, laque et cire.

c) Satinage

Opération mécanique qui sert à conférer au cuir un aspect brillant et aplatir la surface.

d) Fixation

Sert à fixer les produits employés précédemment.

e) Classement final

Le cuir est classé en choix différents.

f) Piétage

Sert à déterminer la surface de chaque pièce par une piéteuse électronique.

La **figure 1-5** montre l'étape de la section finissage [5].



Figure 1-5 : Section finissage

1.4. Station du traitement des rejets liquides**1.4.1 Historique et création**

Depuis 1973 la tannerie-mégisserie rejette ses eaux sans épuration ; suite à l'apparition de la loi relative à la protection de l'environnement N83-03 du 05-02-1983, parue dans le journal officiel le 08-02-1983, l'unité a été amenée à s'équiper d'une station d'épuration qui est maintenant installé par la société française ERPAC.

En plus de l'épuration des eaux résiduaires de l'unité, la station est destinée à alléger le travail de la station d'épuration des eaux de la ville de Batna. La station est fonctionnelle depuis Octobre 1989 et les eaux épurées sont rejetées directement dans l'oued gourzi.

L'eau résiduaire de l'unité contient des concentrations importantes de matière en suspension, et de matière organique, une teneur en sels dissous, une teneur élevée en chrome et en sulfure et un pH varie entre 6 et 13.

Ces eaux usées subissent un traitement physico-chimique avant d'être rejetés dans le milieu récepteur, l'installation d'épuration implique en elle-même l'élimination de la plupart des composées toxiques.

1.4.1. Description du procédé de traitement des eaux de la tannerie de Batna

Les eaux de fabrication de MEGA/Batna sont évacuées selon deux réseaux :

- Réseau de l'atelier de rivière ;
- Réseau de l'atelier de tannage et retannage.

1.4.2. Prétraitement

a) Dégrillage primaire

Les eaux usées s'écoulent par gravité dans un chenal et traversent successivement une grille à barreaux espacées de 50 mm puis une autre espacées de 30 mm.

Les rejets traversent ensuite un dégrilleur Aqua-Gard à nettoyage automatique avant de rejoindre une fosse de dessablage.

Cette étape a pour but :

- D'éliminer les déchets volumineux.
- De protéger la station et ses équipements.

b) Dessablage

Le sable et les impuretés à densité élevée se déposent au fond de la fosse de réception des effluents. La fosse est vidangée et nettoyée périodiquement.

1.4.3. Traitement de désulfuration

La désulfuration des eaux s'effectue dans un bassin de capacité 150 m³. Les effluents des ateliers de pré-trempe, trempe et pelanage sont désulfurés par oxydation catalytique par l'air et en présence du sulfate de manganèse comme catalyseur. La durée de la réaction d'oxydation est de l'ordre de 6 heures.

1.4.4. Volume d'eau traité

Le dimensionnement d'une station d'épuration est lié au débit journalier d'eau à traité, il est donc indispensable de le connaître avec précision. On constate un débit journalier moyen de 390 m³/j, cette valeur est très proche du volume moyen d'eaux rejetées par les sections rivière et tannage. Cette mesure confirme le surdimensionnement de la station, calculé pour un débit de 500m³/j, par rapport à la capacité de production actuelle de l'unité qui a diminué à la moitié par rapport aux premières années de son fonctionnement.

1.5. Conclusion

L'industrie de tannage est l'ensemble des opérations visant à transformer les cuirs et peaux bruts, en une matière stable, le cuir, qui sert ensuite à la fabrication de toutes sortes de produits.

Le processus de fabrication consiste en une suite d'opérations de nature chimique et mécanique complexes qui donne au cuir sa stabilité et ses propriétés essentielles.

Chapitre 2

GENERALITES SUR L'ANALYSE DU CYCLE DE VIE

Chapitre 2 : GENERALITES SUR L'ANALYSE DU CYCLE DE VIE

Ce chapitre traitera, dans son ensemble, l'analyse du cycle de vie (ACV), historique, définition et la méthodologie d'élaboration d'une étude ACV.

2.1. Historique

L'ACV est apparu à la fin des années 60 par des chercheurs américains, suisses et suédois, de modèles associant utilisation de matériaux bruts et consommation d'énergie avec la production d'un produit. Le développement de ces modèles s'est ensuite accéléré avec la mise en évidence lors de la fondation du Club de Rome en 1972 d'une limite au développement sociétal basée sur des prédictions de disponibilité restreinte des ressources. Parallèlement, l'envie de procéder à des évaluations multicritères, prenant en compte les émissions vers l'eau, l'air et le sol, s'est rapidement fait sentir.

En 1973, avec le choc pétrolier, l'utilisation des approches « bilan » est répandue rapidement se focalisant par conséquent sur les aspects énergétiques en délaissant les autres aspects environnementaux. C'est au milieu des années 80, que l'approche multicritère revient sur le devant de la scène, notamment dans l'analyse des déchets solides. Par son méthodologie exhaustive sur la nature des pollutions et atteintes à l'environnement, l'ACV permet d'éviter toute forme de transfert de pollution.

En 1991, la « Society for Environmental Toxicology And Chemistry » (SETAC) publie un premier rapport définissant le cadre méthodologique de l'ACV [6]. Ce document a permis l'émergence de lignes directrices essentielles à la réalisation d'une ACV.

Les efforts de SETAC ont été réunis à ceux de l'Organisation Internationale de Normalisation (ISO) et le PNUE afin d'élaborer une méthodologie unifiée de l'ACV. La première norme ISO (ISO 14040) dédiée à l'ACV était publiée en 1997, définissant le cadre méthodologique de l'ACV, suivie par une série de normes traitant le même sujet. Elles sont révisées en 2006 et fusionnées par la suite en deux normes : l'ISO 14040 (2006), exposant les principes généraux de l'ACV, et l'ISO 14044 (2006) regroupant le contenu technique destiné aux praticiens

2.2. Définition de l'ACV

Le cadre conceptuel de l'ACV est décrit dans la série des normes ISO 14040-14044. La norme définit l'ACV comme étant « *un outil d'évaluation des impacts sur l'environnement d'un système incluant l'ensemble des activités liées à un produit ou à un service depuis l'extraction des matières premières jusqu'au dépôt et traitement des déchets* » [7]. L'ACV se veut une approche globale : elle est multi-étapes (l'ensemble du cycle de vie associé à la fonction étudiée est considéré), et multicritères (plusieurs catégories d'impact sur l'environnement).

Selon les normes éditées par l'ISO, une ACV se déroule en quatre phases.

1. La première étape est la définition des objectifs et du champ d'étude.
2. La deuxième étape est l'inventaire des émissions et des extractions. Elle consiste à quantifier les émissions polluantes et les extractions de matières premières en lien avec la fonction étudiée.
3. La troisième étape permet d'évaluer les impacts environnementaux des émissions et des extractions inventoriées précédemment.
4. Enfin l'interprétation des résultats est réalisée dans un dernier temps.

La démarche mise en œuvre se veut cyclique et itérative, avec de nombreux retours à chacune des étapes pour affiner les différentes hypothèses en fonction de leur importance sur les résultats de l'étude (figure 2-1) [7].

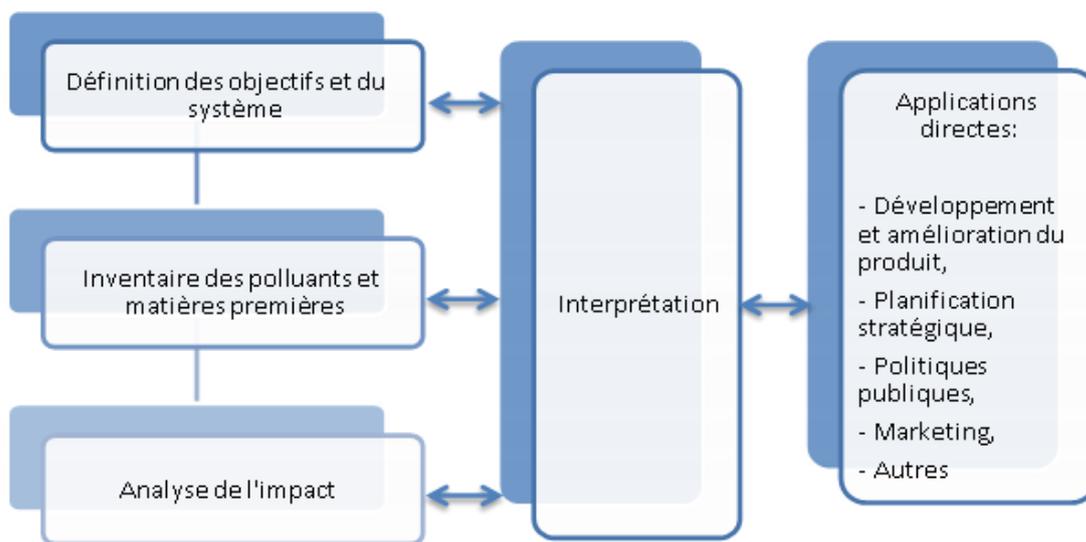


Figure 2-1 : Cadre méthodologique de l'ACV, d'après la norme

L'ACV étant un outil qui traite seulement les impacts environnementaux et ne prend pas en compte les côtés économique et social dans l'étude, la prise de décision suite à une étude ACV doit être faite en se basant sur d'analyses économiques et sociales complémentaires.

2.3. Phases de déroulement d'une étude ACV

2.3.1. Définition des objectifs et du champ d'étude

Il est d'usage de dire qu'un problème bien posé est déjà à moitié résolu. Ainsi, la phase de définition des objectifs et du champ d'étude est essentielle dans l'ACV. Plusieurs points doivent être déterminés avant de commencer l'étude : les objectifs de l'étude, le public concerné, les frontières du système étudié, le produit ou plus généralement la fonction du produit, l'unité fonctionnelle ainsi que la ou les méthodes choisies pour l'évaluation des impacts.

L'ACV a vocation à répondre aussi bien à des besoins internes (aide à l'éco-conception, comparaison inter-sites...) qu'à des besoins externes (communication environnementale, rapports d'activité...).

Les objectifs potentiels d'une ACV peuvent être très variables :

- Donner des informations sur les impacts environnementaux d'un produit existant,
- Evaluer un produit par rapport à une référence (réglementation existante, standard),
- Comparer plusieurs alternatives de production,
- Améliorer un produit en identifiant et en perfectionnant les étapes du processus de fabrication les plus impactantes.

a) Unité fonctionnelle

Le champ d'étude d'une ACV doit impérativement comprendre les fonctions du système étudié. L'unité de mesure de cette fonction est appelée unité fonctionnelle [7].

L'unité fonctionnelle doit être choisie en fonction des objectifs visés et du public concerné. Par ailleurs, elle doit impérativement être quantitative et additive, afin de pouvoir comparer différents systèmes entre eux, et traduire au mieux la fonction étudiée. À partir de cette unité fonctionnelle, on peut mesurer pour chaque scénario les flux de référence, c'est à dire les quantités de produits nécessaires pour remplir cette fonction. Sur la base de ce flux de référence, il devient alors possible de réaliser l'inventaire des flux entrants (consommation de ressources) et des flux sortants (émissions vers l'environnement) [8].

b) Définition des processus et limites du système

Le système comprend l'ensemble des processus impliqués dans la réalisation de la fonction étudiée. Il est souvent représenté sous la forme d'un arbre des processus. Puisqu'il faut de l'énergie et de la matière pour construire des infrastructures, elles-mêmes nécessaires pour la construction d'autres infrastructures, l'arbre des processus est quasiment infini. La norme ISO 14044 (2006) indique les critères pour l'inclusion des processus dans le système étudié, sur la base de leur contribution en masse, énergie ou impact environnemental, soulignant encore une fois le caractère itératif de l'approche.

Le champ d'étude de l'ACV est défini en fonction des domaines d'application et des motivations des commanditaires et des destinataires du travail. Il doit préciser quelles sont les couvertures temporelles, géographiques et technologiques de l'analyse [9]. Il doit aussi clairement définir les limites du système, l'inventaire des émissions et extractions et les impacts considérés. Cette étape spécifie de manière claire l'ensemble des flux entrants et sortants du système (**figure 2-2**).

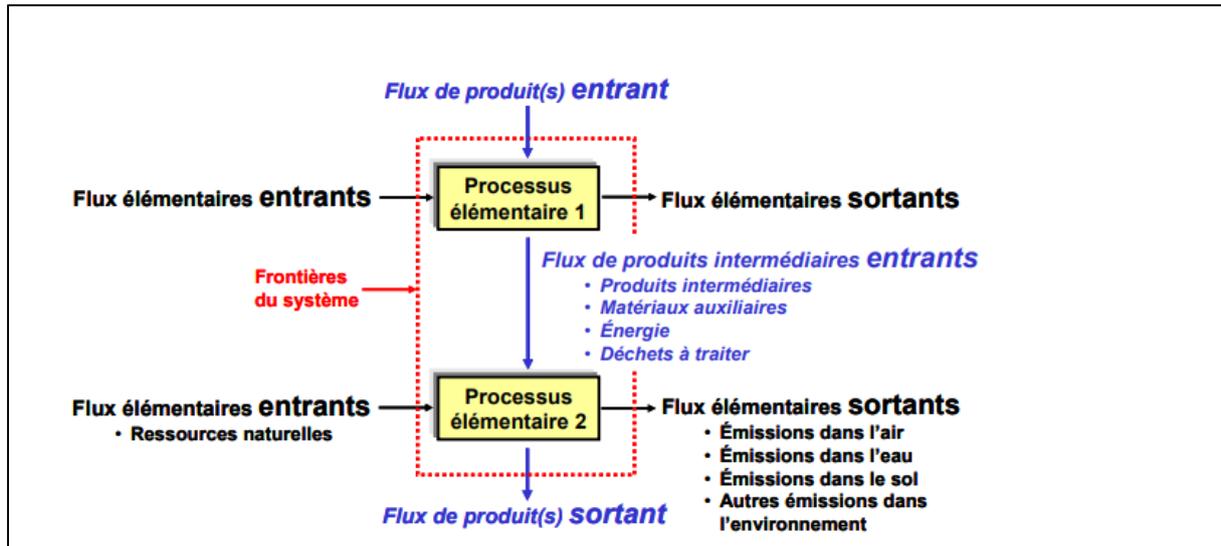


Figure 2-2: Détermination des processus élémentaires et limites du système

2.3.2. Réalisation de l'inventaire

Sur la base de l'arbre des processus retenu, la phase d'inventaire consiste à quantifier de manière systématique toutes les consommations de matières premières et d'énergies (les intrants) et toutes les émissions vers l'environnement (les extrants). Il peut être basé sur des données mesurées, des sorties de modèles et/ou des dires d'experts. Il s'agit généralement d'une phase très gourmande en temps, selon le niveau de finesse des données recherchées, mais ne posant pas de problème méthodologique majeur. La **figure 2-3** donne les procédures simplifiées de l'inventaire [7].

L'élément central de cette phase est l'attention portée à la qualité des données recueillies, puisque cette dernière influe directement sur celle des résultats que l'on obtiendra. Plusieurs bases de données ont été constituées au cours des dernières années, notamment EcoInvent [10], très bien documentée et comptant 4396 procédés. La totalité des flux de ressources consommées et de substances émises est additionnée sur l'ensemble du cycle de vie du produit.

2.3.3. Analyse des impacts environnementaux

Au travers de cette étape, le lien entre les données de l'inventaire et les impacts environnementaux auxquels ils peuvent théoriquement être rattachés est établi. Il sera alors possible d'interpréter les données de l'inventaire.

Les différentes phases de cette analyse sont :

- La classification des émissions : établissement du lien qualitatif entre les substances et les catégories d'impacts auxquelles elles peuvent potentiellement contribuer ;

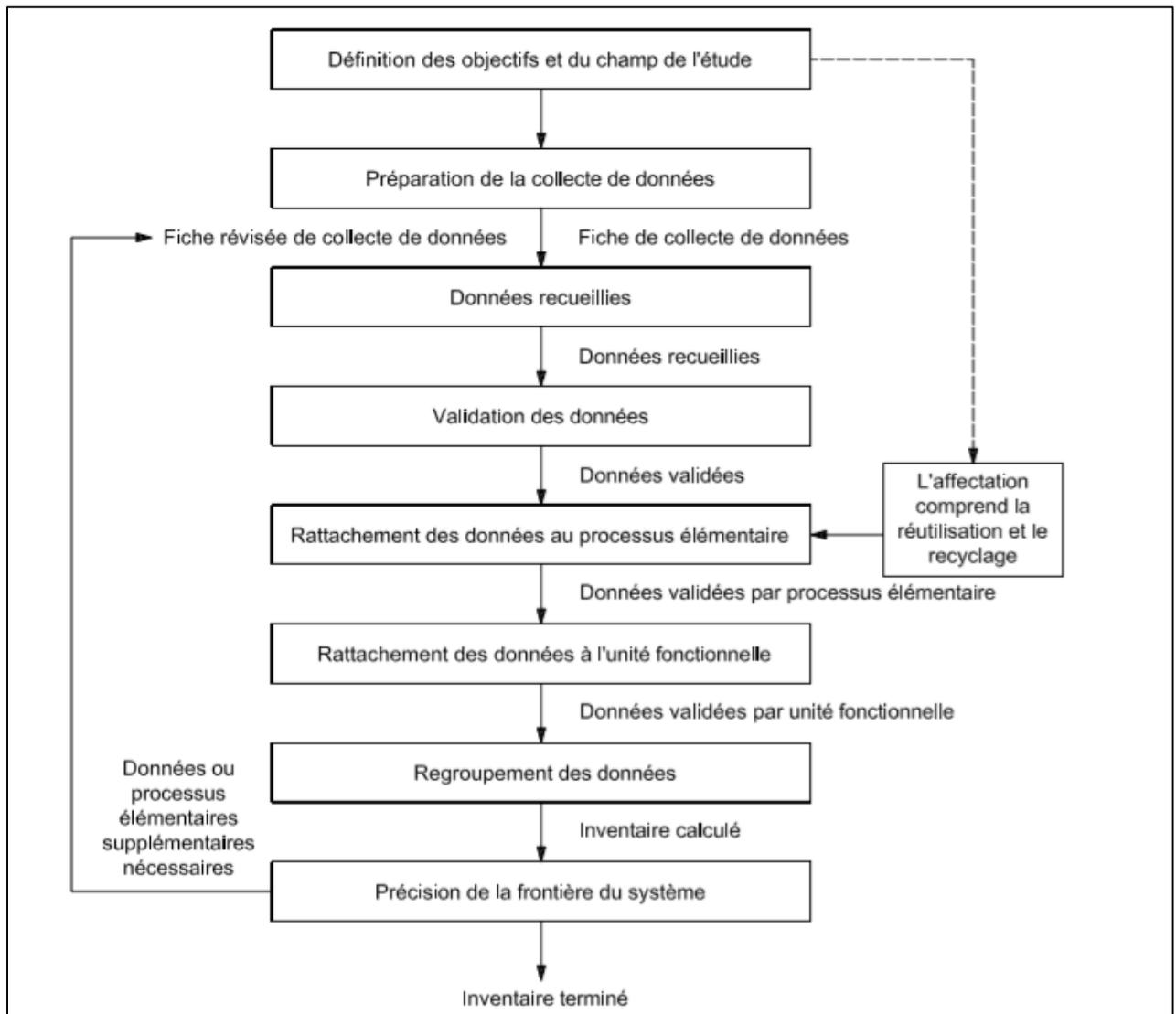


Figure 2-3 : Procédures simplifiées de l'inventaire

- La caractérisation qui permet la quantification proprement dite des impacts environnementaux ;
- La normalisation et/ou pondération (étape facultative) : méthode permettant positionner les résultats de l'ACV dans un contexte plus global : le choix des méthodes de pondération ou de normalisation est assez subjectif et peut entraîner une agrégation de données (ISO 14040,2006).

Avant de réaliser la classification des flux dans les différentes catégories d'impacts, le décideur doit sélectionner les catégories d'impacts à évaluer en fonction de l'objectif de l'étude. Pour que l'étude soit la plus pertinente possible, il est souhaitable d'être exhaustif autant que possible. Cependant, une sélection des catégories d'impacts peut être faite dans la mesure où elle est justifiée.

a) Classification des impacts potentiels

La classification des impacts potentiels est la première phase de la troisième étape de l'ACV. Les émissions et les extractions de substances contribuant aux impacts environnementaux sont associées aux différentes catégories d'impacts auxquelles elles contribuent (une émission peut potentiellement contribuer à plusieurs catégories d'impacts). Il s'agit d'établir un lien qualitatif entre aspects environnementaux (émission et extractions) et impacts environnementaux potentiels.

Le terme 'potentiel' est employé, car les impacts calculés au cours de l'ACV ne sont pas des impacts réels. Ceci est dû, en partie, à un manque de connaissance des mécanismes d'apparition des impacts mais aussi des phénomènes de synergie et antagonisme entre les substances et leur devenir dans l'environnement [11].

La phase de classification de résultats permet de traduire les données environnementales de l'inventaire en catégorie d'impacts. Cette traduction constitue une première étape d'agrégation. Au cours de cette étape, il est possible de lier une substance à plusieurs catégories d'impacts. Cette étape de classification est systématiquement négligée dans le calcul de l'impact. En effet, la distribution d'un polluant sur les différentes catégories d'impacts n'est pas prise en compte et on considère la totalité du flux/ de la masse de polluant pour toutes les catégories d'impacts (**Figure2-4**) [12].

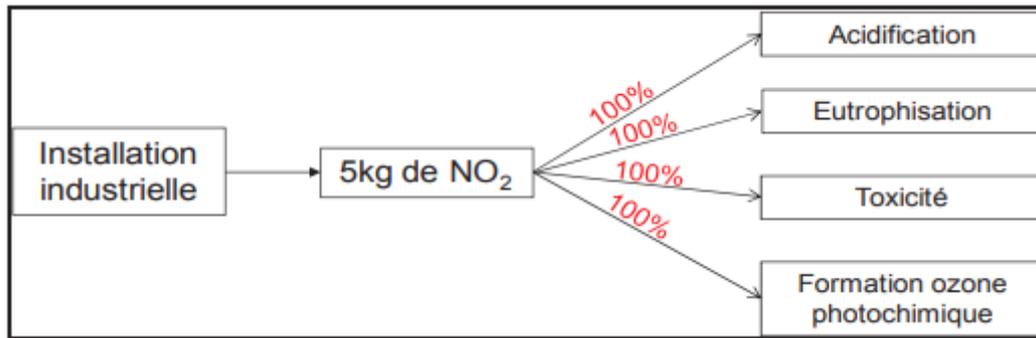


Figure 2-4 : Définition de la notion d'impact potentiel

La non prise en compte de la distribution du polluant dans les différentes catégories d'impacts peut entraîner une surestimation ou une sous-estimation du calcul de l'impact environnemental [13]. L'affectation de la totalité de la masse de polluant à chaque catégorie d'impact, revient à multiplier la masse du polluant par le nombre de catégories d'impacts. Dans ce cas, le calcul de l'impact est surestimé. En opposition, lorsque le polluant émis contribue indirectement (après modification physico-chimique) à une catégorie d'impacts, il n'est pas pris en compte dans le calcul de l'impact. Dans ce cas, l'indicateur est sous-estimé.

Les connaissances actuelles ne permettent pas de répartir les pourcentages de substance entre les différentes catégories d'impacts auxquelles elle contribue. Pour éviter la redondance liée à l'étape de classification, ils ont proposé deux types de répartition du polluant dans les catégories d'impacts [13].

- La classification équiprobable basée sur une probabilité identique de contribution aux catégories d'impacts permet d'éviter le double comptage des substances dans différentes catégories d'impacts en intégrant les contributions directes et indirectes.
- La classification de zone permet de calculer le coefficient de classification en fonction des conditions du territoire.

Lorsqu'une substance polluante est émise dans l'environnement, elle va suivre un cheminement : émission, dégradation, transport, dépôt, atteinte de la cible sur la cible (**Figure 2-5**) [12].



Figure 2-5 : Chaîne de cause à effet d'un impact environnemental

Ce cheminement est alors appelé chaîne de cause à effet (ou voie d'impact) et prend en compte tous les processus environnementaux qui amènent la substance de son émission à son impact final. Pour modéliser les voies d'impacts des substances, il existe des méthodes qui permettent de quantifier chaque donnée d'inventaire à leur impacts/dommage environnementaux potentiels. Il s'agit des méthodes de caractérisation.

b) Caractérisation des impacts potentiels

Cette étape permet la quantification des impacts environnementaux potentiels à partir du produit de la masse d'une substance émise et d'un facteur de caractérisation (**Equation 2-1**).

La norme ISO14040 appelle ce produit « indicateur d'impact » selon l'équation 2-1 :

$$I_i = m_i \times FC_i \quad 2-1$$

Avec

- I : Le score d'impact de la substance i ;
- m_i : La masse de la substance i en kg ;
- FC_i : Le facteur de caractérisation de la substance i .

Le facteur de caractérisation permet d'effectuer le lien quantitatif entre le flux par un système anthropique et ses effets sur l'environnement. Pour chacune des catégories d'impacts, il existe plusieurs facteurs de caractérisation. Un facteur de caractérisation est associé à une substance et à une catégorie d'impact. Ces facteurs de caractérisation peuvent varier d'une méthode de calcul à une autre et peuvent s'exprimer différemment en fonction des méthodes et des impacts étudiés. En général, les impacts environnementaux potentiels évalués dans une ACV sont :

- L'augmentation de l'effet de serre ;
- L'acidification ;
- L'eutrophication ;
- L'oxydation photochimique ;
- La déplétion de la couche d'ozone ;
- L'écotoxicité ;
- L'épuisement de ressources fossiles.

Cette étape permet de modéliser une dizaine d'impacts environnementaux potentiels et permet une interprétation plus facile des résultats au regard de l'étape d'inventaire du fait de l'agrégation des centaines de flux d'inventaire en une dizaine de catégories d'impacts.

Les facteurs de caractérisation sont construits à partir des propriétés de la substance concernée et tiennent compte parfois des conditions du milieu impacté. Les méthodes de calcul qui regroupent tous ces facteurs de caractérisation sont appelées méthodes de caractérisation. Cependant, elles ne réalisent pas uniquement la caractérisation mais bien la classification, la caractérisation et l'évaluation. Aujourd'hui, différentes méthodes sont disponibles, plus ou moins pertinentes en fonction de la finalité de l'étude. Aucun consensus international privilégiant une méthode plus qu'une autre n'est recensé.

Il existe deux approches des méthodes de caractérisation [11] : les méthodes *midpoint* et les méthodes *endpoint*. Elles se différencient par leur positionnement sur la chaîne de cause à effets des impacts et donc par leur construction (**Figure 2-6**) [14].

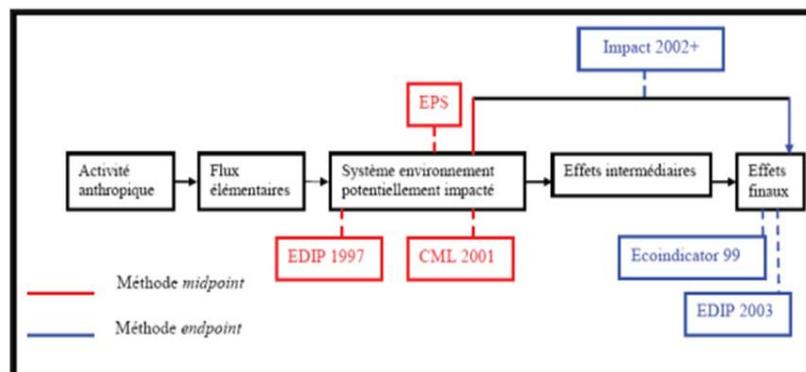


Figure 2-6 : Positionnement des méthodes midpoint et endpoint sur la chaîne de cause à effets

Les méthodes *midpoint* sont construites à partir des propriétés polluantes de la substance et modélisent l'impact potentiel de la substance sur l'environnement par rapport à l'impact potentiel d'une substance de référence. Les méthodes *endpoint* modélisent les dommages sur les cibles environnementales que peut avoir une substance et de ce fait intègrent un plus grand nombre de paramètres en termes de mécanismes d'impacts. Les méthodes *midpoint* restent les plus utilisées et les plus reconnues. Les méthodes *endpoint* sont très prisées par les décideurs car les unités dans lesquelles sont exprimés les résultats sont plus parlantes [12].

A l'issue de la caractérisation, les résultats sont présentés pour une dizaine de catégories d'impacts. Dans un processus décisionnel, le nombre de catégories d'impacts peut se révéler trop important pour les décideurs qui souhaitent un nombre de critères moins important. Il est

possible de réduire le nombre de ces critères en pratiquant un travail sur les résultats par l'intermédiaire des méthodes de normalisation et/ou de pondération (**figure 2-7**) [8].

Le score de caractérisation pour une catégorie de dommage s'obtient en sommant les produits des facteurs de dommage par les scores de caractérisation intermédiaires des catégories intermédiaires composant la catégorie de dommage

De nombreux logiciels contenant des bases de données permettent de classer et de caractériser les impacts selon un certain nombre d'indicateurs. Quelques exemples de ces logiciels sont SimaPro, Umberto, GaBi, Eco-Bat, OpenLCA. La méthode IMPACT 2002+ incluse dans le logiciel OpenLCA permet, par exemple, de regrouper des indicateurs d'impacts environnementaux dans quatre catégories de dommages : santé humaine, qualité des écosystèmes, réchauffement climatique, et ressources [8].

- **Changement climatique / *Climate change*** : est défini comme l'augmentation de la température moyenne à la surface de la Terre, causée par l'effet de serre que crée la libération de « gaz à effet de serre » par l'activité humaine [15]. Cette augmentation de la température mondiale devrait entraîner des perturbations climatiques, la désertification, la hausse du niveau de la mer et la propagation de la maladie [8]. Les changements climatiques sont l'un des principaux effets environnementaux de l'activité économique et l'un des plus difficiles à gérer en raison de son ampleur. Les facteurs sont exprimés comme le potentiel de réchauffement global sur l'horizon temporel des différentes années (100 et 500 ans) mesuré dans l'unité de référence, kg équivalent CO₂ [8]. Le potentiel de réchauffement est mesuré en kg de CO_{2-eq}.

- **Ressources / *Resources*** : Les ressources peuvent se mettre sous deux grandes catégories : L'extraction minérale de la matière et la consommation des énergies non renouvelables. Les dommages dus à l'extraction des ressources minérales sont spécifiés avec le concept d'excédent d'énergie en MJ. « Cela repose sur l'hypothèse qu'une certaine extraction entraîne une exigence énergétique supplémentaire pour une exploitation ultérieure de cette ressource à l'avenir, causée par une concentration plus faible des ressources ou par d'autres caractéristiques défavorables des réserves restantes ». L'unité d'impact sur les ressources est la quantité d'énergie primaire supplémentaire nécessaire par unité de minerai et de l'énergie primaire non renouvelable totale pour les transporteurs d'énergie, en MJ/unité consommée [8].

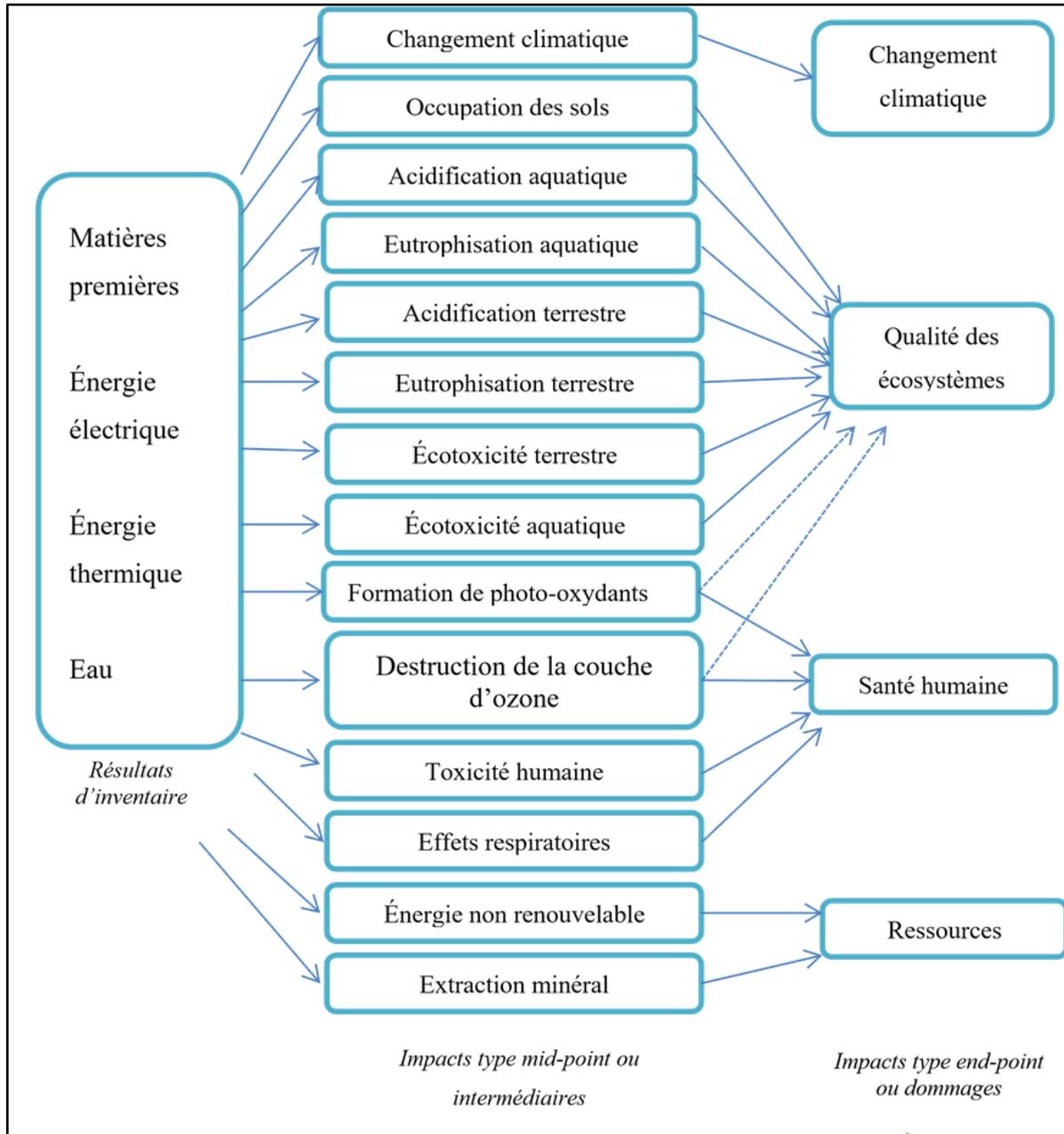


Figure 2-7 : Schéma de l'analyse d'impact du cycle de vie

- **Santé humaine / *Humanhealth*** : ce facteur de dommage comprend les effets cancérigènes et non cancérogènes, les effets respiratoires, les rayonnements ionisants et l'appauvrissement de la couche d'ozone. De plus, il caractérise la gravité de la maladie, en tenant compte à la fois de la mortalité (années de vie perdues par décès prématuré) et de la morbidité (le temps de vie avec une qualité inférieure due à une maladie) [1]. Il est exprimé en DALY/kg (DisabilityAdjusted Life Years). Il s'agit du décompte des années de vie perdues en raison de l'exposition à des polluants et produits [10]. Par exemple, un produit possédant un score de 4 DALYs pour la catégorie «santé humaine», entraînera la perte de quatre années de vies, distribuée sur l'ensemble de la population.
- **Qualité des écosystèmes / *Ecosystemquality***: combinaison des effets sur les écosystèmes terrestres (écotoxicité terrestre et acidification terrestre) sur les écosystèmes aquatiques (écotoxicité aquatique, acidification aquatique et eutrophisation aquatique), turbinage de l'eau et occupation du sol [8]. Leur impact peut être directement déterminé sous la forme d'une Fraction Potentiellement Disparue (PDF, Potentially, Disappeared Fraction) sur une certaine zone et pendant un certain temps par kg de substance émise, exprimée en PDF·m²·année/kg émis. Par exemple, un produit ayant un indice de qualité de l'écosystème de 0,3 PDF·m²· année implique la perte de 30% d'espèces sur 1 m² de surface terrestre pendant un an.

2.3.4. Interprétation

La dernière phase de l'ACV est l'interprétation des résultats, permettant d'évaluer les résultats obtenus et les conclusions qui en découlent. L'interprétation est structurée autour de trois grands axes : l'identification des enjeux significatifs, la vérification de l'étude et l'établissement des conclusions et des recommandations. On y estime aussi la robustesse, la qualité et l'incertitude des données utilisées et des résultats obtenus. Il ne s'agit pas uniquement de la phase finale d'interprétation et de discussion des résultats de l'évaluation. Elle intervient également à chacune des étapes de l'ACV, du fait du caractère itératif de cette méthode.

2.4. Conclusion

Ce chapitre établit les éléments de connaissance indispensables à la compréhension de la méthode d'ACV. Elle s'articule autour de quatre grandes étapes, faisant chacune appel à différents champs disciplinaires :

- La définition des objectifs et du champ d'étude permet de fixer les éléments du système à inclure et à exclure de l'étude, et de déterminer l'unité fonctionnelle la plus pertinente. Cette étape repose sur la consultation des différents acteurs (consommateurs, décisionnaires, scientifiques...) du système analysé.

- La réalisation de l'inventaire détermine la qualité des données et les éventuelles affectations des flux aux différents produits. Cette phase se base sur des théories d'analyse de systèmes et sur le génie des procédés.

- L'évaluation des impacts se fait après sélection des indicateurs de l'étude, des modèles de calculs de ces indicateurs, ainsi que des références de normalisation et des facteurs de pondération. Les champs disciplinaires principaux intervenant lors de cette phase sont les sciences environnementales pour la conversion des extractions et émissions en impacts, et les sciences sociales pour la détermination des facteurs de pondération.

- L'interprétation du cycle de vie permet de vérifier les données de l'étude et d'établir des conclusions et des recommandations.

Ce travail de synthèse a fait ressortir le caractère holistique de la méthodologie de l'ACV. Il s'agit d'une méthode qui se veut globale et surtout exhaustive, notamment parce que l'un des objectifs de cette méthode est l'identification d'éventuels transferts de pollution.

Chapitre III

APPLICATION DE L'ACV SUR LA TANNERIE MEGA BATNA

Chapitre 3 : APPLICATION DE L'ACV SUR LA TANNERIE MEGA BATNA

3.1. Introduction

Les enjeux environnementaux dans l'industrie de Tannage constituent l'une des préoccupations les plus importantes des industriels de ce domaine, vu le taux de pollution élevé que présente cette industrie. L'utilisation excessive des ressources en eau et l'usage de quantités importantes des produits chimiques dans le procédé de Tannage mettent les pratiquants de cette industrie dans l'obligation de traiter leurs rejets avant évacuation vers l'environnement.

Le traitement des rejets avant évacuation vers l'environnement extérieur est une obligation réglementaire et un engagement des industriels envers la préservation de l'environnement et rentre ainsi dans une politique de développement durable. Parmi les traitements essentiels dans les tanneries, on trouve le traitement des effluents liquides vu l'importance des quantités d'eaux utilisées et les produits chimiques entrant dans le procédé.

Un accident majeur désigne un événement (émission, incendie ou explosion) d'importance majeure qui résulte de développements incontrôlés survenus au cours de l'exploitation d'un établissement couvert par la présente directive, et qui entraîne pour la santé humaine, à l'intérieur ou à l'extérieur de l'établissement, et/ou pour l'environnement un danger grave, immédiat ou différé, et qui fait intervenir une ou plusieurs substances dangereuses [16].

Dans cette présente étude de cas, nous allons effectuer des études d'analyse du cycle de vie (ACV) sur la tannerie de MEGA Batna, afin de quantifier les impacts de cette activité sur l'environnement. Dans un premier lieu, nous considérons le fait que la tannerie est munie d'une station de traitement des effluents liquides, pour laquelle nous quantifierons les impacts. Ensuite, dans un contexte d'un accident majeur, nous allons considérer la même tannerie sans une station de traitement. Enfin, nous comparons les résultats des deux cas.

3.2. Méthodologie du travail

Il s'agit de quantifier les impacts pour deux cas :

1. Une tannerie munie d'une station de traitement des effluents liquides (Procédé avec STEP) ;
2. Une tannerie sans station de traitement (Procédé sans STEP).

Pour se faire, nous allons suivre la démarche d'élaboration des analyses de cycle de vie ACV, donnée dans la partie théorique (**voir § 2.3**)

3.2.1. Objectifs de l'étude et définition du champ d'étude

Une étude ACV se fait sur un produit donné partant de la ressource des matières première qui le constituent jusqu'à la fin de sa vie, en passant par la phase de sa fabrication.

Dans notre cas d'étude, à cause de l'indisponibilité des informations sur les phases en amont et en aval de la production de cuir, nous allons s'intéresser que par la phase de sa fabrication (tannerie).

L'objectif de cette étude est l'identification et la quantification des impacts environnementaux de cette unité industrielle.

3.2.1.1. Unité fonctionnelle :

Il est essentiel avant de commencer une étude ACV de mieux définir son unité fonctionnelle qui sert comme unité de référence. Dans notre cas, le choix s'est porté sur « la **fabrication de 25000 m² de cuir** ». Cette quantité correspond aux données que nous avons pu collecter pendant notre séjour à l'unité de tannerie MEGA Batna.

Ce choix de l'unité fonctionnelle coïncide avec la nature de l'activité de la tannerie MEGA Batna.

3.2.1.2. Définition du système

Le système à considérer dans cette étude, est la tannerie MEGA Batna. Cette unité de production est constituée essentiellement de 04 sections importantes :

1. Section Rivière,
2. Section Tannage et Retannage
3. Section Corroyage et Finissage
4. Section STEP

3.2.1.3. Frontières du système

La Figure 3-1 schématise le cycle de vie des deux procédés qui seront étudiés. Rappelons que dans notre cas, il s'agit d'une analyse comparative de deux procédés dont le produit fini est le même.

3.2.1.4. Les étapes exclues du cycle de vie

Selon la norme ISO 14040, il est possible, à condition que cela soit clairement explicite, d'exclure certaines étapes ou opérations du système étudié afin d'éviter tout égarement dans des détails non significatifs en termes d'impact sur l'environnement.

Parmi les étapes négligées nous citons en l'occurrence :

- Les infrastructures administratives et les biens d'équipements (bâtiments, machines) comme c'est le cas dans plusieurs études [17]. Cette hypothèse est basée sur le fait que la

- part des impacts environnementaux générés par les infrastructures et par les biens d'équipements sont non significatifs devant les impacts générés par l'unité de production ;
- Le transport de la matière premier et du produit fini.

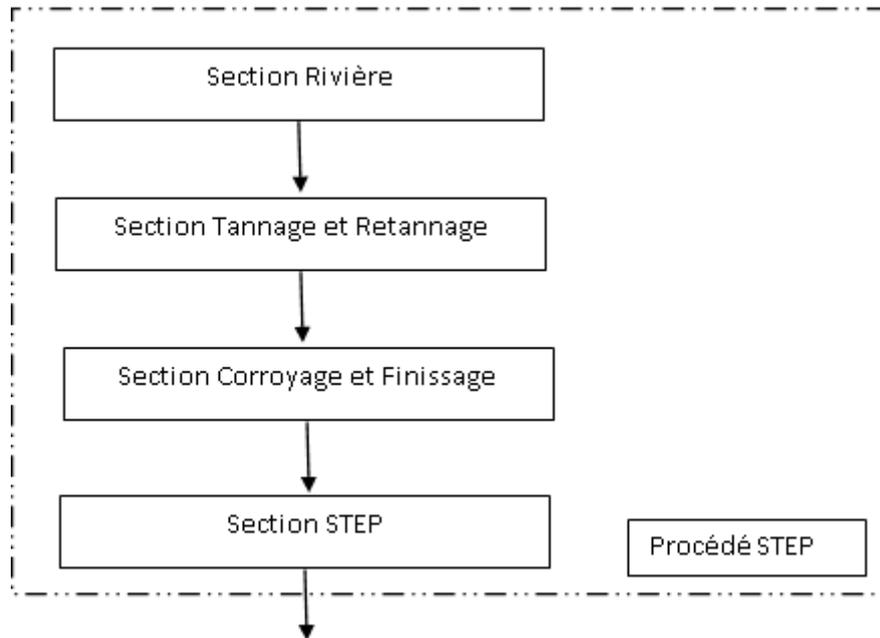


Figure 3-1 : Cycle de vie du cuir

3.2.2. Réalisation de l'inventaire

Pendant notre séjour au sein de la tannerie MEGA Batna ; nous avons pu collecter les informations nécessaires pour l'élaboration de l'étude ACV.

L'analyse de l'inventaire consiste en la collecte des données concernant l'utilisation des ressources, consommation d'énergie, les émissions et les produits résultants de chaque activité du système étudié.

Dans cette étude, les données concernant toutes les sections qui constituent le système ont été collectées auprès de l'entreprise. Les données collectées sont ensuite classées selon un modèle de constitution des inventaires donné par la norme ISO 14044.

Dans ce qui suit, nous allons donner des informations concernant quelques données de l'inventaire (Annexes A et B) :

3.2.2.1. Energie :

Les données concernant la consommation de l'énergie au sein de l'unité MEGA Batna sont prises des factures de consommation de l'électricité ; nous n'avons pas pu faire le calcul de consommation de chaque section à cause de manque d'information sur la consommation spécifique à chaque équipement.

La consommation de l'énergie est donnée d'une façon globale et se résume essentiellement à la consommation de l'énergie électrique et du gaz naturel.

3.2.2.2. Matière première :

La matière première qui entre dans le procédé de fabrication du cuir est la peau ovine brute.

Pour réaliser l'Analyse de Cycle de Vie, nous avons utilisé le logiciel OpenLCA, Ce dernier dispose d'une base de donnée, riche en informations, et qui concerne particulièrement les procédés industriels de fabrication et de production de différents produits. Malheureusement, cette base ne dispose pas d'information concernant les peaux utilisées dans l'industrie de tannerie. La recherche bibliographique a révélé l'absence de travaux concernant l'analyse du cycle de vie dans le domaine de tannerie.

La composition de la matière première brute (peau) est constituée essentiellement de protéines [18]. Nous pouvons assimiler les peaux brutes comme étant une matière protéique.

3.2.2.3. Produits chimiques :

Le procédé de fabrication du cuir au niveau de la mégisserie MEGA Batna, utilise de grandes quantités de produits chimiques. Nous avons recensé les produits utilisés et les quantités journalières consommées pour la fabrication d'un mètre carré du cuir.

La liste des produits utilisés et les quantités correspondantes à chaque produit sont mentionnés dans les tableaux d'inventaire données en Annexes A et B.

3.2.2.4. Ressources naturelles

L'eau constitue une ressource importante dans la fabrication et la transformation des peaux brutes en cuir fini prêt à l'utilisation. Les données concernant l'utilisation de cette ressource sont données dans le tableau en Annexes A et B.

3.2.3. Evaluation des impacts environnementaux

Il s'agit de la quantification des impacts environnementaux du procédé de fabrication du cuir. Pour se faire, nous avons eu recours à l'utilisation du logiciel OpenLCA. L'application se fera sur une tannerie avec et sans station de traitement des effluents liquides (**Figure 3-1**)

Il existe plusieurs modèles de la quantification des impacts environnementaux, nous citons :

- Eco-Indicateur 99
- Impact 2002+
- TRACI
- ILCD 2011

Pour notre cas, nous avons choisi le modèle ILCD 2011 Midpoint [v1.0.10, August 2016], car ce modèle est conçu pour l'utilisation internationale, il fournit des résultats à l'échelle local qui correspondent avec nos objectifs de cette étude.

Nous allons, lors de cette application, s'intéresser essentiellement à 06 catégories d'impacts et qui sont :

- Acidification
- Eutrophisation
- Santé humaine - cancérogène
- Santé humaine - non-cancérogène
- Formation d'ozone photochimique
- Effets respiratoires

Les résultats de cette application sont générés par le logiciel sous forme de :

- **Grphe (Modal Graph) :** Celui-ci donne les différents liens entre les étapes de la fabrication du cuir et les différentes sections. Dans ce type d'illustrations, nous pouvons voir que le logiciel affiche des phases qui n'ont pas une relation directe avec le procédé de fabrication du cuir. Toutefois ces phases peuvent être en relation avec les procédés de fabrication des différents produits entrant dans le procédé de fabrication du cuir.
- **Tableau d'inventaire :** Ce tableau contient les procédés utilisés par l'unité de tannerie de Batna ainsi que les procédés qui sont à l'origine de la fabrication de tous les produits utilisés (chimique ou autres), directement ou indirectement, dans la fabrication du cuir. Dans ce tableau, on trouve aussi les substances générées par ses différents procédés, et qui sont responsables de l'apparition de l'impact considéré. Dans ce tableau figure aussi les résultats d'impact des différentes catégories. Notons que les tableaux d'impacts contiennent deux types de procédés, procédés principales de la fabrication du cuir et d'autres procédés secondaires qui ont des impacts indirects sur la fabrication du cuir.
- **Histogrammes et Radars :** Les résultats d'impacts peuvent être présenter sous forme d'histogrammes et/ou de radars.

3.3. Cas du procédé avec STEP :

3.3.1. Processus de fabrication du cuir - Procédé avec STEP

Le logiciel OpenLCA, fournit un diagramme donnant des liens entre les procédés utilisés dans la fabrication du cuir par l'unité de tannerie de Batna et les procédés qui étaient à l'origine de la fabrication des différents produits entrant dans la composition de la matière première. La **figure 3-2** donne une représentation graphique des différents procédés pour le cas du Procédé avec STEP.

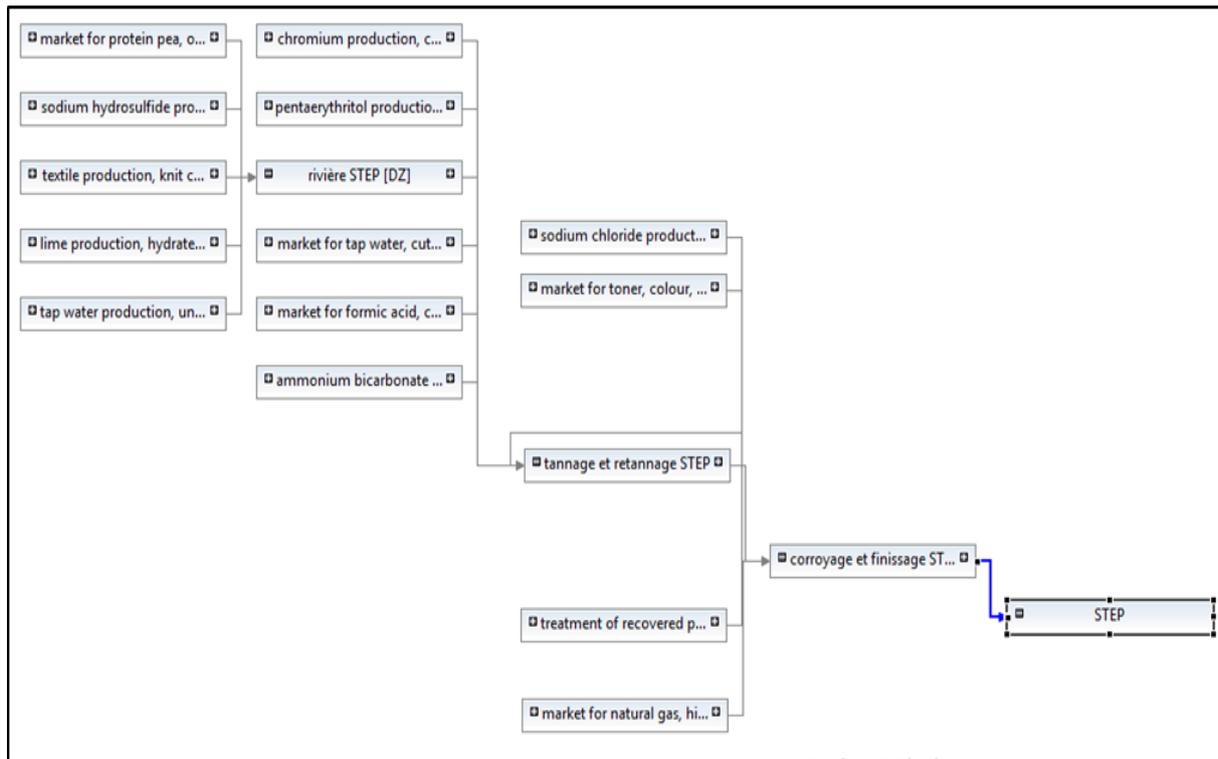


Figure 3-2 : Représentation graphique des procédés de fabrication du cuir "Procédé avec STEP"

3.3.2. L'Acidification

Elle caractérise la perte de nutriments tels que le calcium, le magnésium ou le potassium, et leur remplacement par des éléments acides à cause de la pollution. L'Acidification est causée par le dioxyde de soufre (SO_2), le monoxyde et le dioxyde d'azote (NO_x), ou encore l'Ammoniac (NH_3) qui sont présents dans les engrais ou résulte de la combustion de fossiles lors de la production d'électricité ou le chauffage. L'acidification perturbe les sols, l'eau, la flore et la faune et est à l'origine des pluies acides. Le potentiel d'acidification est calculé en équivalent SO_2 . La figure 3-3 donne la contribution des différents procédés à la catégorie d'impact – Acidification pour le cas du procédé avec STEP.

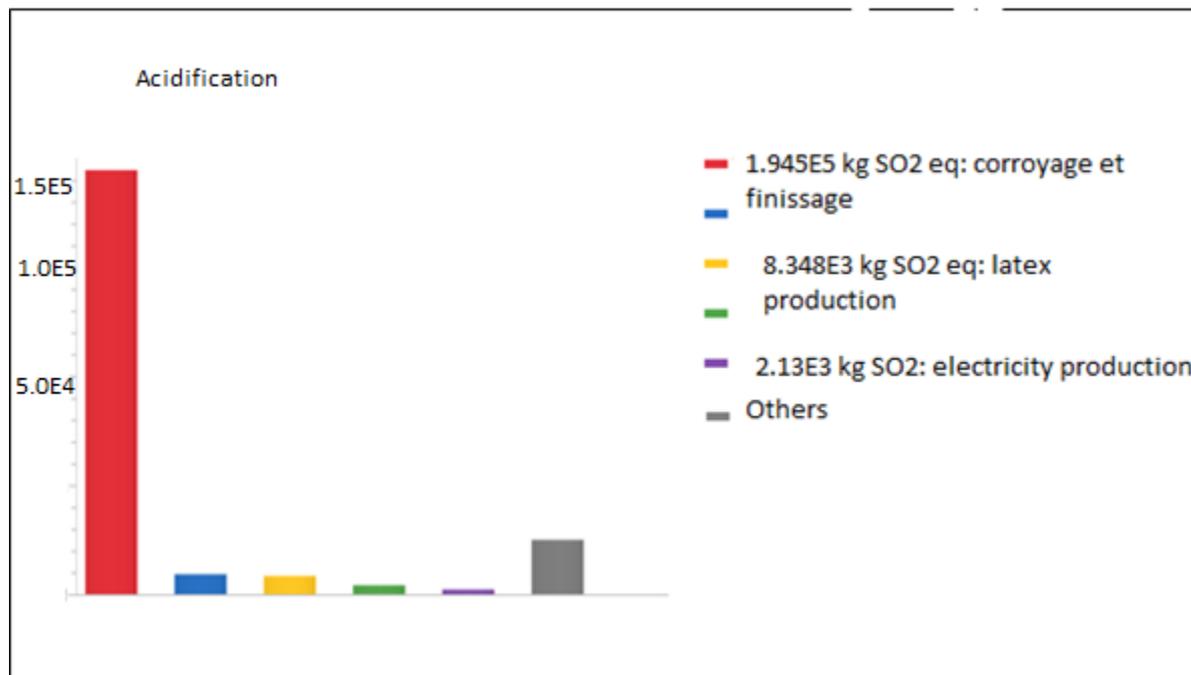


Figure 3-3: Contribution des processus dans la catégorie "Acidification" - Procédé avec STEP

Nous remarquons d'après la **Figure 3-3**, que la section corroyage et finissage contribue de manière importante à l'acidification.

Le tableau 3-1 donne la valeur de l'impact dû à la section corroyage et finissage et aussi aux substances qui sont à l'origine de la pollution.

Tableau 3-1 : Impact dû à la section corroyage et finissage et aussi aux substances qui sont à l'origine de la pollution.

Section	Polluant généré par l'activité	Type d'émission	Acidification (Equiv.kg SO ₂)
Corroyage et Finissage STEP (principal)	Dioxyde de soufre	Vers l'air / non spécifié	1,04E+05
	Oxyde d'Azote	Vers l'air / non spécifié	9,07E+04

Nous notons aussi que :

- La section Corroyage et Finissage est responsable, elle seule, à **80%** de la valeur totale de la catégorie d'impact Acidification.
- Les deux substances émises par la section Corroyage et Finissage sont le dioxyde de soufre et l'oxyde d'azote avec des contributions respectives de **42%** et **37%**.
- Les principales émissions de pollution se retrouvent dans l'air.

3.3.3. Eutrophisation

L'eutrophisation est due à un apport excessif en nutriments et en matières organiques biodégradables issus de l'activité humaine. Elle s'observe surtout dans les milieux aquatiques dont les eaux sont peu renouvelées. Stimulés par un apport substantiel en certains nutriments dont principalement le phosphore et l'azote (monoxyde et dioxyde), le phytoplancton et certaines plantes aquatiques croissent et se multiplient de manière excessive, ce qui conduit, lorsqu'ils se décomposent, à une augmentation de la charge naturelle de l'écosystème en matières organiques biodégradable. Les bactéries, qui dégradent cette matière organique, prolifèrent à leur tour, en appauvrissant de plus en plus l'oxygène de l'eau. Le potentiel d'eutrophisation est mesuré en équivalent phosphate. La figure 3-4 donne la contribution des différents procédés à la catégorie d'impact – Eutrophisation pour le cas du procédé avec STEP.

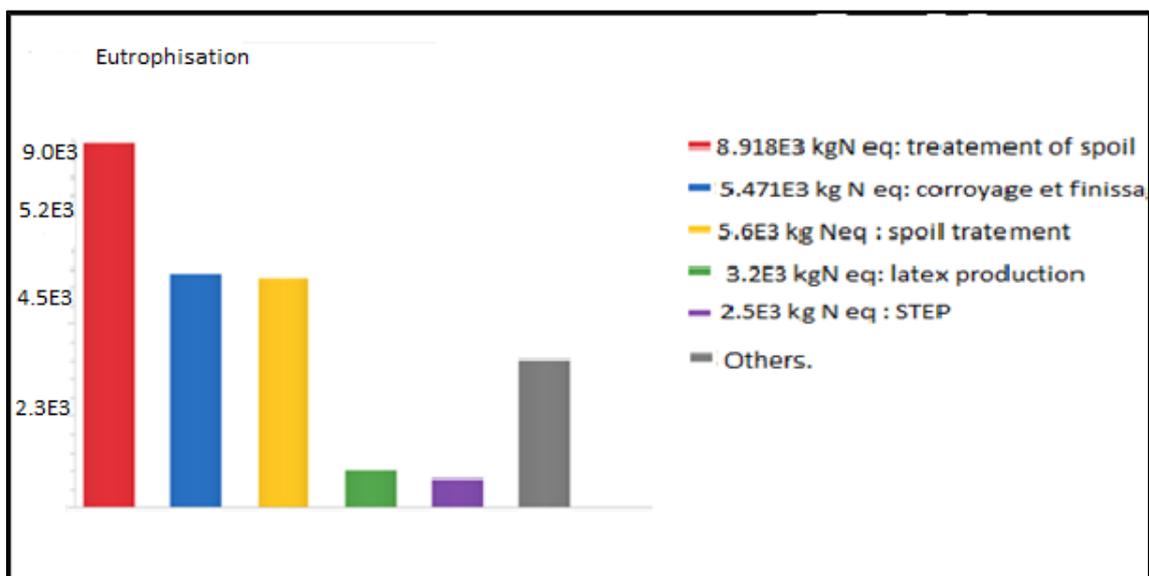


Figure 3-4: Contribution des processus dans la catégorie "Eutrophisation" - Procédé avec STEP

D'après la **Figure 3-4**, nous constatons que trois procédés sont les principaux responsables aux phénomènes d'eutrophisation, en premier lieu les déchets provenant des mines de charbon et en deuxième lieu les rejets de la tannerie particulièrement de la section de Corroyage et Finissage.

Nous constatons que :

- La contribution de section Corroyage et Finissage est de **22,5 %**.
- La substance contributrice dans ce procédé est l'Oxyde d'Azote sous forme d'émission vers l'atmosphère.

Le **tableau 3-2** donne les résultats de catégorie d'impact "Eutrophisation" pour le cas du Procédé avec STEP.

Tableau 3-2 : Résultats de catégorie d'impact "Eutrophisation" - Procédé avec STEP

Section (procédé)	Polluant généré par l'activité	Type d'émission	Eutrophisation (Equiv. kg N)
Traitement de corrompre de l'exploitation de houille, en remblai extérieur (secondaire)	Phosphate	Emission dans l'eau / Eau souterraine, Long terme	7575,42
	Phosphate	Emission dans l'eau / Eau souterraine	1084,36
Corroyage et Finissage STEP (principal)	Oxyde d'Azote	Emission vers l'air / Non spécifié	5741,38
Traitement de corrompre de l'exploitation de houille, en remblai extérieur (secondaire)	Phosphate	Emission dans l'eau / Eau souterraine, Long terme	4876,86
	Phosphate	Emission dans l'eau / Eau souterraine	567,71

3.3.4. Santé Humaine

Cette catégorie d'impact est mesurée par l'Unité Toxique Comparative pour l'Homme (CTUh) qui exprime l'augmentation estimée de la morbidité dans la population humaine totale par unité de masse d'une substance chimique émise (cas par kilogramme).

Les résultats des impacts de procédés sur la santé humaine sont donnés sous deux catégories :

- Santé humaine –cancérogène
- Santé humaine – non cancérogène

Nous présenterons les résultats séparément :

3.3.4.1. Santé humaine – cancérogène

La figure 3-5 donne la contribution des différents procédés à la catégorie d'impact – Santé humaine - cancérogène pour le cas du procédé avec STEP.

Nous constatons, d'après la **figure3-5** que la section Corroyage et Finissage contribue à 26,5% à la valeur totale de l'impact cancérogène (deuxième position).

Les rejets du chrome sont essentiellement sous forme solide avec des teneurs faibles dans la phase liquide.

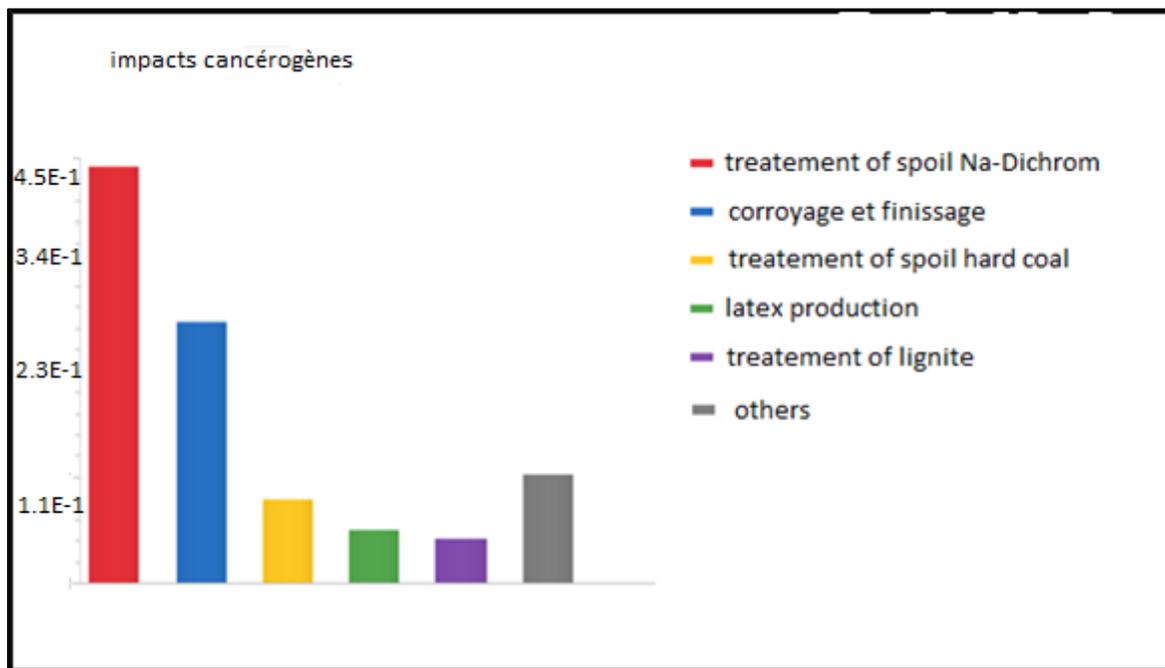


Figure 3-5 : Contribution des processus dans la catégorie "Santé humaine - cancérigène" - Procédé avec STEP

Le **tableau 3-3** nous donne les résultats de catégorie d'impact "Santé humaine- cancérigène" - Procédé avec STEP.

Tableau 3-3 : Résultats de catégorie d'impact "Santé humaine- cancérigène" - Procédé avec STEP

Section	Polluant généré par l'activité	Type d'émission	Santé humaine-cancérigène (CTUh)
Traitement des résidus de la production de Na-dichromate (secondaire)	Chrome	Emission dans l'eau / Eau souterraine, Long terme	0,3342
	Chrome	Emission dans l'eau / Eau de surface	0,1058
Corroyage et Finissage STEP (principal)	Chrome	Emission ver le sol / Industriel	0,2771

Nous constatons dans ce cas, que la contribution principale dans l'impact cancérigène sur la santé humaine est issue d'une unité de production du chrome hexavalent n'ayant pas un lien direct avec le procédé de la fabrication du cuir.

La contribution globale directe du procédé de fabrication du cuir, dans ce cas, se concentre dans la contribution de la section Corroyage et Finissage.

3.3.4.2. Santé humaine – Non cancérigène

Nous allons étudier, dans ce cas, la contribution des différents processus liés à la fabrication du cuir de l'impact sur la santé humaine dû aux produits non cancérigènes. La **figure 3-6** donne la contribution des différents procédés à la catégorie d'impact – Santé humaine : non -cancérigène pour le cas du procédé avec STEP.

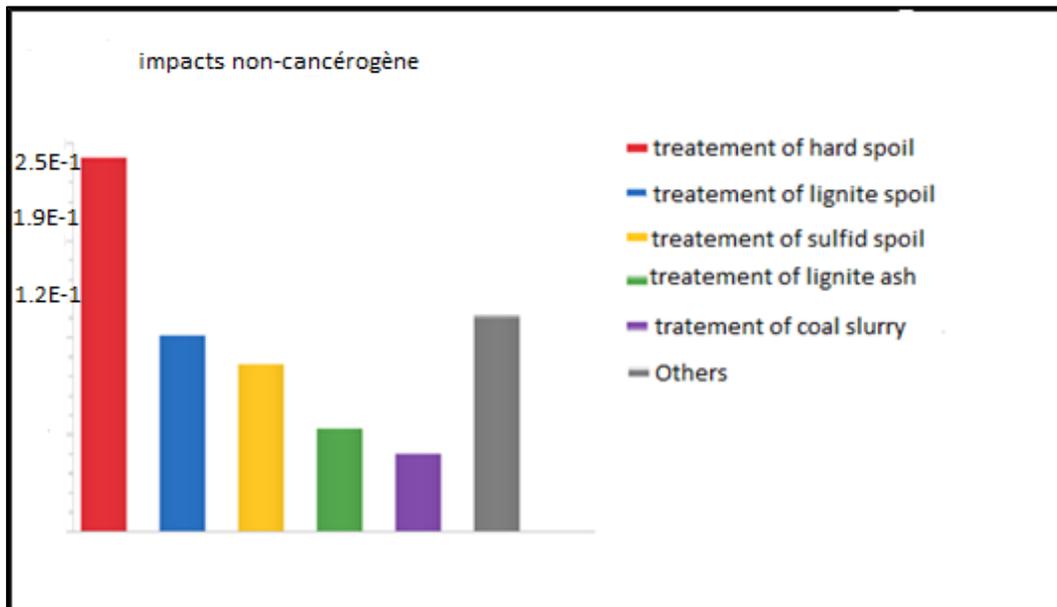


Figure 3-6 : Contribution des processus dans la catégorie "Santé humaine - Non cancérigène" - Procédé avec STEP

Les résultats, dans ce cas (Procédé avec STEP), montrent clairement l'absence significative des différentes sections liées à la fabrication du cuir, dans la contribution à l'impact sur la santé humaine des produits cancérigènes.

Cela s'explique par le fait que le traitement efficace des rejets liquides élimine toute possibilité de présence des quantités suffisantes des substances chimiques, pouvant altérer la santé humaine.

Le **Tableau 3-4**, résume les résultats donnés par le logiciel, pour cette catégorie, en prenant en compte la présence de la STEP.

Tableau 3-4 : Résultats de catégorie d'impact "Santé humaine- Non cancérigène" - Procédé avec STEP

Section	Polluant généré par l'activité	Type d'émission	Santé humaine- Non cancérigène (CTUh)
Traitement de corrompre de l'exploitation de houille, en remblai extérieur (secondaire)	Zinc, ion	Emission dans l'eau / Eau souterraine, Long terme	0,1405
	Arsenic, ion	Emission dans l'eau / Eau souterraine, Long terme	0,0985
Traitement de corrompre de l'exploitation de houille, en remblai extérieur (secondaire)	Zinc, ion	Emission dans l'eau / Eau souterraine, Long terme	0,0736
	Arsenic, ion	Emission dans l'eau / Eau souterraine, Long terme	0,0518
Traitement des résidus sulfuriques (secondaire)	Zinc, ion	Emission dans l'eau / Eau souterraine, Long terme	0,0654
	Arsenic, ion	Emission dans l'eau / Eau souterraine, Long terme	0,0412

3.3.5. Effets respiratoires

Parmi les catégories d'impacts sur la santé humaine que peut générer l'étude ACV, les effets respiratoires des produits issus des différents processus de fabrication. Elle est donnée en équivalent de masse des particules en suspension PM2,5 (kg PM2,5 eq).

La **figure 3-7** donne la contribution des différents procédés à la catégorie d'impact – Effets respiratoires pour le cas du procédé avec STEP.

La **Figure 3-7** montre que la section de Corroyage et Finissage est considérée parmi les principaux responsables des problèmes respiratoires résultant du processus de fabrication du cuir. Nous constatons que :

- La contribution de la section Corroyage et Finissage, seule, est de **53%** dans la valeur totale de l'impact des effets respiratoires.
- Les deux substances émises lors de processus de fabrication du cuir sont le dioxyde de Soufre et l'oxyde de l'azote avec une contribution de **7%** et de **46%** respectivement de la valeur totale de l'impact.

Le **tableau 3-5** nous donne les résultats de catégorie d'impact "Effets respiratoires " - Procédé avec STEP.

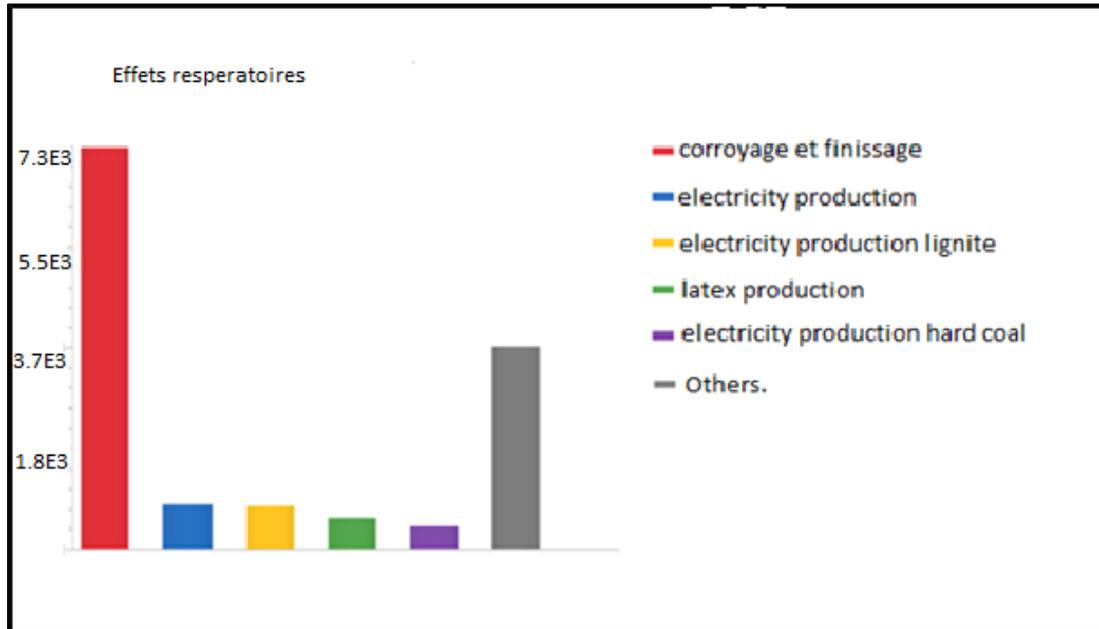


Figure 3-7 : Contribution des processus dans la catégorie "Effets respiratoires" - Procédé avec STEP

Tableau 3-5 : Résultats de catégorie d'impact "Effets respiratoires" - Procédé avec STEP

Section	Polluant généré par l'activité	Type d'émission	Effets respiratoires (Equiv.kg PM2,5)
Corroyage et Finissage STEP (principal)	Dioxyde du Sulfure	Emission vers l'air / Non spécifié	6337,54
	Oxyde d'Azote	Emission vers l'air / Non spécifié	936,23

Ces résultats montrent clairement que les substances qui peuvent générer des effets respiratoires sont émises dans l'atmosphère.

3.3.6. Formation photochimique d'Ozone

La dernière catégorie d'impact à prendre en considération dans cette étude, est celle de la formation du mauvais Ozone. La **figure 3-8** donne la contribution des différents procédés à la catégorie d'impact – Formation d'Ozone Photochimique pour le cas du procédé avec STEP.

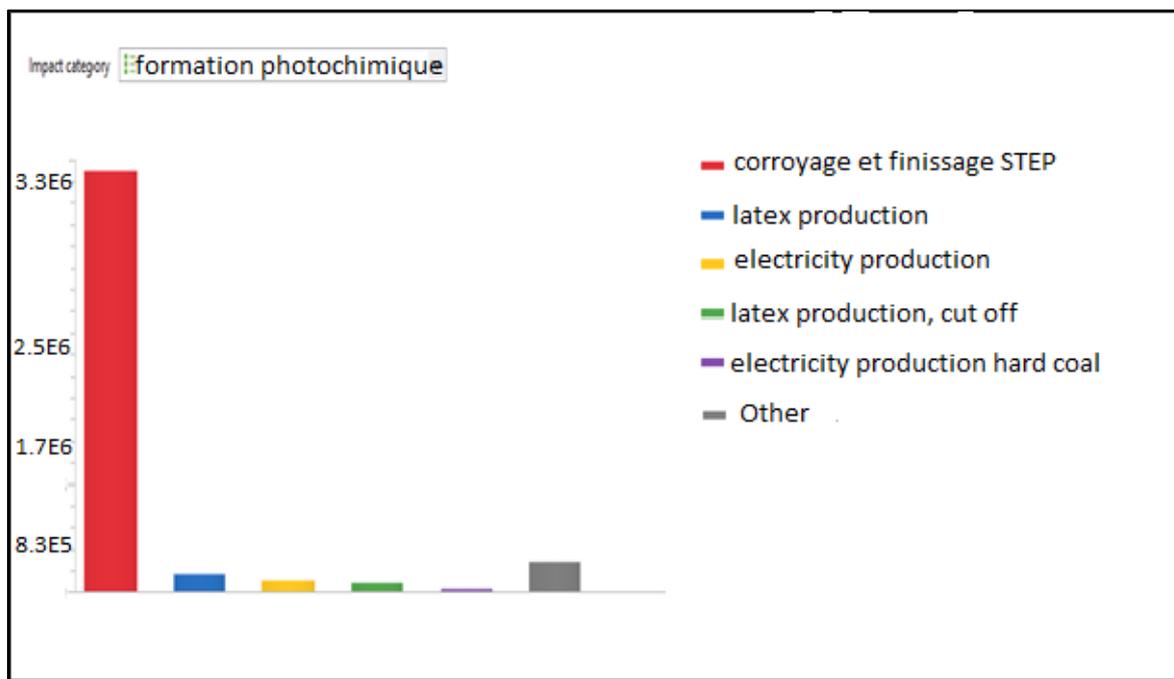


Figure 3-8 : Contribution des procédés dans la catégorie d'impact "Formation Photochimique d'Ozone" - Procédé avec STEP

Le processus principal qui contribue à la formation photochimique d'Ozone est la section Corroyage et Finissage.

- La section Corroyage et Finissage est le processus principal qui contribue dans cette catégorie d'impact.
- La contribution est de **85,47 %** de la valeur totale de l'impact.
- L'émission principale est Oxyde de l'Azote

Le **tableau 3-6** nous montre que l'oxyde d'azote émis vers l'air est la substance responsable de la valeur globale de cette catégorie d'impact.

Tableau 3-6 : Résultats de catégorie d'impact "Formation photochimique d'Ozone" - Procédé avec STEP

Section	Polluant généré par l'activité	Type d'émission	Formation photochimique d'ozone (Equiv.kg O ₃)
Corroyage et Finissage STEP (principal)	Oxyde d'Azote	Emission vers l'air / Non spécifié	3,21E+06

Le **tableau 3-7** résume les résultats de l'étude ACV pour le Procédé avec STEP muni de la station de traitement des effluents liquides. Nous remarquons d'après le tableau que les impacts environnementaux de l'usine MEGA Batna sont générés essentiellement par la section Corroyage et Finissage.

Tableau 3-7 : Récapitulatif des impacts du Procédé avec STEP

Catégorie d'impact	Section principale	Contribution(%)
Acidification (air)	Corroyage et Finissage STEP	80,0
Eutrophisation	Corroyage et Finissage STEP	22,5
Santé humaine - cancérigène	Corroyage et Finissage STEP	26,5
Santé humaine - non-cancérigène	-	-
Effets respiratoires	Corroyage et Finissage STEP	53,0
Formation d'ozone photochimique	Corroyage et Finissage STEP	85,0

3.4.Cas du procédé sans STEP : Unité de tannerie sans station de traitement des effluents liquides

Lors de notre passage au sein de l'entreprise, nous avons constaté que la station de traitement des effluents liquides était à l'arrêt. La défaillance de cette dernière a entraîné des rejets non traités vers l'environnement, notamment vers le réseau d'assainissement des eaux usées proches à l'usine.

Sachant que le déversement non contrôlé des rejets est considéré comme étant un accident majeur selon la directive SEVESO II (§ 3.1).

Nous allons élaborer une étude ACV en utilisant le logiciel OpenLCA pour la même unité de tannerie sans la station du traitement des rejets liquides. Nous introduirons les données nécessaires de l'inventaire à savoir les Inputs et les Outputs du système et les différents procédés de fabrication.

3.4.1. Processus de fabrication du cuir - Procédé sans STEP

La **figure 3-9** représente les liens entre les procédés de fabrication du cuir sans la station de traitement.

Dans la **figure 3-9**, nous constatons la présence des différentes sections que nous avons créé qui sont : Section Rivière, Section Tannage et Retannage et la section de corroyage et finissage. Nous voyons également sur le graphique, l'émergence d'une ligne de production qui ne fait pas partie du système étudié. Ces lignes correspondent à la production de diverses substances et produits chimiques utilisés dans la fabrication du cuir.

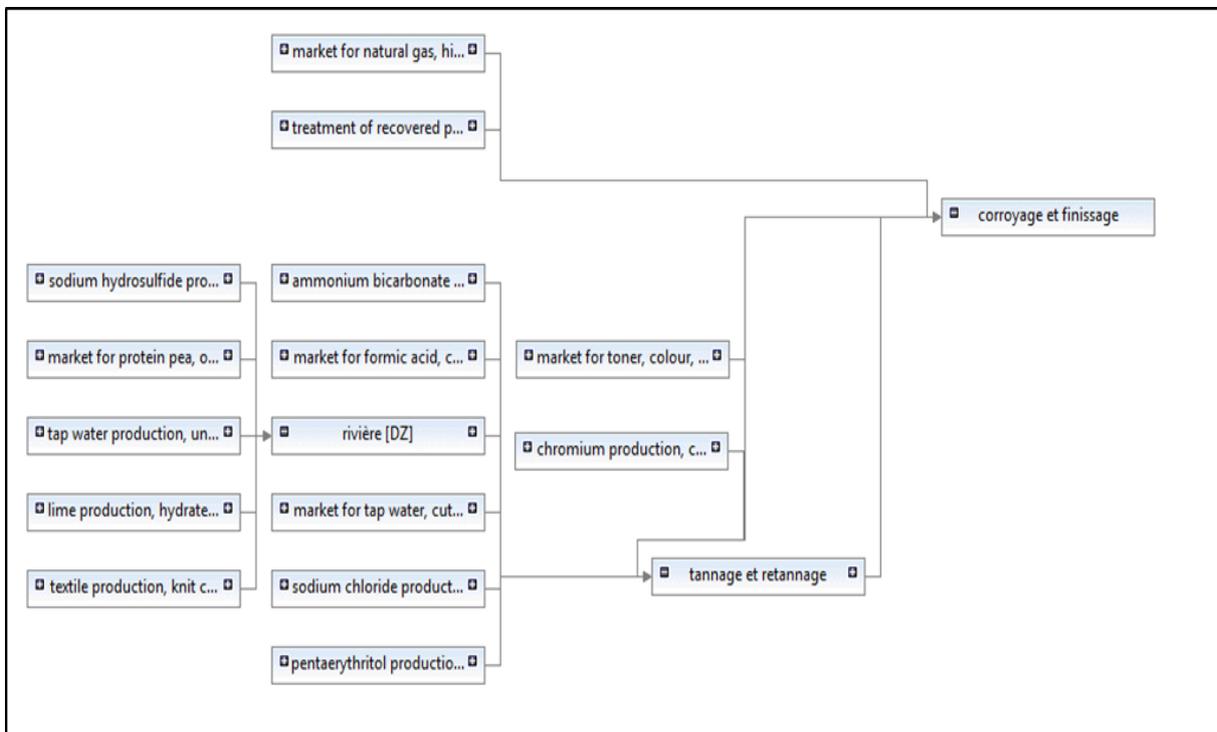


Figure 3-9 : Représentation graphique des procédés de fabrication du cuir "Procédé sans STEP"

3.4.1.1. Quantification des impacts par catégorie

Après avoir entré toutes les informations pour le logiciel, nous lançons le processus de calcul qui nous permettra d'avoir tous les résultats de quantification d'impact sur l'environnement que nous avons déjà mentionné.

Pour le cas de la tannerie les résultats d'impacts par catégorie sont donnés dans le **tableau 3-8** :

Tableau 3-8 : Quantification des impacts par catégorie (Procédé sans STEP)

Catégorie d'Impact	Résultats d'impact	Unité
Acidification	2,82E+05	kg SO ₂ equiv
Eutrophisation	9,69E+04	kg N equiv
Santé humaine – cancérigène	32,9063	CTUh
Santé humaine - non-cancérigène	1,32407	CTUh
Formation d'ozone photochimique	3,75E+06	kg O ₃ equiv
Effets respiratoires	1,36E+04	kg PM _{2,5} equiv

Les résultats de **Tableau 3-8** sont ensuite développés pour chaque catégorie d'impact pour pouvoir illustrer les sections ou les procédés qui impactent le plus l'environnement.

Le **tableau 3-9** résume les résultats de l'étude ACV pour le procédé sans la station de traitement des effluents liquide (Procédé sans STEP).

Tableau 3-9 : Récapitulatif des impacts du Procédé sans STEP

Catégorie d'impact	Section principale	Contribution
Acidification	Corroyage et Finissage	68%
Eutrophisation	Tannage et Retannage	70%
Santé humaine – cancérogène	Tannage et Retannage	99%
Santé humaine - non-cancérogène	Tannage et Retannage	45%
Effets respiratoires	Corroyage et Finissage	53%
Formation d'ozone photochimique	Corroyage et Finissage	85%

Nous constatons d'après le **tableau 3-9** que la production du cuir au niveau de l'usine MEGA Batna présente des impacts importants sur l'environnement, notamment sur les catégories étudiées.

Contrairement au procédé avec STEP, nous constatons l'apparition de la section Tannage et Retannage comme procédé à impact négatif sur l'environnement. Les impacts causés par cette section sont dus aux rejets liquides non traités et qui sont transférés, directement, vers l'environnement.

Nous constatons aussi une augmentation des impacts des catégories : acidification, eutrophisation et santé humaine d'où l'importance de la station de traitement des effluents liquides.

Pour la catégorie « Santé humaine- non cancérogène », nous remarquons l'apparition de la section Tannage et Retannage.

Pour les catégories d'impacts : Effet respiratoire et formation d'ozone photochimique, nous n'avons constaté aucun changement sur la valeur des impacts. Par conséquent nous pouvons dire que la STEP ne contribue pas dans la diminution de ces impacts.

3.5. Comparaison des deux procédés avec et sans STEP

La comparaison des deux procédés avec et sans STEP nous a permis d'illustrer l'importance de l'impact sur l'environnement que présente la fabrication du cuir et justifier de manière quantitative l'importance de la station de traitement des effluents liquides pour la diminution des impacts négatifs sur l'environnement.

La comparaison des impacts générés par les deux procédés avec et sans STEP sont mentionnés dans le **tableau 3-10** :

Tableau 3-10 : Comparaison des impacts générés par les deux procédés avec et sans STEP

Catégorie d'impact	Procédé sans STEP	Procédé avec STEP	Unité
Acidification	2,80E+05	2,43E+05	kg SO ₂ equiv
Eutrophisation	9,49E+04	2,55E+04	kg N equiv
Santé Humaine - Cancérogène	32,9063	1,02E+00	CTUh
Santé humaine - non cancérogène	1,32E+00	7,27E-01	CTUh
Formation d'Ozone photochimique	3,74E+06	3,75E+06	kg O ₃ equiv
Effets Respiratoires	1,35E+04	1,35E+04	kg PM _{2,5} equiv

Nous constatons en premier lieu qu'il y'a une diminution des impacts due à la présence d'une station de traitement des eaux. Cette diminution est plus importante pour la catégorie Santé Humaine – Cancérogène.

Pour les catégories d'impacts : Effet respiratoire et formation d'ozone photochimique, nous n'avons constaté aucun changement sur la valeur des impacts. Nous pouvons dire que la STEP ne contribue pas dans la diminution de ces impacts.

Pour une meilleure compréhension de l'apport de la station de traitement (STEP) sur les impacts environnementaux dus à la fabrication du cuir, nous allons procéder à une comparaison des valeurs relatives à chaque catégorie d'impact.

Pour cela, nous allons considérer les valeurs maximales d'impact (ceux générées par le procédé de fabrication sans STEP) comme étant les valeurs de référence (100 %). Nous exprimons ensuite les valeurs de Procédé avec STEP en pourcentage par rapport à la valeur de référence.

Le **tableau 3-11** résume les résultats de l'étude ACV par catégorie d'impact pour les procédés avec et sans STEP.

Tableau 3-11 : Résultats de l'étude ACV par catégorie d'impact pour les procédés avec et sans STEP

Catégorie d'impact	Procédé avec STEP (%)	Procédé avec STEP (%)
Acidification	100	86,75
Eutrophisation	100	26,87
Santé Humaine – Cancérogène	100	3,11
Santé humaine - non cancérogène	100	55,22
Formation photochimique d'Ozone	100	100
Effets Respiratoires	100	100

Les résultats du **tableau 3-11** peuvent être présentés sous forme de graphique (**figure 3-10**).

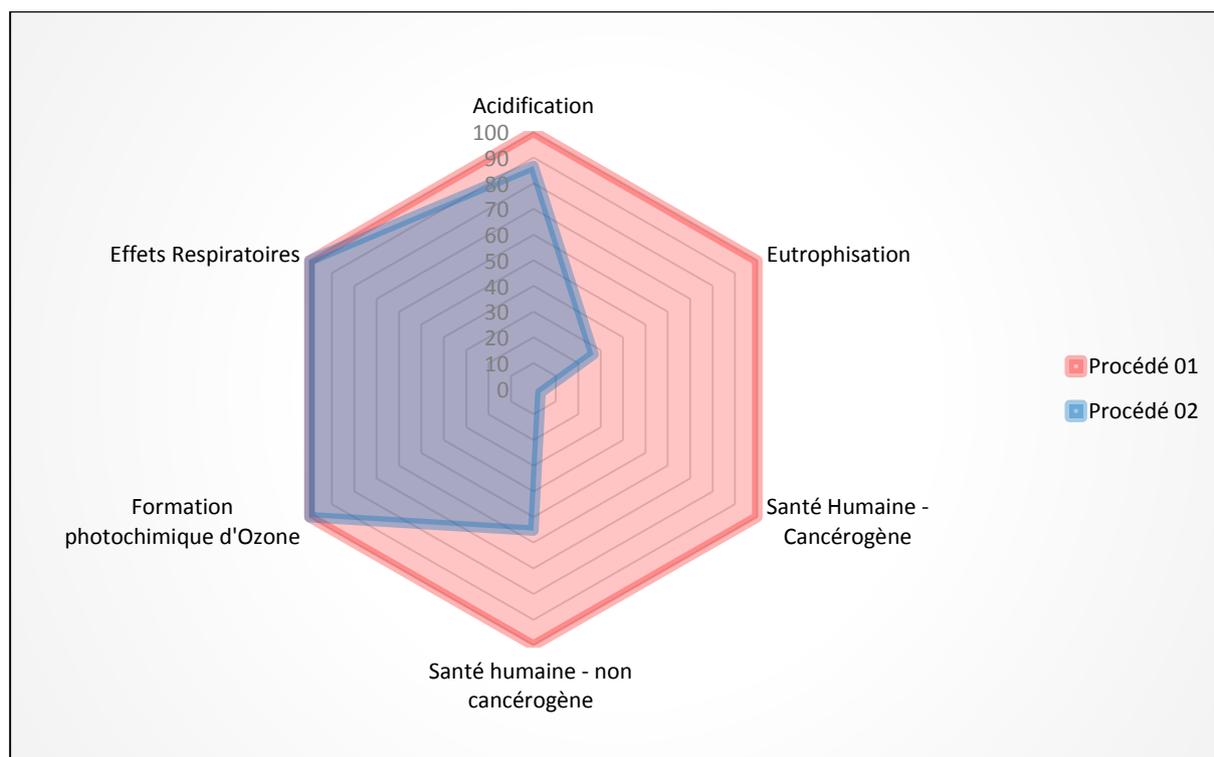


Figure 3-10 : Résultats relatifs des études ACV

Procédé 01 : Procédé sans STEP ; Procédé 02 : Procédé avec STEP

Nous constatons d'après la **figure 3-10**, la diminution des valeurs d'impact des catégories suivantes : eutrophisation, santé humaine-cancérogène et santé humaine- non cancérogène.

Nous constatons que la station de traitement contribue énormément à la diminution des différents impacts. A titre d'exemple, une diminution de plus de 96% et de 75% sur l'impact Santé Humaine – Cancérogène et l'impact eutrophisation respectivement.

3.5.1. Conclusion

Nous avons quantifié les impacts environnementaux que génère une unité de fabrication du cuir en tenant en compte de deux cas : la tannerie en présence et en absence de la station d'épuration.

Nous avons constaté l'importance de la station de traitement des effluents liquides Elle contribue d'une manière significative à la diminution des différents impacts.

La substance chimique utilisée dans la tannerie MEGA Batna est le chrome trivalent, une substance relativement stable dans la nature, qui peut présenter une toxicité vis-à-vis de la faune et de la flore. Ce métal dans l'eau peut être éliminé par les différentes opérations de coagulation floculation décantation, mais le problème reste toutefois posé en ce qui concerne le devenir de ce métal dans les boues des stations de traitement.

Le prochain chapitre sera dédié aux solutions possibles pouvant être mises en place pour améliorer la performance de l'unité de tannerie envers le respect de l'environnement.

Chapitre 4

SOLUTION ALTERNATIVE AUX SELS DE CHROME COMME AGENT TANNANT

Chapitre 4 : SOLUTION ALTERNATIVE AUX SELS DE CHROME COMME AGENT TANNANT

4.1.Introduction

Les nombreux avantages offerts par le tannage au chrome justifient son utilisation répandue pour la production de presque tous les types de cuir. Cependant, le procédé de tannage au chrome (III) est constamment menacé par la pression de la législation et les restrictions toujours plus strictes qui exigent de minimiser la teneur en chrome dans les effluents liquides industriels et les déchets solides.

Récemment, la fabrication et l'utilisation des agents de tannage sans chrome (III) ont fait leurs apparitions. Les composés d'aluminium, de zirconium et de titane se sont révélés une alternative efficace aux sels de chrome.

Le titane est parmi les éléments les plus abondants dans la nature, facile à obtenir et non toxique. Ainsi, l'utilisation du titane est considérée parmi les plus prometteuses pour le tannage du cuir [19].

Le procédé de tannage au chrome présente des avantages évidents. Cependant, le tannage au titane permet d'obtenir des cuirs avec des propriétés physiques comparables aux cuirs classiques tannés au chrome [20].

De plus, l'utilisation du titane présente certains avantages, nous citons :

- Faible toxicité en comparaison avec le chrome ;
- La présence de l'oxyde de titane dans les eaux peut avoir un effet bénéfique particulièrement dans les eaux usées puisqu'il permet de catalyser les réactions d'élimination de la pollution organique ;
- Amélioration de la qualité du produit en terme d'allergénicité; les sels de titane sont complètement inoffensifs et n'ont pas de problèmes liés à la sensibilité de la peau ou des muqueuses [21].

Nous allons réaliser une ACV comparative entre le procédé de tannage avec le chrome et le procédé de tannage avec du sulfate de titanyle. Les données de l'inventaire du tannage avec le Sulfate de titanyle sont inspirées de la littérature [22].

Le prix de sulfate de titanyle (pureté de 93%) coûte autour de 3000 \$ la tonne. Le chrome utilisé dans la mégisserie MEGA BATNA coûte autour 700\$ la tonne [23].

Pour cela, la substitution du chrome par le sulfate de titanyle dans la mégisserie nécessite une étude technico-économique et la prise de décision doit être basée sur les volets techniques et financiers.

4.2. Calcul de l'inventaire

Le **tableau 4-1** nous donne le pourcentage des produits chimiques en fonction de la masse des peaux vertes.

Tableau 4-1 : Pourcentage des produits chimiques en fonction de la masse des peaux vertes

%	Produits
50	eau 20°C
6	chlorite de sodium
1,2	acide formique
1,5	acide citrique
0,2	acide sulfurique
12	sulfate de titanyle (TiO ₂ 29%)
2,5	Oxyde de magnésium

4.3. Comparaison entre les impacts environnementaux des deux procédés :

Nous réaliserons dans un premier temps, l'étude ACV, pour le procédé du tannage avec le sulfate de titanyle, que nous comparerons par la suite à l'aide du logiciel, avec le même procédé du tannage au chrome.

Les résultats de la comparaison sont obtenus à l'aide du modèle **ILCD 2011, Midpoint**. Les catégories d'impacts choisies pour cette comparaison sont :

- Acidification
- Ecotoxicité en eau douce
- Santé humaine (cancérogène et non cancérogène)
- Effets respiratoires
- Formation d'ozone photochimique

Les résultats de la comparaison sont ensuite donnés sous formes d'histogrammes, illustrant l'impact du chaque procédé sur les catégories prédéfinies.

Nous ne présenterons dans la suite de ce document que la catégorie impact santé humaine - cancérogène du fait qu'elle était la plus significative.

4.3.1.1. Santé humaine - cancérogène

La **figure 4-1** montre la différence entre les valeurs globales des impacts santé humaine - cancérogènes dus aux procédés du tannage au chrome et au titane.

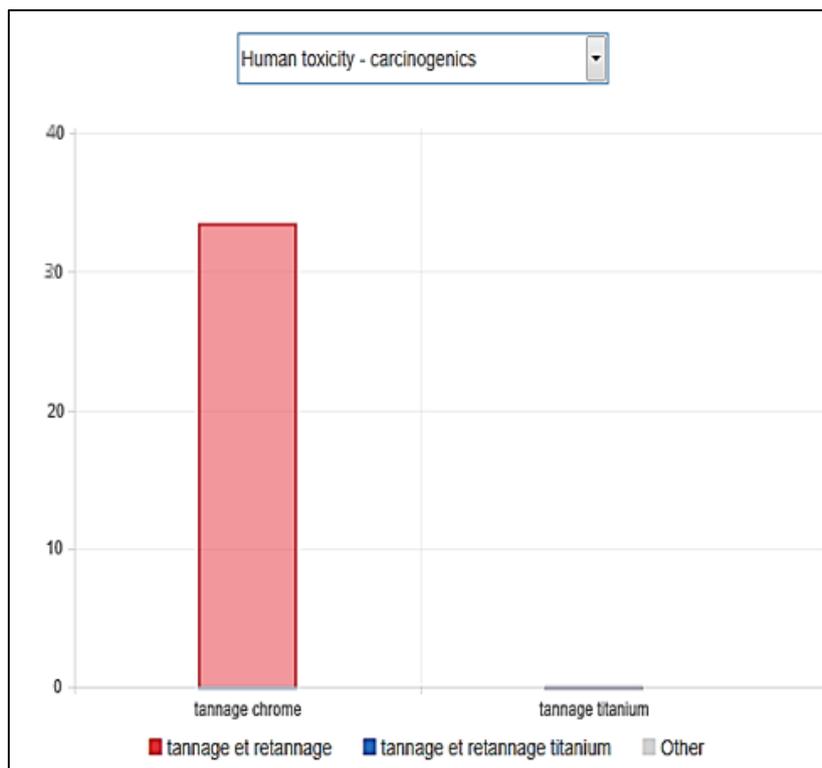


Figure 4-1 : Impact Santé humaine - cancérogènes pour les deux les types de tannage

Nous constatons, d'après la **figure 4-1** que l'impact du au procédé au tannage au chrome est nettement plus élevé que le tannage par le sulfate de titanyle. L'impact cancérigène sur la santé humaine est quasiment nul. Cela est confirmé par les données de la littérature concernant la toxicité du sulfate de titanyle.

Une présentation graphique des différentes catégories d'impact pour les deux procédés de tannage est représentée sur la **figure 4-2**.

Nous constatons, d'après la **figure 4-2**, que :

- La valeur de l'acidification pour le tannage au chrome est 40 fois plus élevé à celle du tannage au sulfate de titanyle.
- Le procédé du tannage au chrome contribue à des valeurs avoisinant les 40% à celle du tannage au sulfate de titanyle dans les catégories d'impacts suivantes : Eutrophisation, santé humaine- non cancérogène, effets respiratoires et la formation d'ozone photochimique.
- Concernant les catégories d'impacts : écotoxicité en eau douce et santé humaine-cancérigène, nous remarquons que le tannage au sulfate de titanyle ne présente aucun impact sur l'environnement.

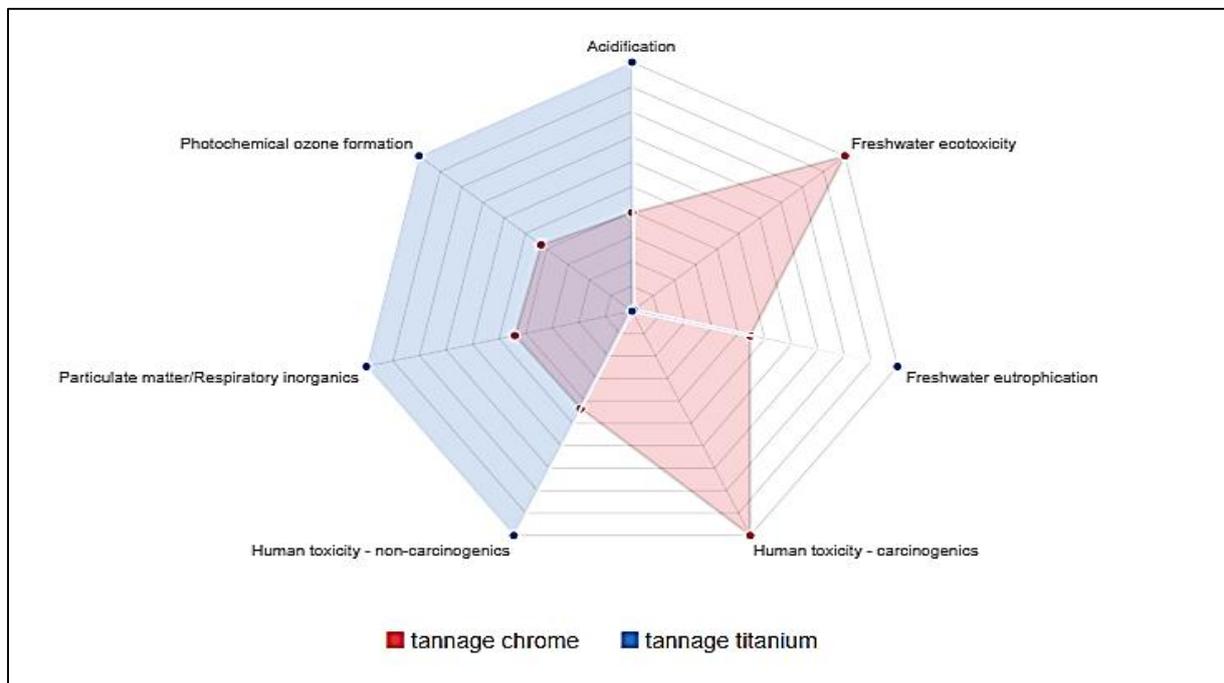


Figure 4-2 : Résultats de la comparaison des deux types du tannage

4.4. Conclusion

Les résultats ont montré que le chrome utilisé comme agent tannant présente un impact important sur l'environnement. Le chrome est la substance la plus contributrice dans les impacts environnementaux dû à l'ensemble du processus de fabrication du cuir.

Nous avons préconisé comme solution la substitution du chrome par un agent tannant moins nocif pour l'environnement qui est le sulfate de titanyle qui présente moins d'impacts sur l'environnement par rapport au même procédé effectué par le chrome.

Toutefois, cette substitution nécessite une étude technico-économique et la prise de décision doit être basée sur les volets techniques et financiers mais aussi sur le volet environnement.

CONCLUSION GENERALE

CONCLUSION GENERALE

La tannerie, même à petite échelle, présente une particularité dans le domaine des industries en termes de pollution. C'est dans cette optique que nous nous sommes intéressés à réaliser une évaluation des impacts environnementaux, au niveau de la Mégisserie Aurassienne. Afin d'atteindre cet objectif, nous avons suivi un enchaînement logique allant de l'implémentation de la démarche ACV, jusqu'à la proposition des solutions aux problèmes posées.

Les caractéristiques techniques et économiques de la transformation du cuir en Algérie sont aujourd'hui suffisamment connues pour éclairer les décideurs sur le choix de la technologie la plus adaptée aux différents process. En revanche, l'évaluation des impacts sur l'environnement, troisième volet du développement durable, est encore mal maîtrisée. Ainsi, une méthode d'aide à la décision pour évaluer les performances environnementales de ces systèmes semble nécessaire. Pour répondre à cette problématique, une démarche de recherche basée sur l'application de l'ACV a été retenue dans la présente étude.

Cette approche nous est apparue comme la plus adaptée à ce que nous recherchions : son objet d'étude est un produit, un service ou un procédé (et non un site ou une substance contrairement à d'autres méthodes). Elle évalue l'ensemble des impacts environnementaux, et enfin grâce au concept du cycle de vie, l'ACV est capable d'évaluer une partie ou l'ensemble d'une filière de production du cuir, en tenant compte des impacts directs et indirects. Cependant, du fait de la méconnaissance de cette méthodologie, l'ACV n'a jusqu'à présent pas été développée en Algérie et aucune évaluation des impacts associée à la transformation du cuir n'a été effectuée. D'où l'intérêt de ce travail qui consiste en la réalisation d'une analyse de cycle de vie pour le procédé de fabrication local du cuir et les objectifs principaux sont :

- ❖ Evaluer les impacts sur l'environnement de la transformation de cuir en utilisant l'approche ACV ;
- ❖ Déterminer la contribution à la charge environnementale des différents éléments de base de la transformation du cuir ;
- ❖ Identifier les différentes substances et matières responsables de ces charges afin de les améliorer.

L'implémentation d'une étude d'Analyse de Cycle de Vie sur la tannerie (fonctionnement normal), nous a permis d'évaluer et de quantifier les impacts sur l'environnement sélectionnés à savoir :

- L'Acidification ;
- L'Eutrophication ;
- La Santé Humaine – cancérogène ;
- La Santé humaine – non cancérogène ;
- Les Effets respiratoires ;
- La Formation d'ozone photochimique.

Les scores d'impacts calculés par le logiciel OpenLCA sur un système constitué des différentes étapes de fabrication du cuir muni d'une station de traitement des effluents liquides (Procédé avec STEP) sont à :

- **2,43.10⁵ kg SO₂ equiv** pour l'Acidification,
- **2,55.10⁴ kg N equiv** pour l'Eutrophication,
- **1,02223 CTUh** pour la Santé Humaine – cancérogène,
- **0,72688 CTUh** pour la Santé humaine – non cancérogène,
- **1,35.10⁴ kg PM 2,5 equiv** pour les Effets respiratoires
- et **3,75.10⁶ kg O₃ equiv** pour la Formation photochimique d'Ozone.

Néanmoins, la station de traitement n'étant pas fonctionnelle durant notre séjour au sein de l'entreprise, nous ne pouvons pas juger la situation du système étudié (Procédé avec STEP) vis à vis l'environnement en nous basant sur les valeurs obtenues à ce stade.

Afin de nous rapprocher de la réalité et dans un contexte d'un accident majeur, nous avons jugé nécessaire d'appliquer une ACV sur le système sans station de traitement (Procédé sans STEP), pour connaître les impacts réels de cet accident sur l'environnement. Les scores d'impacts étaient, dans ce cas-là, comme suit :

- **2,82. 10⁵ kg SO₂ equiv** pour l'Acidification,
- **9,69.10⁴ kg N equiv** pour l'Eutrophication,
- **32,9063 CTUh** pour la Santé Humaine – cancérogène,
- **1,32407 CTUh** pour la Santé humaine – Non cancérogène,
- **1,36.10⁴ kg PM 2,5 equiv** pour les Effets respiratoires,
- **3,75.10⁶ kg O₃ equiv** pour la formation d'ozone photochimique.

Nous avons ensuite effectué une comparaison entre ces deux systèmes, afin de connaître lequel est le plus impactant et les processus qui sont responsables de ces impacts. Nous avons constaté que le procédé sans la station de traitement est le plus impactant, et le processus responsable de cet impact, est particulièrement la section Tannage et Retannage à cause de la quantité de chrome rejeté sans traitement.

Le dernier chapitre de cette étude était dédié à la proposition des solutions pour l'amélioration de la situation. Après avoir identifié la substance responsable de cette pollution, nous avons proposé la substitution du sel de chrome par le sulfate de titanyle, car cette substance présente d'une part des caractéristiques tannantes très proches de celles du chrome et un état non nocif pour l'environnement.

Pour finir, nous avons comparé les deux processus de tannage avec le chrome et avec le sulfate de titanyle et nous avons constaté que le tannage avec le sulfate de titanyle présente moins d'impact sur l'environnement.

Toutefois, cette substitution nécessite une étude technico-économique car la prise de décision doit tenir compte des volets techniques et financiers même si elle est favorable sur le plan environnemental.

Références Bibliographique

- [1] L. Juliette, «Représentation dans l'Analyse de Cycle de Vie des impacts environnementaux des usages de l'espace marin,» École Nationale Supérieure Agronomique de Montpellier , France, 2013.
- [2] A. Tisseem, «Impacts des rejets de la tannerie megissrie mega de batna sur oued el ghorzi,» Université 20 Août 55, Skikda, Algérie, 2007.
- [3] C. européenne, «Tannage des cuirs et peaux,» 2003.
- [4] «Etude sur les possibilité de prévention de la pollution dans le secteur industriel du tannage dans la région méditerranéenne,» Centre d'Activités Régionales pour la Production Propre, Paris, France, 2000.
- [5] PII MEGA Batna, Batna, 2017.
- [6] N. C. O. Ministers, Product Life Cycle Assessment: – Principles and Methodology, Stockholm, 1992.
- [7] ISO 14040: Environmental Management - Life Cycle Assessment - Principles and Framework, 2006.
- [8] O. Jolliet, Analyse du cycle de vie: comprendre et réaliser un écobilan, PPUR Presses polytechniques, 2010.
- [9] G. M. Guinée J, Life Cycle Assessment - An operational guide to the ISO standards, 2001.
- [10] V. Filimonau, Life Cycle Assessment (LCA) and Life Cycle Analysis in Tourism: A Critical Review of Applications and Implications, Springer, 2015.
- [11] J. Potting et M. Hauschild, «the linear nature of enviromental impact fromemission in life cycle assesement,» *international journal of life cycle assesement* , 1997.
- [12] Y. Leroy, «Développement d'une méthodologie de fiabilisation des prises de décisions environnementales dans le cadre d'analyses de cycle de vie basée sur l'analyse et la gestion des incertitudes sur les données d'inventaires,» *Sciences de l'ingénieur*, 2009.
- [13] S. Ventura, «Boundaries matter : greenhouse gaz emission reduction from alternative waste treatment strategies for caleifornia's municipal solid waste,» *resources conservation and recycling*, 2011.
- [14] M. Marchand, « Considération de la différenciation spatiale dans l'évaluation des impacts environnementaux locaux au moyen de l'Analyse du Cycle de Vie (ACV) : application à la gestion des déchets ménagers » *Université Rennes 1*, 2013.

- [15] «Futura Science,» 2017. [En ligne]. Available: <https://www.futura-sciences.com/planete/definitions/changement-climatique-rechauffement-climatique-13827/>. [Accès le Mars 2018].
- [16] «Dictionnaire environnement,» 2010. [En ligne]. Available: https://www.dictionnaire-environnement.com/accident_majeur_ID3623.html. [Accès le Mai 2018].
- [17] K.-Y. Faroudja, «Evaluation environnementale de l'industrie agroalimentaire par application de la méthodologie analyse de cycle de vie<<ACV>>,» 2018.
- [18] «Leather animal product,» [En ligne]. Available: <https://www.britannica.com/topic/leather>. [Accès le 03 mai 2018].
- [19] M. Crudu et V. Deselnicu, «New wet white tanning agents and technology,» chez *ICAMS 2012 – 4th International Conference on Advanced Materials and Systems*, romania, 2012.
- [20] D. Castiello, G. Calvanese, M. Puccini, M. Salvadori et Maurizia, «A technical feasibility study on titanium tanning to obtain upper quality versatile leather,» *Polo Tecnologico Conciario*, 2016.
- [21] «CREA-cuir,» 30 novembre 2017. [En ligne]. Available: <file:///M:/Le%20tannage%20du%20cuir%20au%20titane.html>.
- [22] «TITANIUM-TANNED LEATHER,» *Centre for Technology and Innovation*, 2012.
- [23] «Alibaba,» [En ligne]. Available: <https://www.alibaba.com/showroom/titanyl-sulfate.html>. [Accès le 27 05 2018].
- [24] A. Humbert, *Le géographe et le tapis volant* (Volume 5 de *Essais de la Casa de Velázquez*), Casa de Velázquez, 2012.

ANNEXES

Annexe A : Réalisation de l'inventaire

A-1 Section rivière

Réalisé par: GUEDJIBA Aymen	Date de réalisation: 10-05-2018			
Identification du processus élémentaire: Rivière	Site objet du compte-rendu:			
Période: 3 mois	Mois de début: Janvier	Mois de fin: Mars		
Description du processus élémentaire: La peau ayant perdue sa fraîcheur durant la période de conservation doit être réhydratée, c'est durant le travail de rivière que cette opération aura lieu.				
Entrants matières	Unité	Quantité	description des méthodes d'échantillonnage	origine
Peaux brutes	pièce	64591	dénombrassions	fournisseur
Sulphate de sodium	kg	1550	Tonnage des produits lors de la phase de production	fournisseur
Chaux hydraté	kg	4550		fournisseur
Sulfure de sodium	kg	5330		fournisseur
DGE	kg	416		fournisseur
Graisse	kg	54		fournisseur
Consommation d'eau	Unité	Quantité	Description des méthodes d'échantillonnage	
Eau de forage	m ³	4480	facture Sonalghaz	
Entrants énergétique	Unité	Quantité	Description des méthodes d'échantillonnage	Origine
Energie électrique	kW	×	×	
Gaz naturel	m ³	×	×	
Sortant matériel	Unité	Quantité	Description des méthodes d'échantillonnage	Destination
Peaux vertes	pièce	64548	Dénombrassions	Tannage
La laine	kg	2581	Tonnage lors de la vente	Vente
DBO ₅	mg O ₂ /L	1311,7	Documents de l'entreprise	La nature
DCO	mg O ₂ /L	38958,3		La nature
NH ₄ ⁺	mgN/L	148,7		La nature
Cl ⁻	mg/L	15456,5		La nature
S ²⁻	mg/L	566,5		La nature

A-2 Tannage et Retannage

Réalisé par: GUEDJIBA Aymen		Date de réalisation: 10-05-2018		
Identification du processus élémentaire: Tannage et Retannage		Site objet du compte-rendu:		
Période: 3 mois		Mois de début: Janvier	Mois de fin: Mars	
Description du processus élémentaire: Les peaux après les travaux de rivière sont gonflées et alcalines et toujours putrescibles, pour les transformer en matière imputrescible.				
Entrants matières	Unités	Quantité	Description des méthodes d'échantillonnage	Origine
Peaux vertes	pièce	64548	Dénombrassions et Tonnage	fournisseur
Diapol DGE	kg	1812,2	Tonnage lors de la production	fournisseur
Sel industriel	kg	12630		fournisseur
Formiate de sodium	kg	657		fournisseur
Acide formique	kg	823,7		fournisseur
Acide sulfurique	kg	712		fournisseur
Sulfate basic de chrome	kg	8564		fournisseur
Bicarbonate de Na	kg	26		fournisseur
Desencalente	kg	430		fournisseur
Saniprot L-LTN	kg	120,5		fournisseur
Enzimas 15 TD	kg	507		fournisseur
Metabusulfite de Na	kg	515,5		fournisseur
Feliderm MGO	kg	453,9		fournisseur
Consommation d'eau	Unité	Quantité	Description des méthodes d'échantillonnage	
Eau de forage	m ³	1243	Facture de Sonalgaz	
Entrants énergétique	Unité	Quantité	Description des méthodes d'échantillonnage	Origine
Gaz naturel	m ³	×	×	

ANNEXES

Energie électrique	kW	×	×	
Sortant matériel	Unité	Quantité	Description des méthodes d'échantillonnage	Destination
Wet-bleu	Pièce	64375	Dénombrassions et Tonnage	finissage
DCO	mg O ₂ /L	10508,2	Documents de l'entreprise	la nature
NH ₄ ⁺	mg N/L	5692,3		la nature
Ntk	mg N/L	9660,3		la nature
NO ₃ ⁻	mg N/L	5216,8		la nature
Cl ⁻	mg/L	23884,7		la nature
Cr ³⁺	mg/L	2371		la nature
S ²⁻	mg/L	112,5		la nature

A-3 Corroyage et Finissage

Réalisé par: GUEDJIBA Aymen			Date de réalisation: 10-05-2018	
Identification du processus élémentaire: Corroyage et Finissage			Site objet du compte-rendu:	
Période: 3 mois	Mois de début: Janvier	Mois de fin: Mars		
Description du processus élémentaire: L'objectif de cette opération est de mettre en valeur les propriétés d'usage du cuir en améliorant sa protection contre les agressions de l'eau et des souillures et atténuer les taches et défauts des fleurs en appliquant une couche de fleur artificielle sur le cuir				
Entrants matières	Unité	Quantité	description des méthodes d'échantillonnage	origine
wet-bleu	pièce	64375	dénombrassions	fournisseur
PPE Noir	kg	291,1	Tonnage	fournisseur
Regel	kg	140,5		fournisseur
Unicryl c105	kg	457		fournisseur
Melio EW314B	kg	541		fournisseur
f-50 Cerobina	kg	261,5		fournisseur
Melio EW 348	kg	535		fournisseur
Wax AW 048 N	kg	111,1		fournisseur
Melio wax 180	kg	7		fournisseur
Isoderm.LA85N1	kg	90		fournisseur
Consommation d'eau	unités	quantité		description des méthodes d'échantillonnage
Eau de forage	m ³	420	Facture sonalgaz	
entrants énergétique	unités	quantité	description des méthodes d'échantillonnage	origine
Gaz naturel	m ³	86289	Facture	sonalgaz
Energie électrique	kw	175474	Facture	sonalgaz
Sortant matériels	unité	quantité	description des méthodes d'échantillonnage	destination
Rebut de cuir	kg	3500	Tonnage au niveau de la décharge	la décharge
Poussière de cuir	kg	133	Tonnage au niveau de la décharge	la décharge
CO ₂	T	191,975	D'après la quantité de gaz consommée et les fiches techniques de la chaudière et le bruleur du pigmentateur	la nature
SO ₂	T	103,44		la nature
NOx	T	131,309		la nature
Poussière	T	38,21		la nature

Annexe B :

Données pour Logiciel (sortie)

Section rivière			Section Corroyage et Finissage		
Identification du processus élémentaire			identification du processus élémentaire		
émissions dans l'air	unités	quantité	émissions dans l'air	Unité	Quantité
			CO ₂	Tonne	191,98
émission dans l'eau	unité	quantité	SO ₂	tonne	103,44
Eau	m ³	9563	NOx	tonne	131,31
DBO ₅	kg	1311,7	Poussière	tonne	38,21
DCO	kg	38958,3	Emission dans l'eau	unités	quantité
NH ₄ ⁺	kg	148,7	Eau	m ³	1294
Ntk	kg	5230,8	Emission dans le sol	Unité	Quantité
NO ₃ ⁻	kg	84	Section STEP		
Cl ⁻	kg	15456,5	identification du processus élémentaire		
S ²⁻	kg	566,5	Emissions dans l'air	Unité	Quantité
émissions dans le sol	Unité	Quantité			
la laine	kg	2580	Emission dans l'eau	Unité	Quantité
les fûts	Unité	17	Eau	m ³	1294
les sacs	Unité	46	pH		6.5-8
Section tannage et retannage			DBO ₅	kg	5418,6
identification du processus élémentaire			DCO	kg	12643,4
Emission dans l'air	Unité	Quantité	Sulfures (S ²⁻)	kg	9,031
			Chrome (Cr ³⁺)	kg	18,062
Emission dans l'eau	Unité	Quantité	Huiles et graisses	kg	722,48
Eau	m ³	7205	Emission dans le sol	Unité	Quantité

DCO	kg	5674,4
NH ₄ ⁺	kg	3073,8
Ntk	kg	5216,5
NO ₃ ⁻	kg	2817,07
Cl ⁻	kg	12897,74
Cr ³⁺	kg	1280,34
S ²⁻	kg	60,75
Emission dans le sol	unités	quantité
Wet-bleu	kg	720
les sacs		