

Faculté des Sciences et de la Nature et de la Vie  
Département des Sciences Alimentaires  
Filière : Sciences Alimentaires  
Spécialité : Sciences Alimentaires  
Option : Qualité des Produit et Sécurité Alimentaire



Réf:.....

Mémoire de Fin de Cycle  
En vue de l'obtention du diplôme

**MASTER**

***Thème***

**Etude comparative: Analyse de cycle de  
vie (ACV) de la figue de barbarie de  
Bejaia et celle de Souk-Ahres**

Présenté par: **Mansouri Nassima**

Soutenu le:25/06/2018

Devant le jury composé de :

M <sup>me</sup> Smail Leila	MAA	President
M <sup>lle</sup> Mekhoukhe Aida	MAA	Examineur
M <sup>lle</sup> AchatSabiha	MCA	Encadreur
M <sup>r</sup> MansouriHafedEddine	Expert ISO	Invité
M <sup>r</sup> GharbiRiyad	Expert ISO	Invité

**Année universitaire : 2017/ 2018**

## *Remerciements*

On dit souvent que le trajet est aussi important que la destination. La reprise de mes études après quinze années m'ont permis de bien comprendre la signification de cette phrase toute simple. Ce parcours, en effet, ne s'est pas réalisé sans défis, contraintes et de longues heures de travail.

Un grand merci à Dieu pour m'avoir donné la force de mener à terme cette étude.

Si ce travail a été concrétisé c'est surtout grâce aux efforts prodigués par mon époux Mr Mansouri Hafed E ddine. Je le remercie, pour son aide si précieuse, son soutien et ses encouragements.

Je tiens aussi à remercier mes parents de m'avoir aidé et soutenu dans ma vie

Je remercie vivement toutes les personnes qui ont contribués de pré ou de loin à la réalisation de ce mémoire notamment:

Melle Achat Sabiha d'avoir encadré ce travail, et pour son aide et conseils ;

Mme Smail leila de m'avoir fait l'honneur de présider la soutenance ;

M<sup>lle</sup> Mekhoukhe Aida d'avoir examiné ce travail ;

Mr Madani pour ses conseils ;

Mes amies Sonia, Nadia, Lamia, Sara et Nadjat pour l'aide précieuse qu'elles m'ont apporté, pour leur soutien moral et leurs encouragements.

# *Dédicaces*

Je dédie ce modeste travail a mes enfants Dania Rosa, Maria Iliz et Ilyan Daris que le bon dieu me les protège.

- A mon époux Hafed Eddine
- A mes parents
- A la mémoire de ma fille Maria

*Nassima*

# Sommaire

Liste des abréviations	
Liste des figures	
Liste des tableaux	
<b>Introduction</b>	1
<b>I. Analyse de cycle de vie</b>	3
I.1. Historique	3
I.2. Définition	4
I.3. Organisation Internationale de Normalisation	5
I.3.1. Norme ISO 14040	5
I.3.2. Norme ISO 14044	6
I.3.3. Norme ISO 14046	6
I.4. Termes et définitions	7
I.5. Les critères d'impacts	8
I.5.1. L'eutrophisation	8
I.5.2. Empreinte carbone	9
I.5.3. Ecotoxicité	9
I.5.4. Rareté de l'eau	9
<b>II. Figue de barbarie</b>	10
II.1. Description botanique et taxonomie	10
II.2. Origine et distribution géographique	11
II.3. Plantations en Algérie	11
II.4. Exigences écologiques	12
II.5. Importance	13
II.5.1 Importance écologique	13
II.5.2. Importance économique	13
II.5.3. Ethnopharmacologie	14
<b>III. Application de l'ACV à la figue de barbarie</b>	16
III.1. Définition des objectifs et du champ de l'étude	16
III.1.1.Objectif de l'étude	17
III.1.2.Champ de l'étude	17
III.1.2.1.Bejaia	17
III.1.2.2. Souk Ahras	18

III.2. Système étudié	19
III.2.1. Phases de cycle de vie incluses dans l'étude	19
III.2.2. Phases de cycle de vie exclues de l'étude	20
III.3. Unité fonctionnelle	21
III.4. Contextes d'usage et flux de référence	21
III.4.1. L'usage	21
III.4.2. Flux de référence	21
III.5. Frontière des systèmes	21
III.6. Les hypothèses	21
III.7. Inventaire	23
a. La phase de plantation	24
b. La phase de triage	24
c. La phase de production	25
d. La phase de distribution	28
e. La phase d'utilisation	29
f. La phase de fin de vie	30
III.8. Evaluation de l'impact du cycle de vie de l'huile	31
III.8.1. Résultats et discussion	31
a. Impact eutrophisation	31
b. Impact de l'écotoxicité eau douce	32
c. Empreinte carbone	34
d. Empreinte eau rareté	36
III.9. Interprétation du cycle de vie	38
Conclusion	
Annexe	
Références bibliographiques	



## *Liste des abréviations*

**ACV** : Analyse de cycle de vie.

**ACVI** : Évaluation de l'impact du cycle de vie.

**CEI** : Commission Electrotechnique Internationale.

**Fig** : Figure.

**ICV** : Inventaire du cycle de vie.

**ISO** : Organisation standardisation internationale.

**NO<sub>2</sub>** : Dioxyde d'azote.

**SO<sub>2</sub>** : Dioxyde de soufre

**CO<sub>2</sub>** : Dioxyde d'hydrogène

**I.N.R.A.A, 2011** : Institut National De La Recherche Agronomique d'Algérie

**Km** : Kilomètre

**PE** : polyéthylène

**PP** : polypropylène

**PVC** : Polychlorure de vinyle

**FU** : unité fonctionnelle

**BJ** : Bejaia

**Kg P eq/unite**: Kilogramme phosphore equivalent unite

**SA** : Souk Ahras

## *Liste des figures*

<b>Figure 1</b> : Historique de l'ACV .....	3
<b>Figure 2</b> : Cycle de vie d'un produit.....	4
<b>Figure 3</b> : Les principales étapes de l'Analyse du Cycle de Vie .....	6
<b>Figure 4</b> : (a) Figuier de barbarie et ses différentes parties (b).....	10
<b>Figure 5</b> : Récapitulatif macroscopique du déroulement d'une ACV.....	14
<b>Figure 06</b> : Frontière du système .....	20
<b>Figure 07</b> Les entrants et les extrants de la phase de plantation à Souk Ahras .....	22
<b>Figure 08</b> : Les entrants et les extrants de la phase de plantation.....	22
à Bejaia	
<b>Figure 09</b> : Les entrants et les extrants de la phase de triage.....	23
à Souk Ahras et Bejaia	
<b>Figure 10</b> : les entrants et les extrants de la phase de production	
à Souk Ahras et Bejaia.....	26
<b>Figure 11</b> : les entrants et les extrants de la phase de transport	
à Souk Ahras et Bejaia.....	27
<b>Figure 12</b> : les entrants et les extrants de la phase d'utilisation.....	28
<b>Figure 13</b> : les entrants et les extrants de la phase de fin de vie.....	28
<b>Figure 14</b> : impact de l'eutrophisation à Bejaia .....	29
<b>Figure 15</b> : impact de l'eutrophisation à Souk A hras .....	30
<b>Figure 16</b> : comparaison de l'eutrophisation entre Bejaia et Souk Ahras.....	30
<b>Figure 17</b> : impact de l'écotoxicité eau douce à Bejaia.....	31

---

<b>Figure 18</b> : impact de l'écotoxicité eau douce à Souk Ahras.....	31
<b>Figure 19</b> : comparaison de l'écotoxicité eau douce entre Bejaia et Souk Ahras.....	32
<b>Figure 20</b> : impact de l'empreinte carbone à Bejaia .....	32
<b>Figure 21</b> : impact de l'empreinte carbone à Souk Ahras.....	33
<b>Figure 22</b> : comparaison de l'empreinte carbone entre Bejaia..... et Souk Ahras	33
<b>Figure 23</b> : impact de l'empreinte Eau rareté à Bejaia.....	34
<b>Figure 24</b> : impact de l'empreinte Eau rareté à Souk Ahras.....	34
<b>Figure 25</b> : comparaison de l'empreinte eau rareté entre Bejaia et Souk Ahras.....	35
<b>Figure 26</b> : comparaison des quatre impacts entre toutes les phases de cycle de vie à Bejaia.....	35
<b>Figure 27</b> : comparaison des quatre impacts entre toutes les phases de cycle de vie à Souk Ahras.....	36
<b>Figure 28</b> : comparaison des totaux de chacun des quatre impacts..... entre Bejaia et Souk Ahras	36

## *Liste des tableaux*

<b><u>Tableau I</u></b> : Fiche technique de l'huile de figue de barbarie.....	21
<b><u>Tableau II</u></b> : les entrants et les extrants de la phase de plantation.....	22
<b><u>Tableau III</u></b> : Les entrants et les extrants de la phase de triage.....	23
<b><u>Tableau VI</u></b> : les entrants et les extrants de la phase de séparation des graines.....	24
<b><u>Tableau V</u></b> : les entrants et les extrants de la phase de séchage des graines.....	24
<b><u>Tableau IV</u></b> : les entrants et les extrants de la phase d'extraction des huiles et mise sous emballage vrac.....	25
<b><u>Tableau IIIV</u></b> : les entrants et les extrants de la phase de mise sous emballage flacon.....	25
<b><u>Tableau IIIV</u></b> : les entrants et les extrants de la phase de distribution.....	26
<b><u>Tableau XI</u></b> : les entrants et les extrants de la phase d'utilisation.....	27
<b><u>Tableau X</u></b> : les entrants et les extrants de la phase de fin de vie.....	28



Le développement durable est devenu aux cours des vingt dernières années une notion familière qui est régulièrement rapporté dans l'actualité journalistique, dans les programmes politiques ainsi que dans les discours des organismes internationaux de développement. C'est autour de l'emblématique repris lors de la conférence sur l'environnement et le développement RIO en 1992 que la définition et les objectifs de cette notion sont établis. Le développement durable est un développement qui répond aux besoins du présent sans compromettre la capacité des générations futures de répondre aux leurs (**Dumora, 2006**).

L'agriculture joue un rôle crucial dans le démarrage économique des nations; son développement harmonieux est, de surcroît, indispensable à l'équilibre écologique de notre monde. L'agriculture joue un rôle central dans le développement économique d'un Etat dans la mesure où la majorité des habitants des pays pauvres tirent leurs subsistances du sol. L'amélioration de l'agriculture est le point de départ qui pourra aider le Tiers Monde à prendre le démarrage qui le rapprocherait d'une économie plus ou moins développée (**Bouri, 2011**).

La prise de conscience accrue de l'importance de la protection de l'environnement et des impacts possibles associés aux produits tant fabriqués que consommés a augmenté l'intérêt pour le développement de méthodes destinées à mieux comprendre et à remédier à ces impacts. L'une de ces techniques en cours de développement est l'analyse du cycle de vie (ACV) (**ISO, 2006**).

L'analyse de cycle de vie est devenue un outil incontournable pour la conception de produits plus respectueux de l'environnement (dont l'empreinte sera réduite par rapport à un produit similaire, présentant les mêmes fonctionnalités). Devenu outil de communication pour les entreprises engagés dans la démarche de développement durable, l'analyse du cycle de vie est actuellement en plein essor, favorisé entre autre par le développement de la normalisation internationale (**ISO, 2006**).

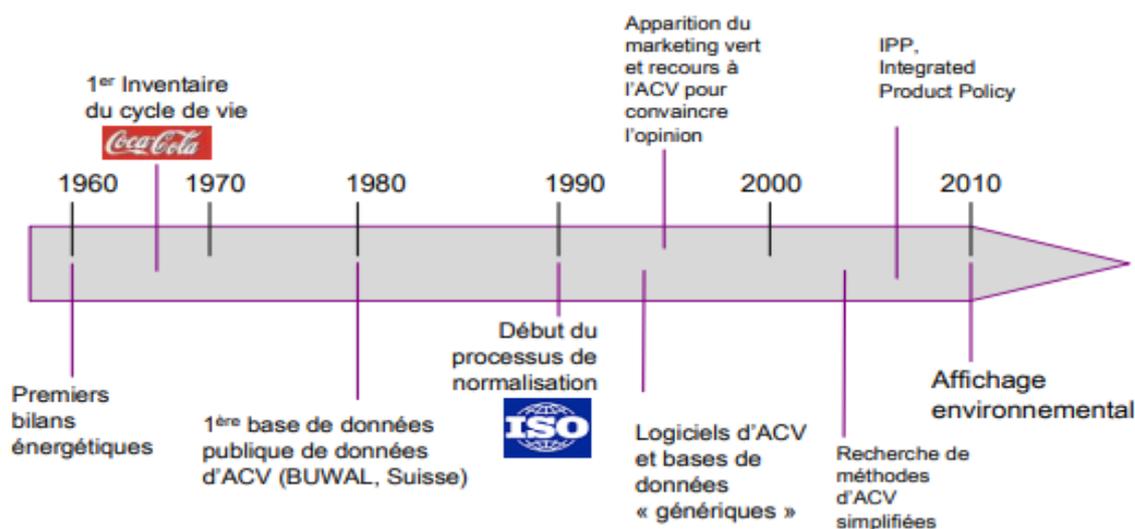
L'objectif de ce travail est de présenter la méthode ACV via un exemple d'application pour l'analyse environnementale d'un système de production agricole de figue de barbarie et de faire une étude comparative entre la wilaya de Bejaia et la wilaya de Souk Ahras. Cette étude nous permet de répondre a la problématique suivante : quelles sont les impacts environnementaux majeurs du produit dans les deux localités Bejaia et Souk Ahras ? Dans quel région les impacts environnementaux sont les plus importants ? Quelles sont les perspectives Lors de la mise en pratique de l'ACV sur les figues de barbarie

Afin de mieux se situer sur le contexte dans lequel s'inscrit cette étude une revue de bibliographie est présentée sur l'ACV et les normes internationales relatives à l'environnement notamment un aperçu sur la figue de barbarie .un deuxième volet est consacré a la mise en œuvre de l'ACV sur l'huile de figue de barbarie par établissement d'un compte rendu technique.

## I. Analyse de cycle de vie

### I.1. Historique

L'ACV est une approche qui se développe, notamment depuis les années 1960 en Europe du Nord, basée sur le fait que tout produit et process ont un impact sur l'environnement, qu'il s'agisse de production de biens ou de service (**Fig.1**) (**Costedoat, 2012**).



**Figure 1** : Historique de de l'ACV(Merad et Guillet, 2014)

En 1969 une des premières études fut réalisée par Harry E et Teasley Jr, pour le compte de Coca-Cola. Il s'agissait d'une comparaison à but stratégique entre une bouteille en verre et une bouteille en plastique,

Dès 1992 la prise en compte de l'environnement dans le développement économique s'est inscrite dans le cadre plus général du développement durable,

La conférence de Johannesburg de juin 2002 a confirmé cette logique en consacrant l'environnement comme l'un des piliers du développement durable, aux côtés des piliers économique et social,

En 2007, le Grenelle de l'environnement a donné une autre dimension aux problèmes environnementaux en réunissant l'Etat et les représentants de la société civile afin d'impulser une dynamique collective et une mobilisation de la société française.

Enfin, suite aux négociations de Cancún en 2010, les initiatives liées au changement climatique sont nombreuses. (**Merad et Guillet, 2014**).

L'apparition de l'analyse de cycle de vie (ACV) est due :

- Aux premières études visant l'optimisation des consommations énergétiques,
- A l'évolution de ces études, pour prendre en compte les consommations des ressources énergétiques, ce qui a permis d'améliorer l'analyse des consommations et de tirer plus d'enseignements "entrées".
- A l'évolution des études précitées par la prise en compte non seulement des "entrées" mais aussi des "sorties" (émissions et pollutions) des systèmes industriels de production considérés.

Les pollutions chroniques locales et/ou globales (à caractère accidentel ou pas) constituent aussi des facteurs ayant contribué à la genèse de l'ACV et à son développement (ISO,2006).

### I.2. Définition

L'ACV, outil normalisé par ISO 14040 et ISO 14044, est une méthode d'évaluation «*du berceau à la tombe*», permettant de réaliser un bilan environnemental multicritère et multi-étape d'un système (produit, service, entreprise ou procédé) sur l'ensemble de son cycle de vie (Fig.2). (Jolliet et al., 2005).

Ainsi comparer les impacts environnementaux d'un système, de l'extraction des matières premières nécessaires à sa fabrication, à son traitement en fin de vie (mise en décharge, recyclage...) en passant par ses phases d'usage, d'entretien et de transports (Loiseau et al., 2012).

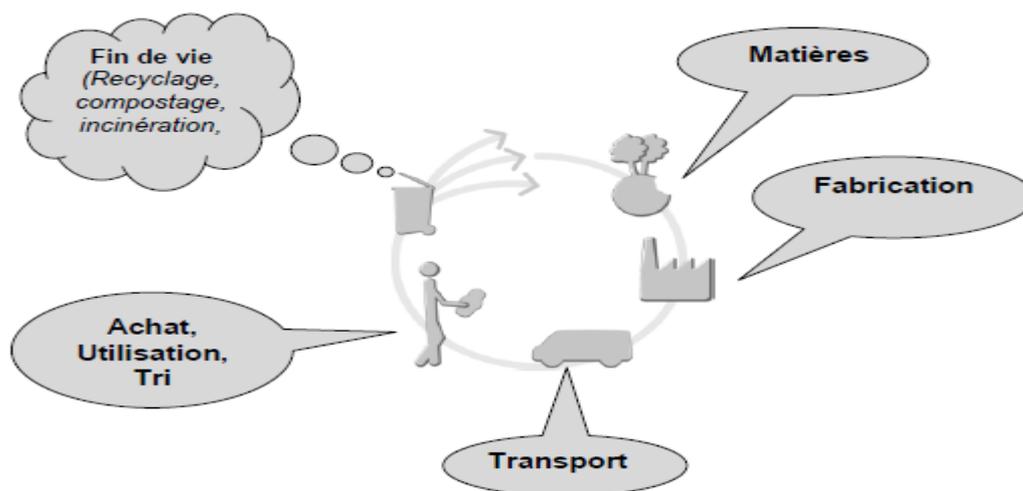


Figure 2: Cycle de vie d'un produit (Merad et Guillet, 2014)

L'ACV joue donc le rôle d'un outil d'aide à la décision permettant de déterminer des priorités d'action grâce auxquelles les impacts environnementaux d'un produit pourront être diminués (Bicalho, 2013).

La diversité des nombreuses études ACV réalisés au cours des dernières décennies a amené l'Organisation Internationale de Normalisation (ISO) à proposer un cadre méthodologique clair garantissant, en théorie, une base commune pour la réalisation de ces études (ISO, 2006).

### **I.3. Organisation Internationale de Normalisation**

ISO est une organisation non gouvernementale éditrice de normes internationales (plus de 19.500). Constituée en réseau d'instituts nationaux de normalisation de 159 pays, selon le principe d'un membre par pays, son Secrétariat central est situé à Genève (Suisse) et assure la coordination d'ensemble (ISO, 2006).

La tâche principale des comités techniques est d'élaborer les normes internationales. Les projets de Normes internationales adoptés par ces derniers, sont soumis aux comités membres pour vote. Leur publication comme Normes internationales requiert l'approbation de 75 % au moins des comités membres votants (ISO, 2006).

Les normes ISO apportent pour le monde économique, les gouvernements et la société dans son ensemble une contribution importante. Elles garantissent des aspects essentiels : qualité, écologie, sûreté, économie, fiabilité, compatibilité, interopérabilité, conformité, efficacité et efficience (ISO, 2006).

#### **I.3.1. Norme ISO 14040**

La présente Norme internationale décrit les principes et le cadre de l'ACV, y compris :

- a) Définition de l'objectif et de la portée de l'ACV,
- b) Phase d'inventaire du cycle de vie (ICV),
- c) Phase d'évaluation de l'impact du cycle de vie (ACVI),
- d) Phase d'interprétation du cycle de vie,
- e) Notification et l'examen critique de l'ACV,
- f) Limites de l'ACV,
- g) Relation entre les phases de l'ACV,
- h) Conditions d'utilisation des choix de valeur et des éléments facultatifs (ISO, 2006).

Cette norme couvre les études de l'ACV et celled'ICV. Elle ne décrit pas la technique d'ACV en détail et ne spécifie pas de méthodologies, pour les phases individuelles de l'ACV (ISO, 2006).

### I.3.2. Norme ISO 14044

« Management environnemental — Analyse du cycle de vie — Exigences et lignes directrices ». La présente norme internationale traite des études d'ACV et des études d'inventaire du cycle de vie (ISO, 2006).

Il y a quatre phases dans une étude d'ACV (Fig.3) :

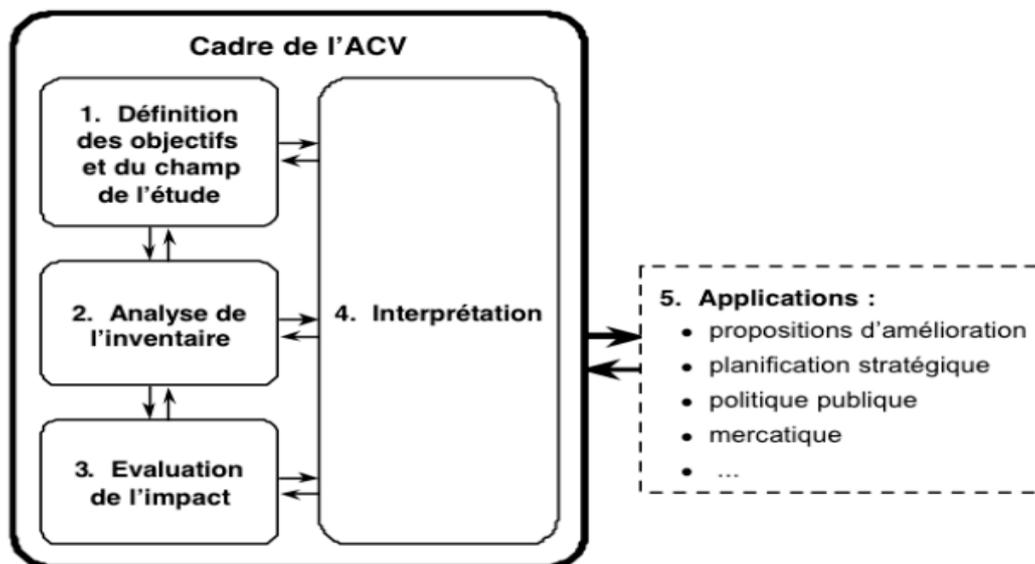


Figure 3: Les principales étapes de l'Analyse du Cycle de Vie (Helias, 2010)

#### - Domaine d'application

Cette norme spécifie les exigences et fournit les lignes directrices pour la réalisation de l'ACV, comprenant :

- Définition des objectifs et du champ de l'étude ACV,
- Phase d'inventaire du cycle de vie (ICV),
- Phase d'évaluation de l'impact du cycle de vie (ACVI),
- Phase d'interprétation du cycle de vie,
- Communication et la revue critique de l'ACV,
- Limitations de l'ACV,
- Relation entre les phases de l'ACV,
- Conditions d'utilisation des choix de valeur et des éléments facultatifs. (ISO, 2006).

### I.3.3. Norme ISO 14046

« Management environnemental — Empreinte eau — Principes, exigences et lignes directrices »

La présente norme internationale a pour objectif de fournir aux organisations, aux gouvernements et autres parties intéressées du monde entier une vision transparente, cohérente, reproductible et crédible pour les évaluations et les comptes rendus de l’empreinte eau des produits, des processus ou des organisations (ISO, 2014).

### **- Domaine d’application**

Cette norme internationale spécifie les principes, les exigences et les lignes directrices relatifs à l’évaluation de l’empreinte eau des produits, des processus et des organisations basées sur l’ACV. Elle fournit également les principes, les exigences et les lignes directrices pour la conduite et le compte rendu d’une évaluation de l’empreinte eau en tant qu’évaluation autonome, ou en tant que partie d’une évaluation environnementale plus complète (ISO, 2014).

## **I.4. Termes et définitions**

L’ACV étant défini par une norme ISO, elle utilise une terminologie particulière. Il est donc important de présenter ici les principales définitions qui doivent être connues pour réaliser une ACV :

### **- Cycle de vie**

Phases consécutives et liées d'un système de produits, de l'acquisition des matières premières ou de la génération des ressources naturelles à l'élimination finale,

### **- Analyse du cycle de vie (ACV)**

Compilation et évaluation des intrants, des extrants et des impacts environnementaux potentiels d'un système de produits au cours de son cycle de vie,

### **- Inventaire du cycle de vie (ICV)**

Phase de l'analyse du cycle de vie impliquant la compilation et la quantification des intrants et des extrants, pour un système de produits donné au cours de son cycle de vie,

### **- Evaluation de l'impact du cycle de vie (ACVI)**

Phase d’ACV destinée à comprendre et évaluer l'ampleur et l'importance des impacts potentiels d'un système de produits sur l'environnement au cours de son cycle de vie (ISO, 2006).

### **- Interprétation du cycle de vie**

Phase de l'ACV au cours de laquelle les résultats de l'analyse de l'inventaire ou de l'évaluation de l'impact, ou des deux, sont évalués en relation avec les objectifs et le champ définis pour l'étude afin de dégager des conclusions et des recommandations,

- **Processus**

Ensemble d'activités corrélées ou interactives qui transforme des entrants et sortants,

- **Affirmation comparative**

Déclaration relative à la supériorité ou à l'équivalence en matière d'environnement d'un produit par rapport à un produit concurrent qui remplit la même fonction,

- **Unité fonctionnelle**

Performance quantifiée d'un système de produits destinée à être utilisée comme unité de référence dans une analyse du cycle de vie,

- **Intrant**

Flux de produit, de matière ou d'énergie qui entre dans un processus élémentaire,

- **Extrant**

Flux de produit, de matière ou d'énergie sortant d'un processus élémentaire,

- **Revue critique**

Processus destiné à s'assurer de la cohérence entre une étude d'ACV et les principes et exigences spécifiés par les Normes internationales traitant l'ACV(ISO, 2006).

- **Empreinte eau**

Indicateur(s) quantifiant les impacts environnementaux potentiels relatifs à l'eau,

- **Evaluation de l'empreinte eau**

Compilation et évaluation des intrants, des extrants et des impacts environnementaux potentiels relatifs à l'eau utilisée ou affectée par un produit, un processus ou une organisation,

- **Evaluation complète de l'empreinte eau**

Evaluation de l'empreinte eau répondant au principe d'exhaustivité,

- **Données primaires**

Valeur quantifiée d'un processus élémentaire ou d'une activité, issue d'un mesurage direct ou d'un calcul fondé sur des mesurages directs au niveau de la source originelle,

- **Données secondaires**

Données issues de sources autres qu'un mesurage direct ou un calcul fondé sur des mesurages directs au niveau de la source originelle (ISO, 2014).

## I.5. Les critères d'impacts

### I.5.1. L'eutrophisation

Phénomène d'enrichissement des écosystèmes aquatiques en nutriments accélérant la productivité biologique induit par des apports anthropiques en phosphore et en azote.

L'eutrophisation peut causer un déséquilibre dans la biodiversité en favorisant certaines

espèces au détriment d'autres. L'activité agricole, par un usage excessif de fertilisants, et les rejets d'eaux usées en sont les principales causes (**Pannard et al, 2017**).

### **I.5.2. Empreinte carbone**

Empreinte carbone d'un produit c'est la somme des émissions et des captations de gaz à effet de serre dans un système de produits, exprimée en équivalent CO<sub>2</sub> (et fondée sur une analyse du cycle de vie prenant pour seule catégorie d'impact le changement climatique (**ISO, 2013**)).

### **I.5.3. Ecotoxicité**

Quantifie les impacts potentiels sur les écosystèmes causés par l'émission de polluant toxique dans l'air, l'eau et le sol (**Barna L., Beneto E., 2006**).

### **I.5.4. Rareté de l'eau**

Mesure de la différence entre la demande en eau et le réapprovisionnement en eau dans une zone donnée, par exemple un bassin versant, sans tenir compte de la qualité de l'eau (**ISO, 2014**).

## **II. Figue de barbarie**

### **II.1. Description botanique et taxonomie**

Le figuier de Barbarie est une plante arborescente, érigée, rameuse et xérophile (**Schweizer, 1997**). Elle a une hauteur de 3 à 5 m, possède un tronc épais et ligneux et une organisation en articles aplatis, de forme elliptique ou ovoïdale de couleur vert-mat, ayant une longueur de 30 à 50 cm, une largeur de 15 à 30 cm et une épaisseur de 1.5 à 3 cm appelés cladodes ou raquettes(**Fig.4**). Ces derniers assurent la fonction chlorophyllienne et sont recouvertes d'une cuticule cireuse (la cutine) qui limite la transpiration et les protège contre les prédateurs (**Schweizer,1997; Wallace et Gibson 2002**)



**Figure 4:** (a) Figueur de barbarie (**Neffar, 2012**) et ses différentes parties (b)(**FAO, 2017**)

Le genre *Opuntia* porte des fleurs et des fruits en abondance. Les fleurs apparaissent sur le dessus des raquettes, de couleur jaune, orange ou rouge. Elles sont comestibles comme le fruit auquel elle donne naissance qui se présente sous la forme d'une grosse baie ovoïde et charnue. Dans les climats tempérés, la floraison a lieu en Avril-Mai et les fruits sont cueillis fin Juillet à Septembre. (**Boutakiout, 2015**). Dans certaines contrées chaudes et arides la plante fleurit et porte des fruits deux fois dans l'année (**Schweizer, 1997**).

Traditionnellement, le figuier de barbarie est multiplié végétativement par bouturage de raquettes. Les jeunes plantes peuvent entrer en floraison à partir de la 2<sup>ème</sup> ou la 3<sup>ème</sup> année (**Habibi, 2004**).

- La position systématique du figuier de barbarie est la suivante :

Règne : *Plantae*  
Sous règne : *Tracheobionta*  
Division : *Magnoliophyta*  
Classe : *Magnoliopsida*  
Sous-classe : *Caryophyllidae*  
Ordre : *Caryophyllales*  
Famille : *Cactaceae*  
Sous-famille : *Opuntioideae*  
Tribu : *Opuntieae*  
Genre : *Opuntia*  
Sous-genre : *Platyopuntia*  
Espèce : *Opuntia ficus indica* (Halmi, 2015).

La famille des Cactacées renferme environ 1600 espèces (Guzman et al., 2003). Le genre *Opuntia*, comprend 150 à 300 espèces, parmi lesquelles figure *Opuntia ficus indica*. Cette espèce est la cactée qui a la plus grande importance agronomique, tant pour les fruits comestibles que pour les raquettes qui peuvent être utilisées comme fourrage ou comme légumes (Halmi, 2015).

### II.2. Origine et distribution géographique

La culture du cactus est originaire des plateaux du Mexique qui sont caractérisés par un climat chaud et sec (Mullas et al., 2004). Au 16ème siècle, le cactus a été introduit en Europe et au Nord et au Sud de l'Afrique et tout au long du bassin méditerranéen. Le cactus, comme culture, était inconnu en Europe avant les voyages de Christophe Colomb. Il fut décrit de façon précise pour la première fois en 1535 par l'espagnol Gonzalo Fernandez de Oviedo y valdés dans son histoire des Indes occidentales (FAO, 2017).

Au cours des dernières années il y'a eu un intérêt accru pour diverses espèces d'*Opuntia*, en raison du rôle qu'elles sont supposées jouer dans le succès des systèmes d'agriculture durable dans les zones marginales ; notamment les zones arides et semi- arides (FAO, 2003). Il est introduit dans plus de 30 pays où il est cultivé pour la production des fruits, l'utilisation comme fourrage et comme plante cosmopolite (Boutakiout, 2015).

### II.3. Plantations en Algérie

Historiquement, l'introduction du cactus en Algérie était similaire à celle du Maroc et de la Tunisie. Aujourd'hui, la zone consacrée à la culture d'*Opuntias* s'étend sur 30 000 ha, dont 60% dans la commune de Sidi-Fredj (45 km au nord de Souk Ahras) et le reste à OuledMimoune,

Taoura, Dréa et Ouilène(FAO, 2017). La zone a été étendue à l'origine par le Haut-Commissariat pour le Développement des Steppes, la Direction des services agricoles et de la conservation des forêts contrôle les progrès du désert (Belgacem, 2012).

Dans le nord, l'*Opuntia Ficus Indica* est utilisée comme clôture des maisons et petites villes; les plantes de clôture sont également utilisées pour la production de fruits et, en saison sèche, comme source de fourrage. Les fruits sont récoltés dans des plantations sauvages et sont utilisés pour la consommation humaine ou vendus sur les marchés locaux. Dans le sud, les cladodes sont utilisés comme aliments émergents pour les petits ruminants et les chameaux. Comme dans d'autres pays africains, la culture gagne du terrain et d'intérêt pour l'Algérie, qui a maintenant sa première unité de traitement de cactus poire. L'infrastructure, basée à Sidi-Fredj et couvrant 5 000 m<sup>2</sup>, peut transformer environ 2 tonnes par heure. Ses principales fonctions sont l'emballage de cactus poire et la production d'huiles essentielles, de produits pharmaceutiques, jus, confiture et aliments pour le bétail. L'usine de traitement représente un moyen important d'amélioration du revenu pour les habitants de la wilaya de Souk Ahras(FAO 2017).

### II.4. Exigences écologiques

De point de vue écologique, l'*Opuntia ficus-indica* est typiquement une espèce des zones arides et désertiques et présente, par conséquent, une série d'adaptations morphologiques et physiologiques aux caractéristiques du milieu d'origine (Mulas et al., 2004). Ses caractéristiques écologiques, dépendent principalement des facteurs climatiques qui contrôlent sa croissance et sa distribution; notamment les précipitations, l'humidité atmosphérique, la température de l'hiver, la nature des sols et le drainage (Boutakiout, 2004) :

#### - **Température**

Le figuier de Barbarie est résistant au froid et peut supporter des gelées de l'ordre de -5 °C. Ses besoins en chaleur sont importants et durant la phase de croissance du fruit ils se situent entre 15 et 25 °C. Il est résistant à la sécheresse et les températures moyennes annuelles de 15 à 18 °C lui conviennent parfaitement. Il peut supporter les fortes chaleurs qui dépassent 50 °C. En outre, le niveau le plus bas de température où le développement est possible est l'isotherme de 1,5 à 2 °C (Boutakiout, 2015).

#### - **Précipitations**

Les exigences en précipitations sont variables en fonction de la nature des sols. En effet, pour des sols sableux et profond, le minimum de précipitation requis tourne autour de 300 à 400

mm/an, alors que sur des sols vaseux et limoneux, la moyenne minimale requise est de 200 mm/an; mais le cactus peut être cultivé tant que l'eau additionnelle de l'érosion permet au sol d'emmagasiner 300 à 400 mm (**Boutakiout, 2015**)

### - Sol

L'espèce présente une large faculté d'adaptation avec une préférence pour les sols très perméables, sableux ou caillouteux et à faible taux d'argiles (< 20%). Il redoute des sols lourds et mal drainés. Il supporte aussi bien les sols acides que les sols très calcaires, voir salins (moins de 70 mol de NaCl / cm<sup>3</sup>) (**Skiredj et al., 1998**).

### - Technique de plantation

Elle est effectuée à partir de Février-Mars dans les régions du sud ou en fin de printemps dans d'autres régions. Les nouvelles plantations sont établies à partir de grandes boutures de tiges constituées de 4 à 5 cladodes. Elles sont récoltées, séchées pendant quelques jours (une semaine à un mois) avant d'être directement plantées dans le sol. La partie basale est placée horizontalement avec une légère inclinaison. La formation des racines a lieu après 15 jours. (**Boudechiche, 2012**). Les distances de plantation sont variables: En zone aride et semi-aride (150 à 400 mm de pluie), les densités de plantation sont de 1200 à 2000 cladodes à l'hectare. Quand la pluviométrie dépasse 400 mm, ces densités peuvent être de 3200 à 5000 raquettes à l'hectare (**WallaliLoudyi, 1995**).

## II.5. Importance

### II.5.1 Importance écologique

L'adaptation du figuier de Barbarie aux conditions désertiques et semi désertiques lui permet de constituer une culture à intérêt écologique et socio-économique indéniable. Il a suscité un regain d'intérêt particulier dans plusieurs pays en raison de cette importance. En effet, ce végétal répond efficacement lorsqu'il est utilisé dans la conservation, la restauration et la valorisation des sols. Il met en valeur les terres marginales et infertiles où d'autres espèces cultivées végétaient difficilement. Il ne demande pas de pratiques culturales spécialisées, ni d'apport de fertilisants, ni de traitement antiparasitaire (**Habibi, 2004**). Les concentrations croissantes de CO<sub>2</sub> et d'autres gaz dans l'atmosphère mènera à une plus grande distribution de l'espèce et à augmenter la productivité (**Nobel et García, 1991**). De plus, l'augmentation de plantations de cactus pourraient faire partie d'une stratégie pour diminuer l'accumulation de CO<sub>2</sub> dans l'atmosphère; c'est ce qu'on appelle effet de serre (**FAO, 2017**)

### II.5.2. Importance économique

L'intérêt de ce végétal réside dans la production du fruit destiné à l'alimentation humaine et son usage fourrager pour l'alimentation animale. Son impact considérable sur le revenu des agriculteurs a fait de cette plante l'une des espèces les plus rentables économiquement :

### - **Production de fruits et raquettes comestibles**

Ces fruits sucrés et juteux et leur valeur nutritionnelle est semblable à celle de la plupart des fruits comme les oranges, l'abricot, les cerises... etc. (**Barbera et al., 1992**). Les jeunes raquettes (Nopals) sont consommés comme légumes et ingrédients dans la confection des autres préparations alimentaires (**Saenz, et al., 2004**). Le mucilage possède des propriétés visqueuses est utilisé en industrie alimentaire (**Sepulveda et al., 2007**).

Les graines du fruit donnent une huile comestible qui présente un haut degré d'insaturation, avec un taux important d'acide linoléique, d'acide palmitique et d'acide oléique (**Ramadan et Morsel, 2003**).

### - **Production de fourrage pour le bétail**

La production de fourrage pour le bétail représente la deuxième importance économique du cactus dans le monde. Il est utilisé depuis longtemps dans l'alimentation du bétail des zones arides et sa production dans ces zones est plus rentable que celle de certaines d'autres espèces fourragères comme le maïs et le sorgho (**Russel, 1986**).

### **II.5.3. Ethnopharmacologie**

Le figuier de barbarie appartient depuis toujours aux plantes médicinales les plus utilisées. La recherche médicale moderne redécouvre avec un intérêt grandissant la plante et ses propriétés. Elle étudie les molécules actives qui la composent et lui permettent de lutter efficacement contre quelques-unes des affections les plus graves de notre temps : réduire le taux de sucre et de cholestérol dans le sang (**Fernandez et al., 1990**). Cette plante a aussi un effet comme remède aux douleurs gastro-intestinales, l'angoisse, l'artériosclérose, la spasmophilie, le stress, aux brûlures et coups de soleil. Les scientifiques ont récemment observé les effets anticancéreux (**Halmi, 2015**).

L'huile extraite des graines du fruit du figuier de Barbarie appartient à la famille des huiles polyinsaturées comme la plupart des huiles végétales. La valeur commerciale de cette huile est intéressante en raison de ses particularités cosmétiques recherchées. Elle est riche en acides gras insaturés (AGI), par contre, sa particularité réside dans sa richesse en matière insaponifiable (stérols et tocophérols). Cette caractéristique pourrait être un levier pour son exploitation dans le domaine de la cosmétologie ; étant donné les effets bénéfiques de ces

substances sur l'élasticité de la peau, le métabolisme cellulaire et la restauration de la structure cutanée. Elle possède des particularités cosmétiques remarquables, car elle prévient le vieillissement et les rides de la peau. Les graines servent également pour la préparation de crème à usage dermatique (**Boutakiout, 2015**).

### **a. Composition chimique de l'huile**

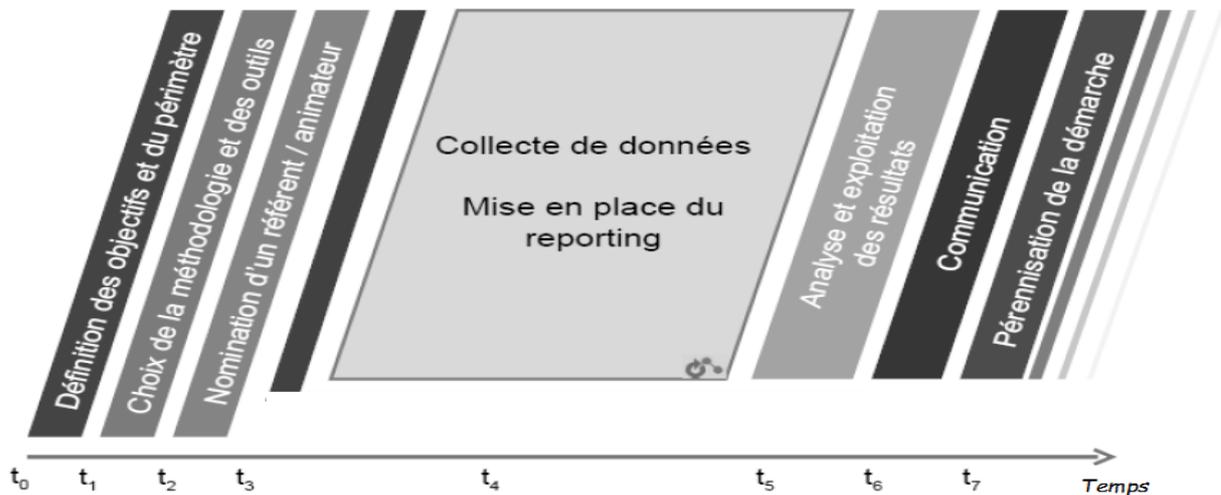
C'est une huile fluide à température ambiante (15 -30 °C), relativement inodore et avec une couleur qui varie d'une variété à l'autre, allant du jaune clair à verdâtre. L'huile du figuier de barbarie est fortement insaturée (83,48%). Sa teneur en AGI est de 62,78%, avec la dominance de l'acide linoléique 62,55%, celle des mono-saturés est  $\approx$  20,70%, (l'acide oléique). Quant à la composition en stérols, le Beta sitostérol est le composant majeur de cette huile dont la teneur est de 67.14%, suivi du campestérol puis le stigmastérol. L'huile des pépins est aussi riche en vitamines (tocophérols) dont le  $\gamma$ -tocophérol est le plus important atteignant les 57.98 mg/100g d'huile (**FAO, 2017**).

	<b>Compte rendu technique</b>	<b>Analyse cycle de vie</b>	<b>Version : 1.0</b>
	<b>Etude comparative : ACV de la figue de barbarie de la Kabylie et celle de Souk Ahras</b>	<b>Matériels et Méthodes</b>	<b>P :26</b>

### III. Application de l'ACV à la figue de barbarie

Pour illustrer la mise en œuvre d'une ACV, un exemple d'un produit agricole: la figue de barbarie de Bejaia et celle de Souk Ahras via une étude comparative. Ainsi nous proposons une évaluation environnementale sur toutes les étapes du cycle de vie des figues. Notre objectif est d'estimer les impacts liés aux différentes phases ; pour apporter des informations et des données chiffrées dans la perspective de les utiliser à des fins scientifiques et de proposer les recommandations qui en découlent.

Cette étude est réalisée conformément aux prescriptions méthodologiques développées par la norme ISO 14044. Le schéma suivant représente le cheminement de notre méthodologie :



**Figure 5:** Récapitulatif macroscopique du déroulement d'une ACV

- Rappel:

Selon les normes ISO 14040 (2006a) et ISO 14044 (2006b), une étude ACV comprend quatre étapes :

- 1) Définition des objectifs et du champ de l'étude ACV,
- 2) Analyse de l'inventaire du cycle de vie (ICV),
- 3) Evaluation de l'impact du cycle de vie (ACVI),
- 4) Interprétation du cycle de vie.

#### III.1. Définition des objectifs et du champ de l'étude

Dans cette étape, en général, sont définis entre autres les objectifs de l'étude, le système qui sera étudié, la fonction étudiée, l'unité fonctionnelle et les impacts qui seront pris en compte.

	<b>Compte rendu technique</b>	<b>Analyse cycle de vie</b>	<b>Version : 1.0</b>
	<b>Etude comparative : ACV de la figue de barbarie de la Kabylie et celle de Souk Ahras</b>	<b>Matériels et Méthodes</b>	<b>P :26</b>

### III.1.1. Objectifs de l'étude

- Lors de la mise en pratique de l'ACV sur les figues de barbarie, il serait intéressant de:
- Prendre en compte l'ensemble du cycle de vie du produit des zones d'études: ferme production du fruit, conditionnement et la production des huiles de graines, utilisation, fin de vie, ainsi que le transport entre chacune de ces phases ;
  - Réaliser une évaluation simplifiée et qualitative du cycle de vie: connaître les impacts environnementaux majeurs du produit dans deux localités Bejaia et Souk Ahras ;
  - Faire une évaluation multicritère : comparer l'impact environnemental eutrophisation, empreinte rareté d'eau, empreinte carbone et écotoxicité eau douce
  - Se référer à une norme ISO 14044 et ISO 14046;

### III.1.2. Champ de l'étude

#### III.1.2.1. Bejaia

La wilaya de Bejaia est située au nord est de l'Algérie, sur le littoral méditerranéen, sur une longueur de 95 Km. Elle est traversée par l'Oued de la Soummam et fait partie de la région économique du centre est du pays. Elle est délimitée par les Wilayas de Tizi-Ouzou et Bouira à l'ouest, Bouira et Bordj-Bou-Argeridj au sud, Sétif et Jijel à l'est et la mer Méditerranée au nord. Cette région est située entre les grands massifs du Djurdjura, des Bibans et des Babors, les 3 268 km<sup>2</sup> de la région sont répartis avec une grande diversité en ce qui concerne son relief et ses ressources, la verdure occupe environ 32 000 ha de la surface totale de la région. (I.N.R.R.A, 2011). Les caractéristiques de l'aire géographique sont :

#### a. Sols

- On distingue les types de sols suivant selon les trois zones potentielles de la Wilaya :
- Des sols sablonneux à sablono-limoneux caractérisent la zone côtière qui s'étend de l'embouchure de l'Oued Soummam à celle de l'Oued Agrioun sur une trentaine de Km environ.
  - Des sols limoneux et alluviaux caractérisant la vallée de la Soummam.
  - La zone de montagne qui représente 80% de la superficie totale de la Wilaya, soit 261.000 ha environ, se caractérise par des sols de type siliceux et argilo-calcaire (I.N.R.A.A, 2011)

#### b. Climat

Le climat conditionne la production et détermine les besoins en irrigation, il est de type méditerranéen caractérisé par deux saisons distinctes: Une saison relativement douce et

	<b>Compte rendu technique</b>	<b>Analyse cycle de vie</b>	<b>Version : 1.0</b>
	<b>Etude comparative : ACV de la figue de barbarie de la Kabylie et celle de Souk Ahras</b>	<b>Matériels et Méthodes</b>	<b>P :26</b>

humide (Octobre à Avril) et une autre chaude coïncidant avec la saison sèche (Mai à Octobre) (**I.N.R.A.A, 2011**).

### **c. Régime thermique**

Durant ces deux dernières décennies, les températures minimales moyennes varient entre 7.3 °C en Janvier et 20.3 °C en Août. Par contre, les maximas varient entre 16.2 °C en janvier et 27.9 °C en Juillet et Septembre. La moyenne mensuelle (fictive) est de 16.7°C (**I.N.R.A.A, 2011**).

### **d. Régime pluviométrique**

La répartition relative des précipitations est de 28.94 % de Septembre à Novembre, 39.96 % de Décembre à Février, 27.30 % de Mars à Mai et 3.80 % de Juin à Août. Le déficit climatique commence à s'installer à partir du mois d'Avril. Ce manque coïncide chez plusieurs espèces fruitières à la phase d'élaboration des organes fructifères, c'est à dire, où les besoins en eau sont les plus élevés. Le recours à l'irrigation pour augmenter le rendement s'avère indispensable (**I.N.R.A.A, 2011**).

Les vents dominants viennent généralement du Nord Ouest (Vents Marins) et s'engouffrent facilement dans la vallée de la Soummam. Les zones de montagne enregistrent fréquemment des gelées en hiver (**I.N.R.A.A, 2011**).

#### **III.1.2.2 Souk Ahras**

La wilaya de Souk-Ahras est localisée au Nord-Est algérien (36°17'11"N, 7°57'4"E). La wilaya est limitée au Nord-Est par la wilaya d'El Tarf, au Nord-Ouest par la wilaya de Guelma, au Sud par la wilaya de Tébessa, au Sud-Ouest par la wilaya d'Oum El Bouaghi et à l'Est par la Tunisie. Cette région s'étend sur une superficie de 4.359,65 km<sup>2</sup>, ne représente que 0,18% de l'ensemble du territoire national (**Hamaidia, 2004**)

#### **a. Relief et géologie**

Souk-Ahras se distingue par deux caractéristiques: le Nord à caractère montagneux faisant partie de l'Atlas Tellien. Le Sud faisant partie des hautes plaines. Elle se caractérise par trois régions :

- Région Nord-Est: qui est montagneuse présentant des pentes très rudes (15% à 20%) et faisant partie de la chaîne Tellienne, et qui constitue le patrimoine forestier.
- Région Sud-Ouest: est une région médiane constituée de piedmonts. Elle est le prolongement des hauts plateaux (plaines agricoles et de pâturage).
- Région Sud: les terres sont de vastes étendues à relief plat, sol dégradé et de faible profondeur aggravé par une exposition aux divers aléas climatiques de faibles pluviométries, c'est l'espace des hauts plateaux (**Hamaidia, 2004**)

	<b>Compte rendu technique</b>	<b>Analyse cycle de vie</b>	<b>Version : 1.0</b>
	<b>Etude comparative : ACV de la figue de barbarie de la Kabylie et celle de Souk Ahras</b>	<b>Matériels et Méthodes</b>	<b>P :26</b>

## **b. Climat**

La wilaya est exposée aux influences climatologiques méditerranéennes au Nord d'une part, et désertiques au Sud d'autre part. Le climat est caractérisé par un été chaud et sec (25 à 35°C en Juillet et Août), et un hiver froid et humide (1 à 15°C en Janvier). Par ailleurs, la présence d'un certain nombre de jours de gelée blanche qui augmente du littoral vers l'intérieur. En hiver, les vents dominants sont ceux du Nord-Ouest et de l'Ouest chargés de pluies. En automne, les vents soufflants en direction de l'intérieur ont un rôle adoucissant de la température élevée de la région. Au printemps, la direction des vents est Nord-Ouest **(Hamaidia, 2004)**

## **c. Réseau hydrographique**

Le réseau hydrographique couvre pratiquement toute la wilaya; la rareté de l'eau s'explique essentiellement par des conditions climatiques dont les précipitations sont nettement insuffisantes d'une part et le manque de moyen et d'infrastructure de récupération **(Hamaidia, 2004)**

### **III.2. Système étudié**

Ensemble de processus élémentaires comportant des flux de produits et des flux élémentaires remplissant une ou plusieurs fonction définis qui sert de modèle au cycle de vie de production de la figue de barbarie de la Kabylie et celle de Souk Ahras.

Les phases prises en compte pour chaque système et chaque wilaya sont la plantation ou la ferme, la production, l'utilisation, la fin de vie et le transport entre chacune de ces phases.

#### **III.2.1. Phases de cycle de vie incluses dans l'étude**

##### **a. La plantation**

La plantation se fait à partir de boutures de tiges constituées de 4 à 5 cladodes. Elles sont récoltées directement de la ferme, séchées (2 à 3 jours). La partie basale est placée horizontalement avec une légère inclinaison, afin d'augmenter la surface de contact avec le sol. La formation des racines aura lieu après 15 jours. La plante commence à donner des fruits à partir de 2 ou 3 ans pendant ce temps-là les agriculteurs de la région de Souk Ahras labourent la terre mécaniquement contrairement à Bejaia ou les agriculteurs ne labourent pas la terre.

##### **b. Le triage**

La cueillette des fruits se fait manuellement dans des bidons puis transférés dans des caisses au niveau de la ferme. Ces dernières sont transportées dans des camions vers l'unité de transformation. Les fruits sont triés à la main selon le calibrage et les défauts. Les grosses pièces les plus saines sont destinés à être vendu en état ou épluchés et emballés dans des

	<b>Compte rendu technique</b>	<b>Analyse cycle de vie</b>	<b>Version : 1.0</b>
	<b>Etude comparative : ACV de la figue de barbarie de la Kabylie et celle de Souk Ahras</b>	<b>Matériels et Méthodes</b>	<b>P :26</b>

parquettes en polyéthylène (PE) enveloppé d'un film alimentaire en polypropylène (PP); les autres pièces de petit calibre et abimées par le transport et l'entreposage sont destinées à être transformées.

### **c. Production**

Les figues de barbarie sont transformées par un procès mécanique qui va séparer la pulpe des graines, ces dernières sont mises en valeur pour l'extraction des huiles. Avant l'extraction les graines sont lavées puis séchées à l'air libre, l'extraction se fait à froid dans une presse à vis sans fin. L'huile brute est récupéré d'un coté et les déchets organiques d'un autre côté.

Une fois l'huile brute extraite, elle est filtrée puis conditionnée dans des sachets multicouches de 60 L à 100 L en aluminium avec un bouchon en polychlorure de vinyle (PVC).

### **d. Transport**

Ce processus concerne toutes les phases de cycle de vie de la figue de barbarie ; depuis le transport des fruits de la ferme vers l'unité de transformation jusqu'à l'acheminement des sachets d'huile vers l'aéroport d'Alger, par voie routière puis par avion vers Paris, où ils seront transportés aussi par voie routière vers Reins. Le conditionnement se fait dans des flacons en verre ombrés avec un bouchon en PVC d'un volume de 15ml et étiqueté.

### **e. Utilisation**

L'huile de figue de barbarie s'applique une fois par jour sur un visage propre ou une fois par semaine sur les cheveux. Un lavage du corps et lessive nécessite 20 litres d'eau et 50g de détergents (savon, shampoing et lessive), puis un séchage avec une serviette et un séchoir pour les cheveux sont nécessaire après chaque application avec une consommation d'énergie.

### **f. Fin de vie**

Après l'utilisation de l'huile, nous aurons les eaux de lavage du visage, des cheveux et de la serviette comme déchets vers la station d'épuration d'eau ; puisque l'emballage est recyclable.

### **III.2.2. Phases de cycle de vie exclues de l'étude**

L'étude menée a exclu, la prise en compte des biens d'investissement des deux systèmes étudiés dans cette ACV, qui sont :

- Les machines et outils de fabrication.
- Construction des unités de fabrication.
- La fabrication des produits chimiques, utilisés pour le nettoyage des machines et les détergents utilisés pour la toilette et la lessive.
- La fabrication du sèche cheveux.
- Confection de la serviette.

	<b>Compte rendu technique</b>	<b>Analyse cycle de vie</b>	<b>Version : 1.0</b>
	<b>Etude comparative : ACV de la figue de barbarie de la Kabylie et celle de Souk Ahras</b>	<b>Matériels et Méthodes</b>	<b>P :26</b>

### III.3. Unité fonctionnelle

L'unité fonctionnelle (UF) représente la fonction du système étudiée et c'est à cette unité que les impacts environnementaux seront rapportés (**ISO, 2006a**). L'UF choisie pour l'analyse est de 15 ml pour application cutanée, à raison d'une fois par jour pendant trois mois et une fois par semaine pour les cheveux.

### III.4. Contextes d'usage et flux de référence

#### III.4.1. Usage

Broyage du fruit pour la récupération des graines et l'extraction de l'huile à usage cosmétologique.

#### III.4.2. Flux de référence

Pour pouvoir évaluer d'une manière complète l'impact de l'huile extraite à partir des graines, le flux de référence est défini pour le système étudié de chaque wilaya :

- Quantité de figue de barbarie utilisée, rapportée à l'UF.
- Quantité de grains du fruit utilisée, rapportée à l'UF.
- Quantité d'énergie utilisée, rapportée à l'UF.
- Quantité de détergents utilisée, rapporté à l'UF.

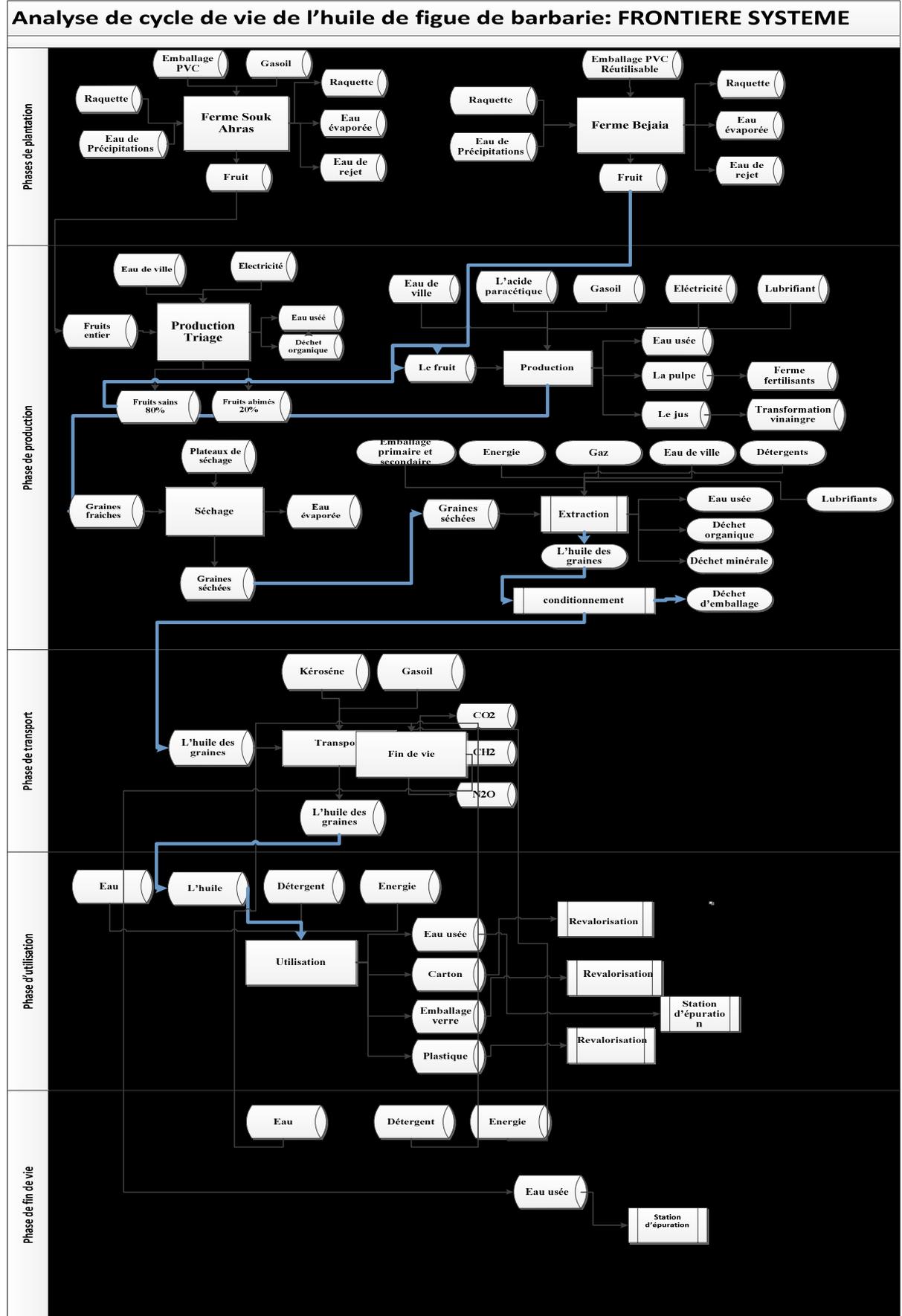
### III.5. Frontière des systèmes

La frontière du système détermine les processus élémentaires qui doivent figurer dans l'étude d'ACV de la figue de barbarie (**ISO, 2006a**), dans les phases de plantation, du triage, de la production, d'utilisation et fin de vie de comme l'illustre la figure 6.

### III.6. Hypothèses

Certaines hypothèses ou choix, mentionnés ci-dessous, ont du être faits pour mener cette étude, nous supposons ainsi <sup>21</sup> ;2que :

- 80% des figues de barbarie est orienté pour la production de l'huile pour Bejaia et Souk Ahras et 20% pour la consommation humaine.
- la quantité d'eau nécessaire pour la douche et le lavage de la serviette à la main est de 20L.
- La quantité de détergents (shampoings, savon et lessive) nécessaires pour la douche et la lessive est de 50g
- Les eaux de nettoyages des machines, les eaux de lessive et douche sont orientés vers les stations d'épuration.
- Les déchets d'emballages du fruit et de l'huile extraite à partir des graines sont revalorisés.
- Les raquettes avant la plantation ne sont pas transportées, puisqu'elles sont récoltées directement de la ferme.



**Figure 6: Frontière du système de l'huile de la figue de barbarie**

### III.7. Inventaire du cycle de vie

Le but de l'ICV est de quantifier les interventions environnementales, c'est à- dire les émissions de polluants et les utilisations de ressources, pour chaque étape du cycle de vie du produit. Une fois quantifiées, ces données (émissions et ressources) sont agrégées tout au long du cycle de vie et rapportées à l'unité fonctionnelle. (**Van der Werf et al., 2011**)

Rappel: l'UF est de 15ml d'huile brute

- 1 Hectare donne 8 tonnes de fruits de figue de barbarie
- 800Kg de figues donnent 27Kg de graines
- 27kg de graines donne 1L d'huile

En rapportant ces valeurs à l'UF:

- 12Kg de figue de barbarie extrait 15 ml d'huile.
- Les données de la phase de distribution sont répertoriées dans l'annexe 15

- La fiche technique de l'huile est illustrée dans le tableau ci-après:

**Tableau I:** Fiche technique de l'huile de figue de barbarie

Région	Quantité de graine (kg)	Production en huile (ml)	Rendement (ml/kg)
Bejaia	4.98	178	35,74
Souk Ahras	5	150	30

- Dans le cadre de notre étude qui est comparative entre l'huile de figue de barbarie des deux localités, il est nécessaire d'utiliser des coefficients permettant de fixer une UF pour chacun d'entre eux. Dans ce cas, un coefficient d'UF de 0.838 a été utilisé, afin d'uniformiser les calculs.

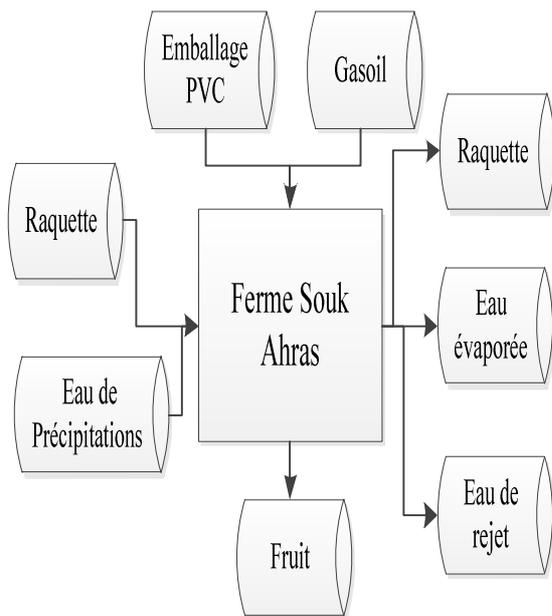
Les résultats de l'estimation des différentes catégories d'impacts sélectionnées, correspondants aux phases de cycle de vie de la figue de barbarie, sont présentés dans des tableaux et représentations graphiques comme suit :

- Phase de plantation (**Tab.II et Fig.6, 7**);
- Phase de triage (**Tab.III et Fig.8**);
- Phase de production (**Tab.IV,V,VI, VII et Fig.9**);
- Phase de distribution (**Tab.VIII, et Fig.10**);
- Phase de d'utilisation (**Tab.IX et Fig.11**);
- Phase de fin de cycle (**Tab.X et Fig.12**).

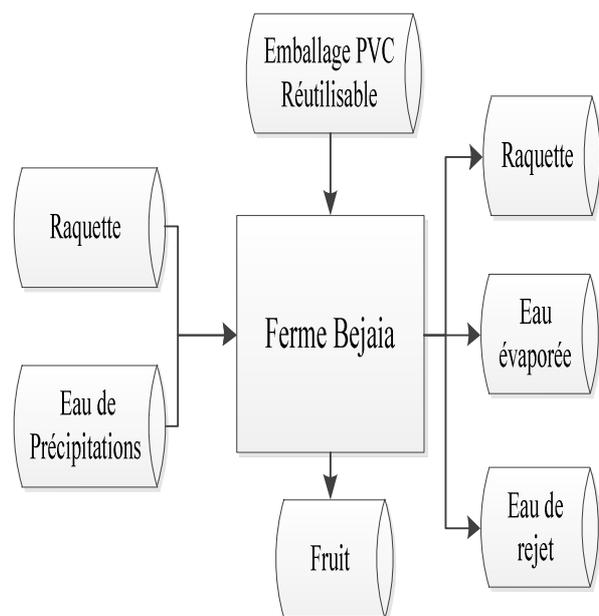
**a. Phase de plantation**

**Tableau II** : Entrants et les extrants de la phase de plantation à Souk Ahras et Bejaia

Life cycle data: SOUK Ahras et Bejaia				
Inputs	Quantity in data cards	Quantity according FU Bejaia	Quantity according FU Souk Ahras	Unit
Raquettes	3,35E+03	4,48E+00	5,35E+00	Kg
Gasoil	4,00E+01	0,00E+00	5,36E-02	KWh
Outputs	Quantity in data cards	Quantity according FU	Quantity according FU	Unit
Figues de barbarie	8,00E+03	1,34E+00	1,60E+00	Kg
Déchets organiques	1,89E+02	2,36E-02	3,02E+00	Kg



**Figure 07** : Entrants et les extrants de plantation à Souk Ahras

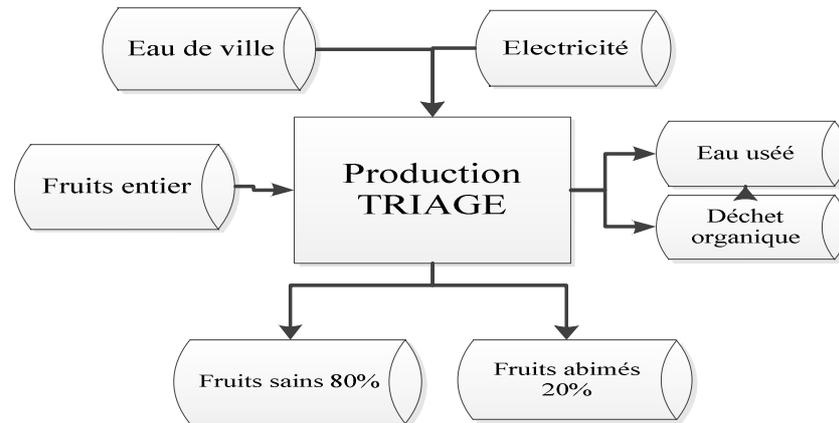


**Figure 08** : Entrants et les extrants de la phase de plantation à Bejaia

**b. Phase de triage**

**Tableau III:** Entrants et les extrants de la phase de triage à Souk Ahras et Bejaia

Life cycle data: Triage Souk Ahras et Bejaia				
Inputs	Quantity in data cards	Quantity according FU Souk Ahras	Quantity according FU Bejaia	Unit
Figue de barbarie	1,00E+03	1,60E+00	1,34E+00	<b>Kg</b>
Eau contenue dans le fruit	6,67E+02	1,07E+00	8,93E-01	<b>L</b>
Eau	1,89E+03	3,02E+00	2,53E+00	<b>L</b>
Electricité	4,00E+00	6,39E-03	5,36E-03	<b>Kg</b>
Outputs	Quantity in data cards	Quantity according FU	Quantity according FU	Unit
Figues de barbarie S 20%	2,00E+02	3,20E-01	2,68E-01	<b>Kg</b>
Figue de barbarie DC 80%	8,00E+02	1,28E+00	1,07E+00	<b>Kg</b>
Eaux usées	1,65E+03	2,64E+00	2,22E+00	<b>L</b>
Déchets organiques	1,00E+02	1,60E-01	1,34E-01	<b>Kg</b>



**Figure 09 :** Entrants et les extrants de la phase de triage à Souk Ahras et Bejaia

**c. La phase de production**

**Etape 1 : séparation des graines**

	<b>Compte rendu technique</b>	<b>Analyse cycle de vie</b>	<b>Version : 1.0</b>
	<b>Etude comparative : ACV de la figue de barbarie de la Kabylie et celle de Souk Ahras</b>	<b>Matériels et Méthodes</b>	<b>P :26</b>

**Tableau IV** : Entrants et les extrants de la phase de séparation des graines

<b>Life cycle data: production étape 1 séparation des graines à Souk Ahras et Bejaia</b>				
<b>Inputs</b>	<b>Quantity in data cards</b>	<b>Quantity according FU Souk Ahras</b>	<b>Quantity according FU Bejaia</b>	<b>Unit</b>
Figue de barbarie	8,0000E+02	1,2736E+00	1,0672E+00	<b>Kg</b>
Plateau de séchage	1,0000E+00	1,5919E-03	1,3340E-03	<b>L</b>
Electricité	5,2000E-02	8,2781E-05	6,9370E-05	<b>L</b>
Eau	1,0000E+03	1,5919E+00	1,3340E+00	<b>Kg</b>
Acide per acétique	6,0000E-01	9,5516E-04	8,0043E-04	<b>Unit</b>
<b>Outputs</b>	<b>Quantity in data cards</b>	<b>Quantity according FU</b>	<b>Quantity according FU</b>	<b>Kg</b>
Graines	2,7000E+01	4,2982E-02	3,6019E-02	<b>Kg</b>
Pulpe	7,7300E+02	1,2306E+00	1,0312E+00	<b>L</b>
Eau usée	1,0000E+03	1,5919E+00	1,3340E+00	<b>Kg</b>

- **Etape 2 : Séchage des graines**

**Tableau V** : Entrants et les extrants de la phase de séchage des graines

<b>Life cycle data: production étape 2 séchage des graines</b>				
<b>Inputs</b>	<b>Quantity in data cards</b>	<b>Quantity according FU Souk Ahras</b>	<b>Quantity according FU Bejaia</b>	<b>Unit</b>
Graine fraîche	2,70E+01	4,84E-01	4,05E-01	<b>Kg</b>
L'eau dans la graine	1,35E+00	2,42E-02	2,08E-01	<b>L</b>
Emballage	1,00E+00	1,79E-02	1,50E-02	<b>Kg</b>
Electricité	5,20E-02	9,32E-04	7,81E-04	<b>KWh</b>
<b>Outputs</b>	<b>Quantity in data cards</b>	<b>Quantity according FU</b>	<b>Quantity according FU</b>	<b>Unit</b>
Graines séchées	2,50E+01	4,48E-01	3,75E-01	<b>Kg</b>
Eau évaporée	2,00E+00	3,58E-02	3,00E-02	<b>Kg</b>

- **Etape 3 : Extraction des huiles et conditionnement (vrac)**

	Compte rendu technique	Analyse cycle de vie	Version : 1.0
	Etude comparative : ACV de la figue de barbarie de la Kabylie et celle de Souk Ahras	Matériels et Méthodes	P :26

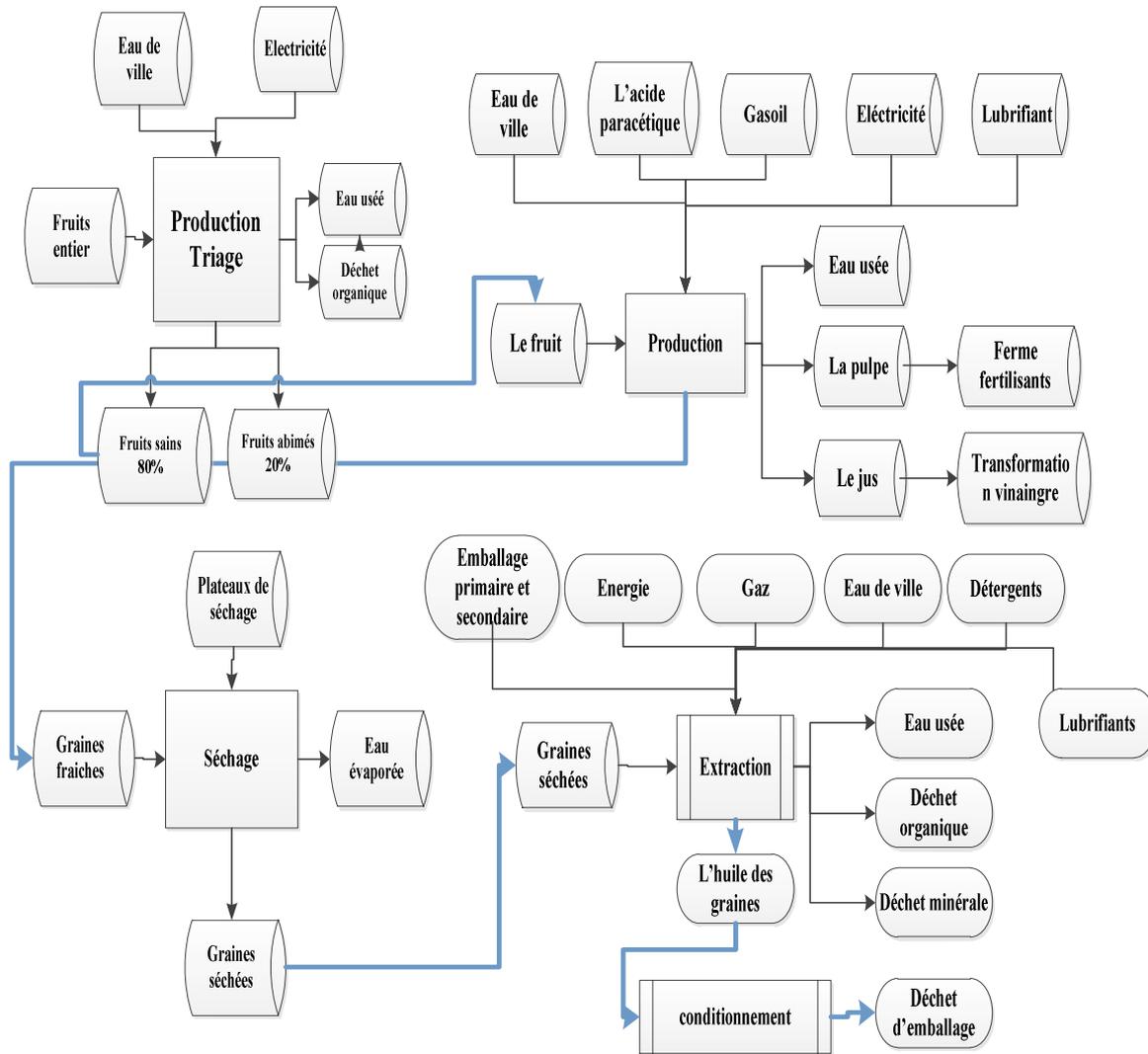
**Tableau VI :** Entrants et les extrants de la phase d'extraction des huiles et mise sous emballage vrac ;

<b>Life cycle data: production étape 3 extraction des huiles et mise sous emballage vrac</b>				
<b>Inputs</b>	<b>Quantity in data cards</b>	<b>Quantity according FU Souk Ahras</b>	<b>Quantity according FU Bejaia</b>	<b>Unit</b>
Graines séchées	2,50E+01	4,48E-01	3,7538E-01	<b>Kg</b>
Emballage multicouche	1,00E+00	1,79E-02	1,5015E-02	<b>Kg</b>
Electricité	5,20E-02	9,32E-04	7,8078E-04	<b>KWh</b>
Eau	1,00E+03	1,79E+01	1,5015E+01	<b>Kg</b>
Acide peracétique	6,00E-01	1,08E-02	9,0090E-03	<b>Kg</b>
<b>Outputs</b>	<b>Quantity in data cards</b>	<b>Quantity according FU</b>	<b>Quantity according FU</b>	<b>Unit</b>
L'huile	1,00E+00	1,79E-02	1,5015E-02	<b>L</b>
Tourteaux	2,40E+01	4,30E-01	3,6036E-01	<b>Kg</b>
Eau usée	1,00E+03	1,79E+01	1,5015E+01	<b>L</b>

#### **Etape 4 : Conditionnement (flacon)**

**Tableau VII :** Entrants et les extrants de la phase d'extraction d'huiles et emballé flacon

<b>Life cycle data: production étape 4 mise sous emballage flacon</b>				
<b>Inputs</b>	<b>Quantity in data cards</b>	<b>Quantity according FU Souk Ahras</b>	<b>Quantity according FU Bejaia</b>	<b>Unit</b>
L'huile	1,00E+00	1,79E-02	1,5015E-02	<b>Kg</b>
Emballage flacon	1,00E+00	1,79E-02	1,5015E-02	<b>Kg</b>
Electricité	5,20E-02	9,32E-04	7,8078E-04	<b>KWh</b>
Eau	1,00E+03	1,79E+01	1,5015E+01	<b>L</b>
Acide peracétique	6,00E-01	1,08E-02	9,0090E-03	<b>Kg</b>
<b>Outputs</b>	<b>Quantity in data cards</b>	<b>Quantity according FU</b>	<b>Quantity according FU</b>	<b>Unit</b>
Huile cosmétique	1,00E+00	1,79E-02	1,5015E-02	<b>L</b>
Déchets minéraux	1,00E+00	1,79E-02	1,5015E-02	<b>Kg</b>
Eau usée	1,00E+03	1,79E+01	1,5015E+01	<b>L</b>

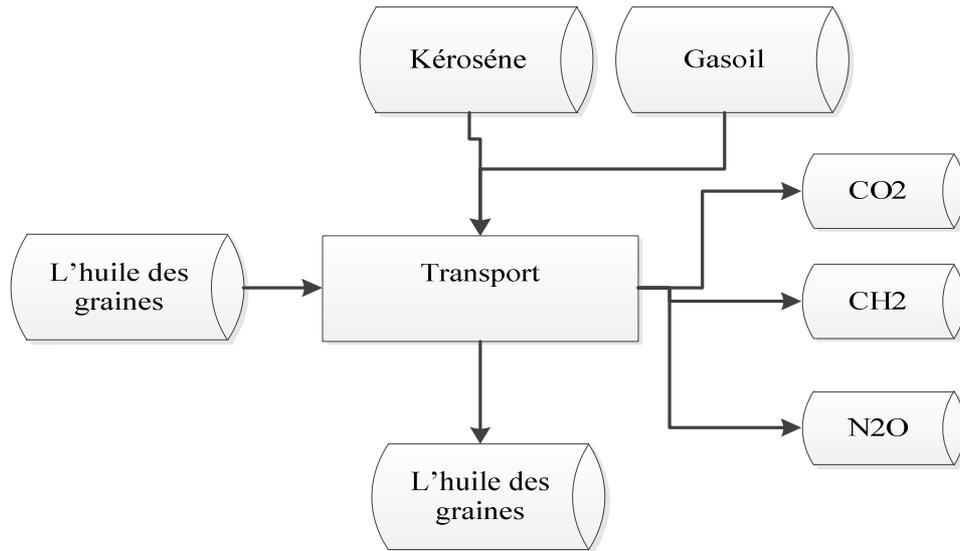


**Figure 10 :** Entrants et les extrants de la phase de production à Souk Ahras et Bejaia

#### d. La phase de distribution

**Tableau VIII :** Entrants et les extrants de la phase de distribution à Souk Ahras et Bejaia

Life cycle data: Distribution Souk Ahras et Bejaia				
Inputs	Quantity in data cards	Quantity according FU Bejaia	Quantity according FU Souk Ahras	Unit
Kérosène	1,50E-01	9,00E-05	1,08E-04	L
Diesel	1,84E+03	6,21E-01	1,10E+00	L

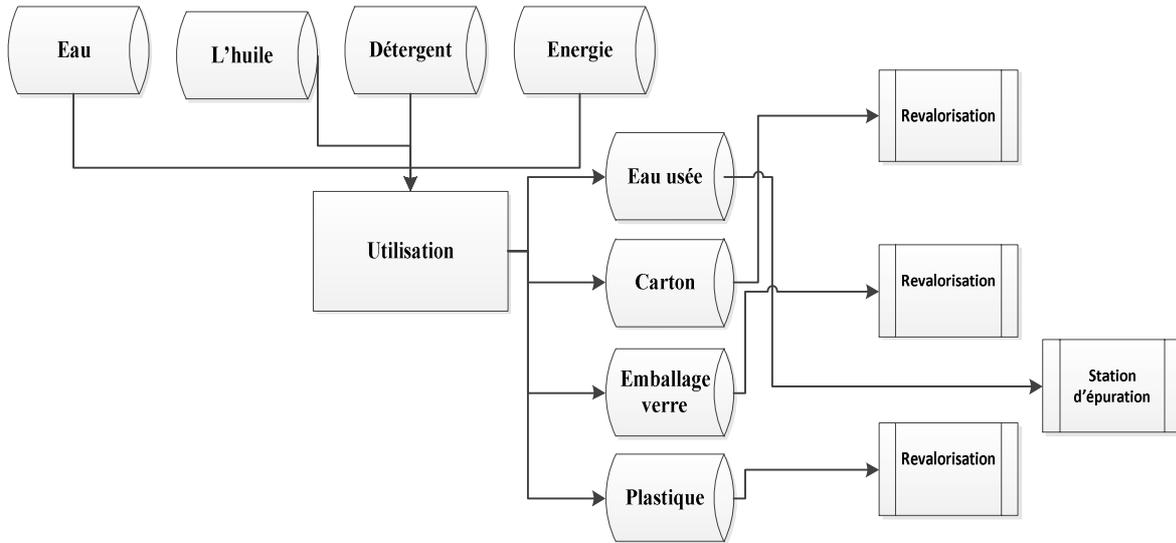


**Figure 11** : Entrants et les extrants de la phase de transport à Souk Ahras et Bejaia

### e. Phase d'utilisation

**Tableau IX**: Entrants et les extrants de la phase d'utilisation

<b>Life cycle data: l'huile 15ml</b>			
<b>Inputs</b>	<b>Quantity according FU Bejaia</b>	<b>Quantity according FU Souk Ahras</b>	<b>Unit</b>
Eau	2,00E+01	2,39E+01	<b>L</b>
Détergent	5,00E-02	5,97E-02	<b>Kg</b>
Electricité	2,00E+00	2,39E+00	<b>KWh</b>
<b>Outputs</b>	<b>Quantity according FU</b>	<b>Quantity according FU</b>	<b>Unit</b>
Eau usée	2,00E+01	2,39E+00	<b>L</b>
Phosphate dans l'eau	5,00E-02	5,97E-02	<b>Mg</b>

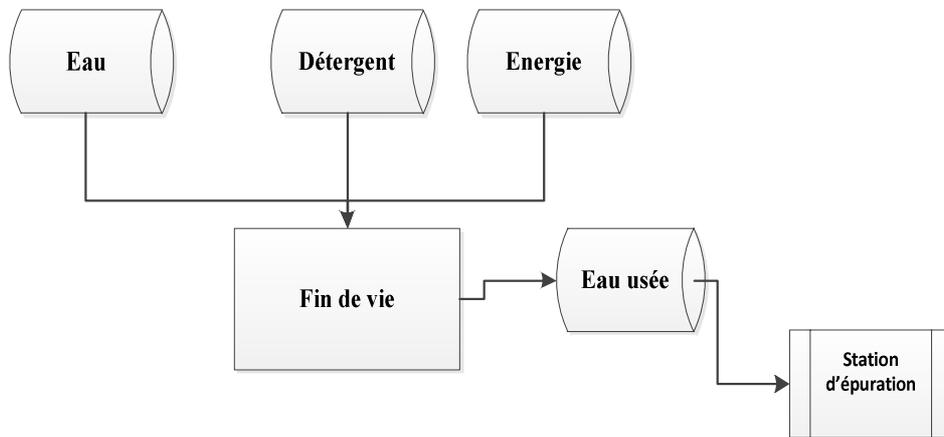


**Figure 12 : Entrants et les extrants de la phase d'utilisation**

**f. La phase de fin de vie**

**Tableau X : Entrants et les extrants de la phase de fin de vie**

Life cycle data: l'huile 15 ml			
Inputs	Quantity according FU Bejaia	Quantity according FU Souk Ahras	Unit
Eau	2,00E+01	2,39E+01	L
Détergent	5,00E-02	5,97E-02	kg
Electricité	2,00E+00	2,39E+00	kWh
Outputs	Quantity according FU	Quantity according FU	Unit
Eau usée	2,00E+01	2,39E+00	L
Phosphate dans l'eau	5,00E-02	5,97E-02	mg



**Figure 13 : E**

ntrants et les extrants de la phase de fin de vie

### III.8. Evaluation d'impact du cycle de vie de l'huile

Le but de l'évaluation de l'impact est de comprendre et évaluer l'ampleur et l'importance des impacts potentiels associés aux émissions de polluants et des utilisations de ressources répertoriés lors de l'inventaire. **(Van der Werf et al., 2011)**

#### - Méthodes de calcul

Les données récoltées ont été converties en fonction de l'UF. Les résultats sont exprimés comme suit :

**Impact empreinte eau** = Facteur de caractérisation (Aware) . X  
**Empreinte Carbone** = Facteur de caractérisation (ReCiPE) . X  
**Impact écotoxicité** = Facteur de caractérisation (USEtox) . X  
**Impact eutrophisation** = Facteur de caractérisation (ReCiPE) . X

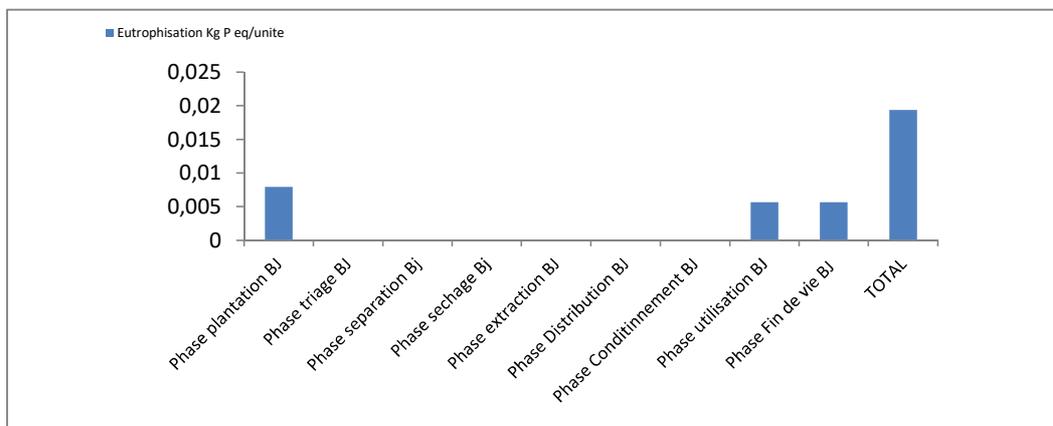
**X** : Quantité du produit en fonction de l'unité fonctionnelle

Ces calculs permettent de traduire les données d'inventaire de cycle de vie en catégorie d'impact.

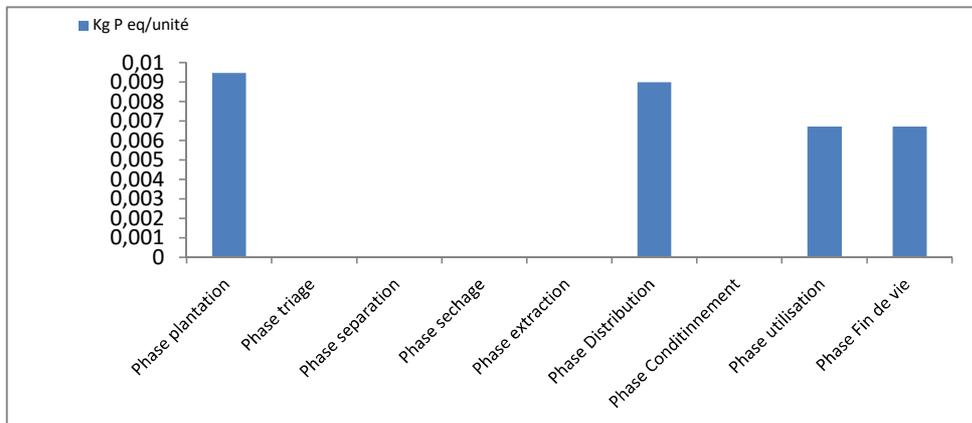
#### III.8.1. Résultats

L'évaluation des impacts d'eutrophisation (**Fig.14, 15, 16**), écotoxicité (**Fig.17, 18, 19**) eau douce, empreinte carbone (**Fig.20, 21, 22**) et empreinte eau rareté (**Fig.23, 24, 25**), pour les entrants et les extrants de chaque phase du cycle du produit des deux localités sont illustrés dans les annexes (1 à 14).

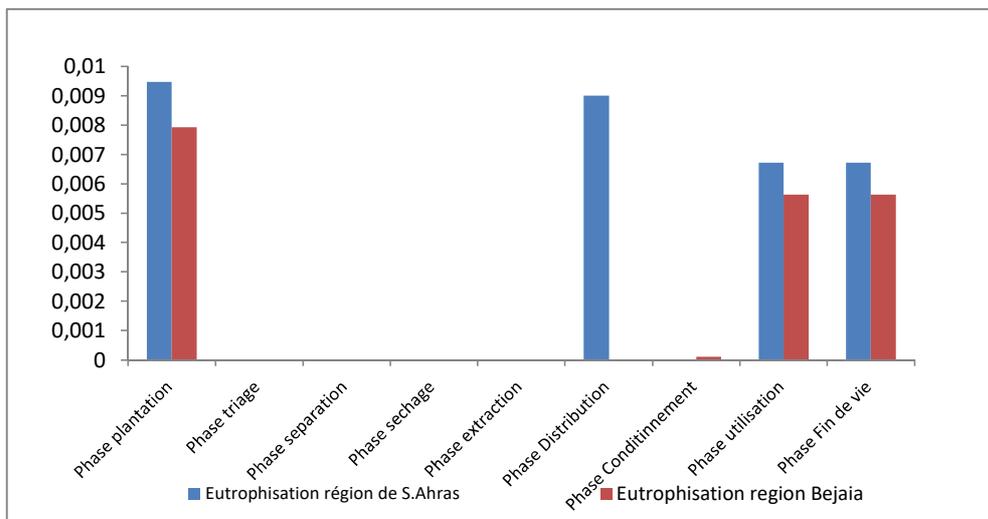
##### a. Impact eutrophisation



**Figure 14 : Impact de l'eutrophisation (Bejaia)**

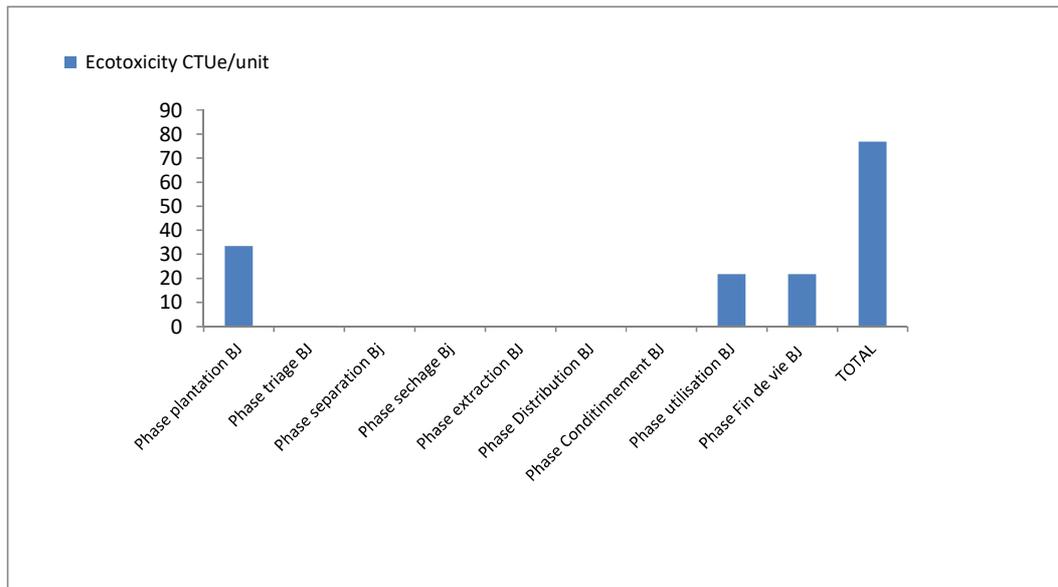


**Figure 15:** Impact de l'eutrophication à Souk Ahras

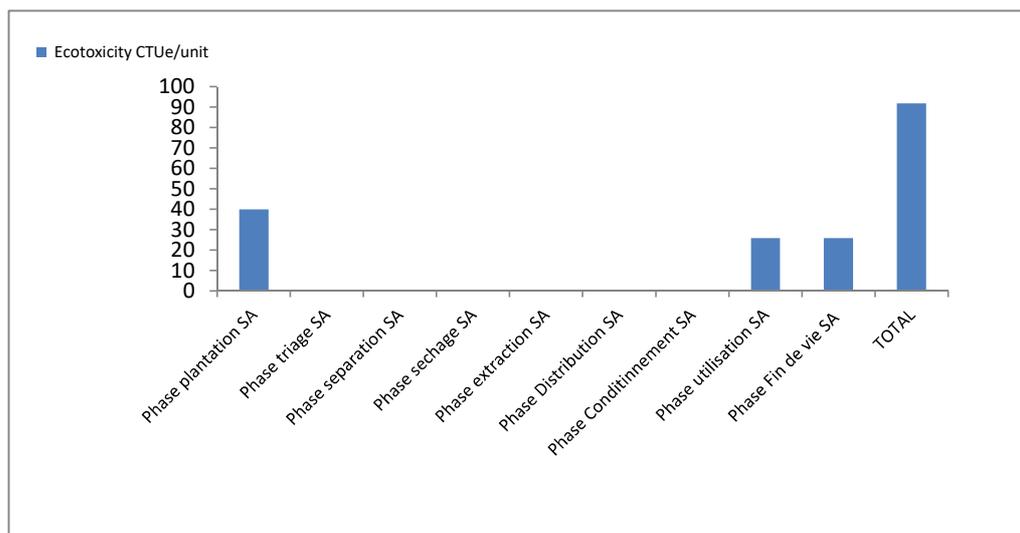


**Figure 16 :** Comparaison de l'eutrophication entre Bejaia et Souk Ahras

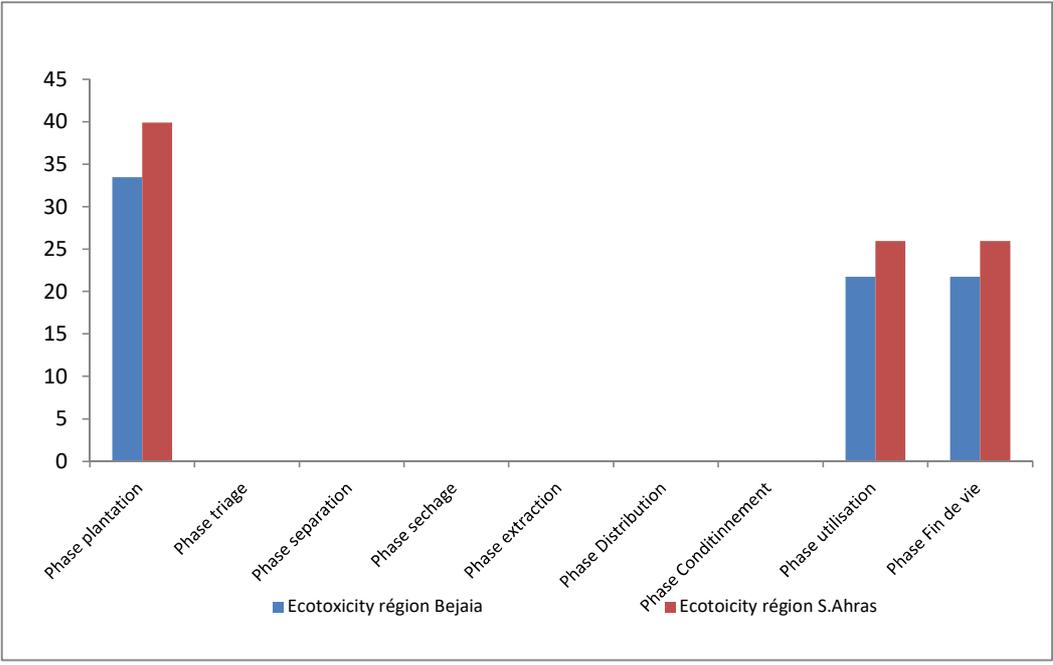
**b. Impact de l'écotoxicité eau douce**



**Figure 17 :** Impact de l'écotoxicité eau douce à Bejaia

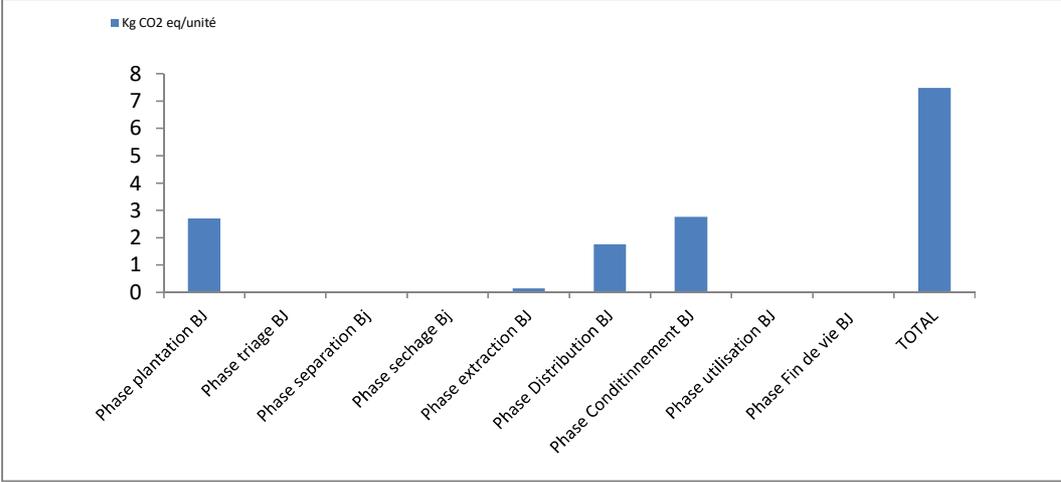


**Figure 18:** Impact de l'écotoxicité eau douce à Souk Ahras

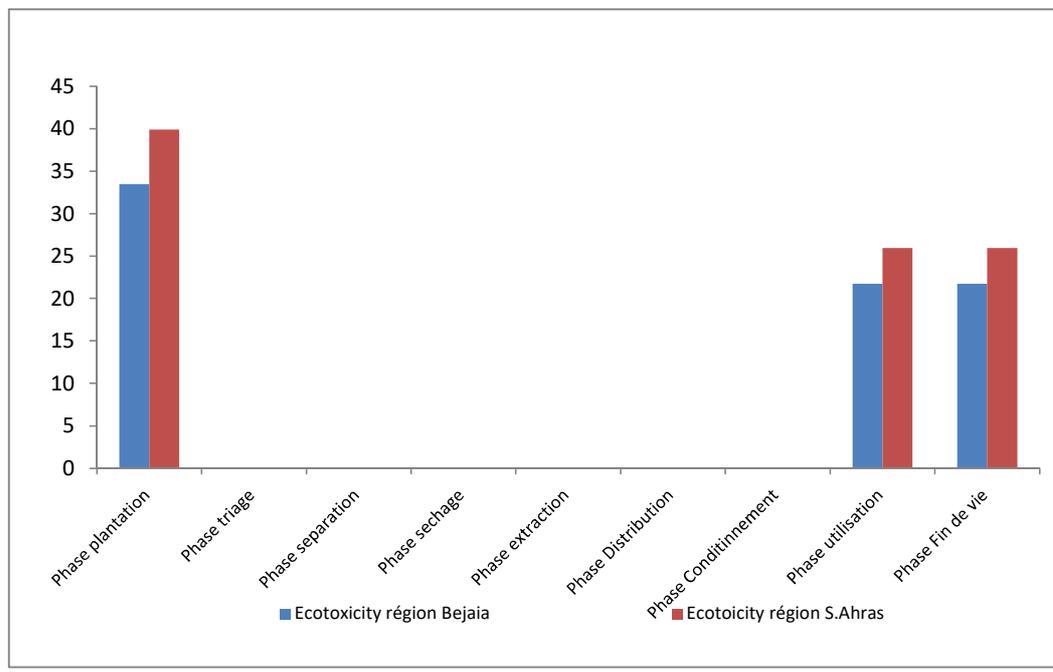


**Figure 19** : comparaison de l'écotoxicité eau douce entre Bejaia et Souk Ahras

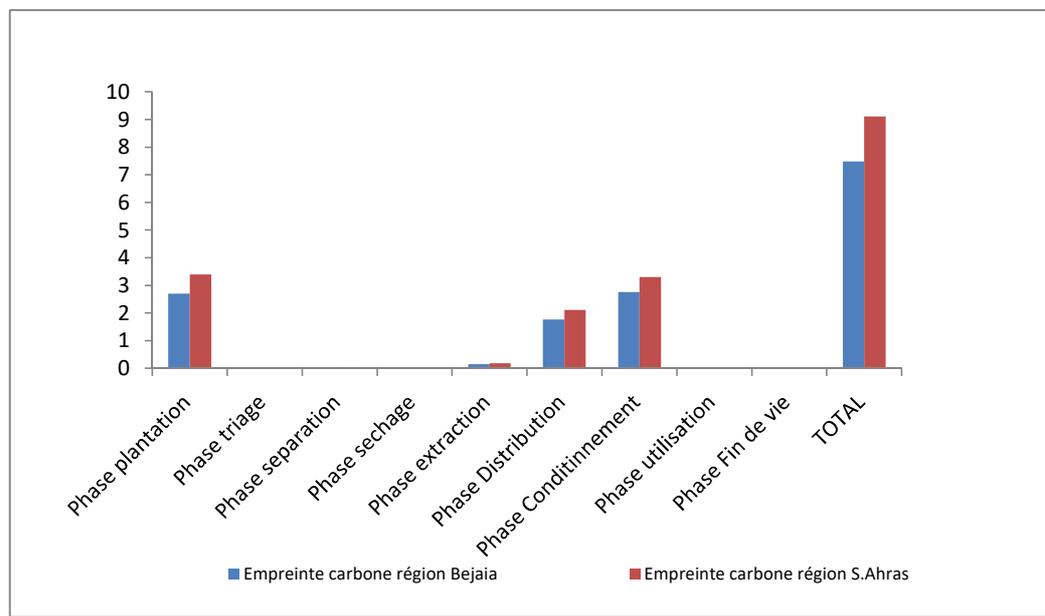
**c. Empreinte carbone**



**Figure 20** : Impact de l'empreinte carbone à Bejaia

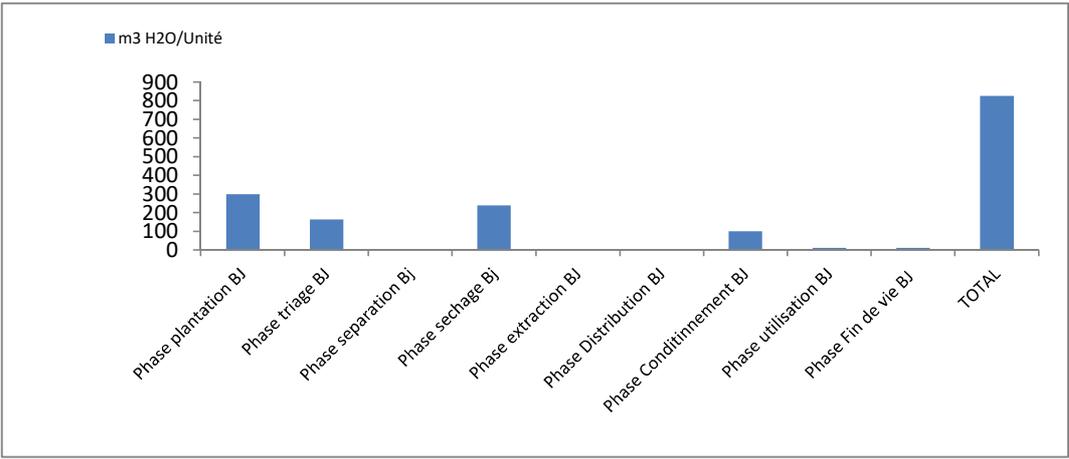


**Figure 21:** impact de l’empreinte carbone à Souk Ahras

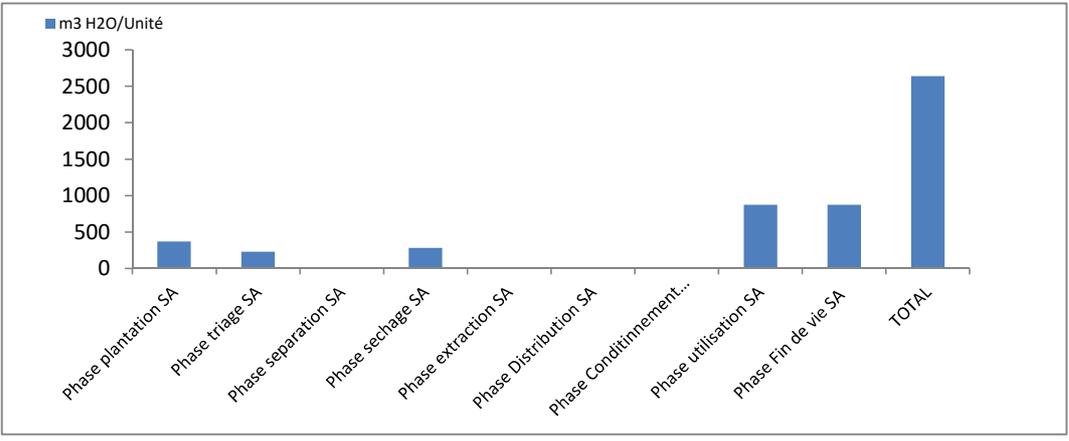


**Figure 22:** Comparaison de l’empreinte carbone entre Bejaia et Souk Ahras

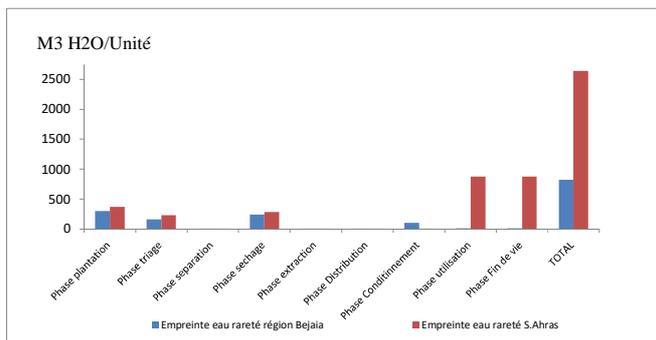
**d. Empreinte eau rareté**



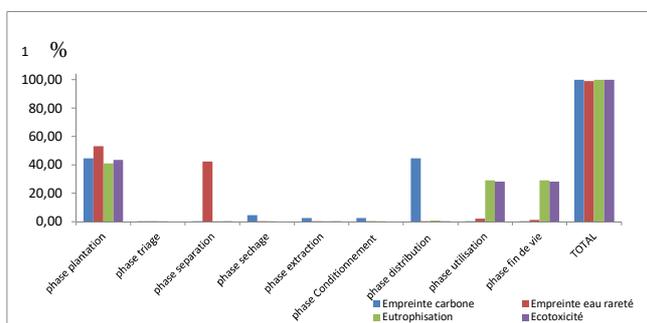
**Figure 23** : Impact de l’empreinte Eau rareté à Bejaia



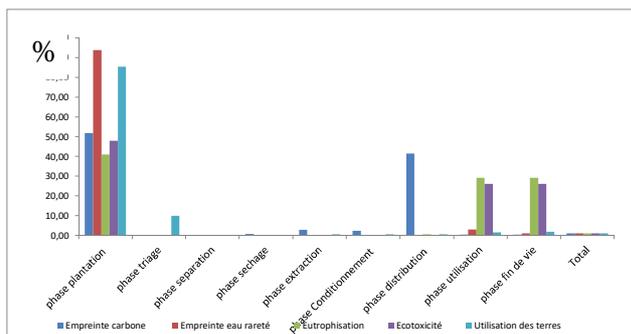
**Figure 24** : Impact de l’empreinte eau rareté à Souk Ahras



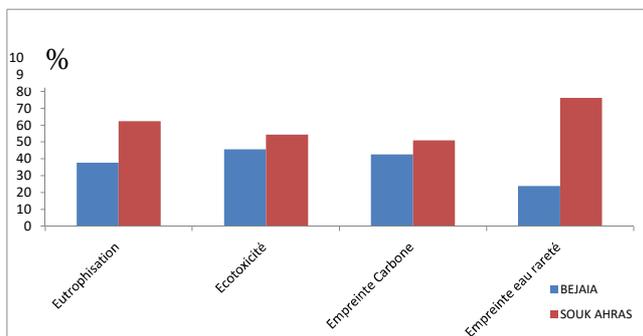
**Figure 25:** Comparaison de l’empreinte eau rareté entre Bejaia et Souk Ahras



**Tableau XXIV:** comparaison des quatre impacts entre toutes les phases de cycle de vie à Bejaia



**Figure 25** : comparaison des quatre impacts entre toutes les phases de cycle de vie à Bejaia



**Figure 27** : comparaison des totaux de chacun des quatre impacts entre Bejaia et Souk Ahras.

	Compte rendu technique	Analyse cycle de vie	Version : 1.0
	Etude comparative : ACV de la figue de barbarie de la Kabylie et celle de Souk Ahras	Matériels et Méthodes	P :26

### III.9. Interprétation du cycle de vie

Le but de l'interprétation du cycle de vie est de dégager des conclusions et des recommandations aux décideurs, en cohérence avec l'objectif et le champ de l'étude. C'est la phase où l'on évalue la valeur et la robustesse de tous les résultats, choix et hypothèses. Les objectifs initiaux de l'étude sont repris pour évaluer les résultats et proposer des conclusions voire des recommandations adaptées. **(Van der Werf et al., 2011)**

- De l'ensemble des résultats des impacts environnementaux liés au cycle de vie de la figue de barbarie, cités précédemment, il ressort que:

- L'impact eutrophisation très remarquable au niveau des phases de plantation, utilisation et fin de vie dans les deux régions, avec une part importante dans la région de Souk Ahras ; ceci est dû aux phosphates et aux nitrates contenus dans les matières organiques biodégradés et les détergents, issus de l'activité dans ces trois phases. Elle s'observe surtout dans les eaux peu renouvelées et stagnantes: le cas de Souk Ahras. On peut ainsi trouver de fortes concentrations de nitrates dans l'eau de surface, ces nitrates peuvent être lessivés vers les aquifères souterrains et contaminer les eaux de puits. L'ampleur de la contamination et sa rapidité dépendent à la fois du type de sol et de la profondeur de la source d'eau. Le lessivage des nitrates se produit plus facilement dans les sols sablonneux légers que dans les sols argileux. Les puits de surface sont plus souvent contaminés que les puits forés dans les aquifères profonds **(Barna et al, 2006)**.
- Par le mécanisme biochimique des cellules végétales de la raquette, le malate est activement transporté du cytosol vers la vacuole, où il est converti en acide malique, conduisant à une augmentation notable de l'acidité. Les vacuoles des cellules du chlorenchyme occupent plus de 90% du volume cellulaire à cause de l'accumulation nocturne d'acides organiques, par effet de sédimentation lors de la décomposition des raquettes délaissés pendant la cueillette des fruits. Ces acides organiques sont libérés et augmentent l'acidité des eaux souterraines ainsi que les eaux de surfaces des deux régions et impactent essentiellement l'écosystème par l'écotoxicité **(FAO, 2017)**.
- Pour les phases utilisation et fin de vie, l'impact écotoxicité est remarquable par le fait que les détergents notamment les gels douche et les shampoings utilisés avant et après application, sont constitués de composés anionique et cationique redoutables pour les biofilms des stations d'épurations, en éliminant les microorganismes qui les constituent ce qui va engendrer le non rendement de ces stations.

	<b>Compte rendu technique</b>	<b>Analyse cycle de vie</b>	<b>Version : 1.0</b>
	<b>Etude comparative : ACV de la figue de barbarie de la Kabylie et celle de Souk Ahras</b>	<b>Matériels et Méthodes</b>	<b>P :26</b>

- Nous remarquons que l’empreinte carbone est plus importante dans la phase transport par rapport à d’autres phases même si ce n’est pas significatif devant l’impact rareté d’eau, mais l’émission des gaz CO<sub>2</sub> et CH<sub>4</sub> contribue véritablement à l’échelle planétaire au réchauffement climatique.
- L’empreinte rareté d’eau représente 9 fois l’ensemble des impacts recherchés, les phases les plus importantes sont celle de triage, production, utilisation et fin de vie. par contre pour la phase de plantation la rareté est représentée dans les raquettes lors de la plantation, le temps nécessaire pour donner le fruit et les déchets organiques, laissés sur le sol lors de la cueillette.

Sur toutes les phases étudiées et par apport à tous les impacts évalués nous constatons que la région de Bejaia est moins impactant que celle de Souk Ahras, dans les mêmes conditions de la ferme jusqu’à la fin de vie du produit. Cela est lié essentiellement au climat très favorable pour la culture de la figue de barbarie, cultivées à des fins d’extraction des huiles des graines vu que le rendement des graines à Bejaia est plus important que celui de Souk Ahras.

	<b>Compte rendu technique</b>	<b>Analyse cycle de vie</b>	<b>Version : 1.0</b>
	<b>Etude comparative : ACV de la figue de barbarie de la Kabylie et celle de Souk Ahras</b>	<b>Matériels et Méthodes</b>	<b>P :26</b>

## Conclusion

A l'instar de l'analyse des données recueillies, il ressort la présence d'impacts environnementaux potentiels et variables au cours du cycle de vie de la figue de barbarie notamment : l'empreinte carbone, eutrophisation, empreinte eau rareté et l'écotoxicité.

L'ensemble des résultats obtenus dans cette étude ne constitue qu'une ébauche dans le domaine de l'ACV, néanmoins cette évaluation environnementale permet de dresser un constat des effets réels ou potentiels sur l'environnement du système agricole étudié. Elle n'a donc pas pour objectif de résoudre immédiatement les problèmes identifiés, mais de servir de base à la détermination de pistes d'amélioration et des programmes d'actions. A cet effet, nous proposons pour la figue de barbarie:

- Revaloriser les composés organiques issus de la culture de ce fruit ; Pour éviter que l'impact écotoxicité soit un obstacle pour l'écosystème en général et l'eau en particulier consommée par les êtres vivants des deux régions.
- De mentionner sur la notice d'application de l'huile, de rationaliser l'emploi des gels douche et des shampoings afin de sauvegarder l'écosystème.
- La prise en charge de notre étude pour développer la carmoso-culture (la culture des figues de barbarie) à des fins d'extraction d'huile dans la région de Bejaia ; le rendement important des graines de figues de barbarie pour l'extraction des huiles à Bejaia et sa répercussion sur les impacts, étudiés et évalués, dans notre système de comparaison avec celui de la région de Souk Ahras qui est plus impactant

- Il est à noter aussi l'engagement de l'université de Bejaia via le laboratoire de recherche 3BS, en matière des objectifs du Développement Durable à l'horizon 2030 ; L'analyse de cycle de vie a été adoptée comme méthode d'évaluation d'impacts des produits locaux pour la promotion d'une consommation responsable et durable.

## Références Bibliographique

- **Arba. M., (2009).** Le cactus opuntia, une espèce fruitière et fourragère pour une agriculture durable au Maroc. Sym. Inter. Agriculture Durable en Région Méditerranéenne, p. 215-222.
- **Barbera G., Carimi F., Inglese P., (1992).** Past and role of the Indian-fig prickly pear (Opuntia ficus-indica (L.) Miller, Cactaceae) in the agriculture of Sicily. Economic Botany. Pp 10-20.
- **Barna L., Benetto E., (2006).** Approche méthodologique intégrée pour l'évaluation des impacts environnementaux des filières de valorisation des résidus minéraux. Etude prospective.p211.
- **Belgacem, M., (2012).** Algeria: Valorization du fruit de figuier de Barbarie (available at [http:// dzagro.net/forums/viewtopic.php?f=97&t=2396](http://dzagro.net/forums/viewtopic.php?f=97&t=2396)).
- **Bicalho T., (2013) :** Les Limites De L'ACV Etude De La Soutenabilité D'un Biodiesel Issu D'huile De Palme Brésilienne
- **Boudechiche L., (2012).** Valorisation du figuier de barbarie en alimentation animale. Renc. Rech. Ruminants. Pp218.
- **Bouri Chaouki., (2011).** Les politiques de développement agricole. Le cas de l'Algérie.«Impact du sur le développement économique».thèse de doctorat en sciences commerciales. Université d'Oran
- **Boutakiout. A., (2015).**Etude physico-chimique, biochimique et stabilité d'un nouveau produit : jus de cladode du figuier de Barbarie marocain (Opuntia ficus-indica et Opuntia megacantha). Thèse de doctorat en sciences agronomique. Université d'Angers (France) sous le label de L'Université Nantes Angers Le Mans et l'Université de Sultan Moulay Slimane, p 187.
- **Cherif. E., (2016).** Figue de barbarie : Un cactus source de richesse. L'essentielle de l'agroalimentaire et de l'agriculture n°100.Agro ligne.68p.
- **Dumora, C, (2006).** Vivre et survivre dans une Aire d'Environnement Protégé : Le cas d'une petite paysannerie de l'APA (Área de Proteção Ambiental) de Guaraqueçaba, Paraná, Brésil.thèse de doctorat Université Victor Segalen Bordeaux.

- **Fernandez M.L., Trejo A., McNamara D.J., (1990).** Pectin isolated from Prickly pear (*Opuntia* sp) modifies low density lipoprotein metabolism in cholesterol-fed guinea pigs *J. Nutr.* Pp 1283-1290.
- **Guzman U., Arias S., Dávila P., (2003).** In: Reyes-Aguero J.A., Aguirre J.R., Valiente Banuet A., 2006. Reproductive biology of *Opuntia* : A review. *Journal of Arid Environments.* Pp549-589.
- **Habibi. Y., (2004)** ; contribution à l'étude morphologique, ultra structurale et chimique de la figue de barbarie, les polysaccharides pariétaux : caractérisation et modification chimique, Thèse de Doctorat en Chimie Organique, Université Joseph Fourier (Grenoble I), Science et Géographie, et Cadi Ayyad (Marrakech), Faculté des Sciences, p 222.
- **Helias. A., (2010).** Evaluer les dommages de nos activités, Laboratoire biotechnologie de l'Environnement, INRA.P62
- **Inglese.P., Candelario M., et NefzaouiA., SaenzC., (2017).** Crop Ecology, Cultivation and uses of Cactus Pear FAO Food Agriculture Organization p 202
- **International Standard Organisation, (2006).** Management environnemental- Analyse du cycle de vie- Exigences et lignes directrices, Normes Internationale ISO 14044, p. 49.
- **International Standard Organisation., (2006).** Management environnemental- Analyse du cycle de vie- Principes et cadre, Normes Internationale ISO 14040, p. 19.
- **International Standard Organisation., (2014).** Management environnemental- Empreinte eau- principes, exigences et lignes directrices, Normes Internationale ISO 14046, p. 36.
- **International Standard Organisation, (2013).** Gaz à effet de serre — Empreinte carbone des produits — Exigences et lignes directrices pour la quantification et la communication. Normes Internationale ISO 14067.
- **I.N.R.A.A (2011).** Institut national de recherche agronomique d'Algérie.
- **Jolliet et al, (2005)** : Analyse du cycle de vie ; comprendre et réaliser un écobilan.
- **Lamb B, (1991).** Le guide des cactus dans le monde. Delachaux et Niestlé, p. 2-144.
- **Merad M et Guillet R, 2014** : N° 66 - Avril 2012 - L'ACV (analyse du cycle de vie). Ed : Annales des Mines.152 p.
- **Mulas. M., Mulas. G. (2004).** Potentialités d'utilisation stratégique des plantes des genres *atriplex* et *opuntia* dans la lutte contre la désertification. Short and Medium -

Term Priority Environmental Action Programme. Université de Sassari, p.112

- **Neffar.S., (2012).** Etude de l'effet de l'âge des plantations du figuier de barbarie (*Opuntia ficus india* L.Miller) sur la variation des ressources naturelles (sol et végétations) des steppes algériennes de l'Est. Cas de Souk Ahras et Tebessa. Thèse de Doctorat EN Biologie Végétale, université Badji mokhtar Annaba, Faculté des Sciences, Département de Biologie. p.132
- **Nobel, P.S. , Garcia de Cortazar, V. (1991).** Growth and predicted productivity of *Opuntia ficus-indica* for current and elevated carbon dioxide. *Agron. J.*, 83: 224–230.
- **Pannard.A., Yves.M., (2017).** Eutrophisation, causes, conséquences et prédictibilité., p8.
- **Pimienta-Barrios E., (1993).** Vegetable cactus (*Opuntia*). In *Underutilized Crops: Pulses and Vegetables*. Ed J. Williams. London.UK. Pp 177-191.
- **Ramadan F., Morsel J., (2003).** Oil cactus pear (*Opuntia ficus indica* L.). *Food Chemistry*. Pp339-345.
- **Russel C.E., (1986).** Cactus, ecology and range management during drought. *Proceeding of the symposium on livestock and wild life management during drought*. CaesarKleberg wildlife researches Institute. Univ. Kingsville. Texas. Pp 59-69.
- **Saenz C., Sepulveda E., Matsuhira B., (2004).** *Opuntia* spp mucilage's: a functional component with industrial perspectives. *Journal of Arid Environments*. Pp 275-290
- **Schweizer. M., (1997).** Docteur Nopal, le médecin du Bon Dieu. Clamecy ; PARIS (France). Imprimerie Laballery, 81 p.
- **Sepulveda E., Saenz C., Aliaga E., Aceituno C., (2007).** Extraction and characterization of mucilage in *Opuntia* spp. *Journal of Arid Environments*. Pp534- 545.
- **Skiredj A. ; Walali D.M.L. & El Attis H. (1998).** Le figuier de Barbarie (*Opuntia ficus indica*). Institut Agronomique et Vétérinaire, Hassan II. Rabat.
- **Temagoult. A., (2017).** Caractérisation et Transformation de la Figue de Barbarie (*Opuntia Ficus Indica* L.), Elaboration d'une Confiture et d'une Gelée Extra. Mémoire de Magister en Technologie Alimentaire, Université Hadj Lakhdar-Batna 1 Institut des Sciences Vétérinaires et Sciences Agronomiques Département de Technologie Alimentaire, p 71.

- **Van der Werf H.M.G., Kanyarushoki C., Corson M.S., (2011).** L'Analyse de Cycle de Vie : un nouveau regard sur les systèmes de production agricole. *Innovations Agronomiques 12, 121-133*
- **Wallace R.S. and Gibson A.C. (2002).**, Cacti evolution and systematics. In : Cacti, Biology and Uses. (Nobel, P.S. Ed.).University of California Press, Berkeley, California, United States of America.P 21.
- **Wallali Loudyi. D., (1995).** Quelques espèces fruitières d'intérêt secondaire cultivées au Maroc. CIHEAM-Options Méditerranéennes, p62.

## ANNEXE 1

**Tableau 1** : l'impact d'eutrophisation et écotoxicité d'eau douce dans la ferme à Bejaia

		Eutrophisation		Ecotoxicité eau douce	
Données de cycle de vie dans la ferme BEJAIA		Factor Kg P eq/unit	Impact Kg P eq/unit	Factor CTUe/unit	Impact CTUe
Input	Quantity according FU				
Raquettes	4,484E+00	1,77E-03	7,93E-03	7,46E+00	3,35E+01
Outputs	Quantity according FU				
Déchets organique	2,36E-02	1,57E-05	3,72E-07	9,53E-05	2,25E-06
<b>Total</b>			<b>7,93E-03</b>		<b>3,35E+01</b>

**Tableau 2** : l'empreinte carbone et empreinte eau rareté dans la ferme à Bejaia

		Empreinte carbone		Empreinte Eau rareté	
Données de cycle de vie dans la ferme BEJAIA		Factor Kg CO2 eq/unit	Factor Kg CO2 eq/unit	Factor Aware	Impact CTUe
Input	Quantity according FU				
Raquettes	4,48E+00	6,00E-01	2,69E+00	6,66E+01	2,98E+02
Outputs	Quantity according FU				
Déchets organique	2,36E-02	6,00E-01	1,42E-02	3,62E+01	8,55E-01
<b>Total</b>			<b>2,70E+00</b>		<b>2,99E+02</b>

**Tableau 3** : l'impact d'eutrophisation et écotoxicité d'eau douce dans la ferme à Souk Ahras

		Eutrophisation		Ecotoxicité eau douce	
Données de cycle de vie dans la ferme S.Ahras		Factor Kg P eq/unit	Impact Kg P eq/unit	Factor CTUe/unit	Impact CTUe
Input	Quantity according FU				
Raquettes	5,35E+00	1,77E-03	9,46E-03	7,46E+00	3,99E+01
Gasoil	5,36E-02	5,42E-05	2,90E-06	5,78E-03	3,10E-04
Outputs	Quantity according FU				
Déchets organique	3,02E-01	1,57E-05	4,75E-06	9,53E-05	2,88E-05
<b>TOTAL</b>			<b>9,47E-03</b>		<b>3,99E+01</b>

## ANNEXE2

**Tableau 4** : l’empreinte carbone et empreinte eau rareté dans la ferme à Souk Ahras

		Empreinte Carbone		Empreinte Eau rareté	
Données de cycle de vie dans la ferme S.AHRAS		Factor Kg CO2 eq/unit	Factor Kg CO2 eq/unit	Factor Aware	Impact CTUe
Input	Quantity according FU				
Raquettes	5,35E+00	6,00E-01	3,21E+00	6,66E+01	3,56E+02
Gasoil	0,00E+00	6,00E-01	0,00E+00	6,66E+01	3,57E+00
Outputs	Quantity according FU				
Déchets organique	3,02E-01	6,00E-01	1,81E-01	3,62E+01	1,09E+01
<b>Total</b>			<b>3,39E+00</b>		<b>3,71E+02</b>

**Tableau 5** : l’impact d’eutrophisation et écotoxicité d’eau douce dans la ferme (triage) à Bejaia

			Eutrophisation		Ecotoxicité eau douce	
Données de cycle de vie dans la ferme BEJAIA			Factor Kg P eq/unit	Impact Kg P eq/unit	Factor CTUe/unit	Impact CTUe
Input	Quantity according FU	UNIT				
Figue de barbarie	1,3394E+00	Kg	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
Eau contenu dans le fruit	8,9294E-01	L	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
Eau	2,5315E+00	L	1,59E-07	4,01E-07	1,07E-06	2,71E-06
Electricité	5,3576E-03	Kw	7,34E-04	3,93E-06	4,38E-04	2,35E-06
Outputs	Quantity according FU					
Eaux usées	2,2154E+00	L	1,11E-06	2,46E-06	1,84E-06	4,08E-06
Dechet organique	1,3394E-01	Kg	1,57E-05	2,10E-06	9,52E-05	1,28E-05
<b>Total</b>				<b>8,90E-06</b>		<b>2,19E-05</b>

### ANNEXE 3

**Tableau 6** : Empreinte carbone et empreinte eau rareté dans la ferme (triage) à Bejaia

Données de cycle de vie dans la ferme BEJAIA			Empreinte Carbone		Empreinte eau Rareté	
Input	Quantity according FU	UNIT	Factor Kg P eq/unit	Impact Kg P eq/unit	Factor Aware	Impact rareté
figue de barbarie	1,3394E+00	Kg	1,77E-03	2,37E-03	6,45E+01	0,00E+00
Eau contenu dans le fruit	8,9294E-01	L	0,00E+00	0,00E+00	6,45E+01	0,00E+00
Eau	2,5315E+00	L	1,59E-07	4,01E-07	6,45E+01	1,02E-05
Electricité	5,3576E-03	Kw	7,34E-04	3,93E-06	6,45E+01	4,73E-02
<b>Outputs</b>	<b>Quantity according FU</b>					
Eaux usées	2,2154E+00	L	1,11E-06	2,46E-06	6,45E+01	7,15E-05
Déchet organique	1,3394E-01	Kg	1,57E-05	2,10E-06	6,45E+01	1,01E-03
<b>Total</b>				<b>2,38E-03</b>		<b>4,84E-02</b>

**Tableau 7** : l'impact d'eutrophisation et d'écotoxicité d'eau douce dans la ferme (triage) à Souk Ahras

Données de cycle de vie dans la ferme S.AHRAS			Eutrophisation		Ecotoxicité eau douce	
Input	Quantity according FU	UNIT	Factor Kg P eq/unit	Impact Kg P eq/unit	Factor CTUe/unit	Impact CTUe
Figue de barbarie	1,5983E+00	Kg	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
Eau contenu dans le fruit	1,0656E+00	L	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
Eau	3,0209E+00	L	1,59E-07	4,79E-07	1,07E-06	3,24E-06
Electricité	6,3933E-03	KwH	7,34E-04	4,69E-06	4,38E-04	2,80E-06
<b>Outputs</b>	<b>Quantity according FU</b>					
Eaux usées	2,6436E+00	L	1,11E-06	2,93E-06	1,84E-06	4,86E-06
Déchet organique	1,5983E-01	Kg	1,57E-05	2,51E-06	9,52E-05	1,52E-05
<b>Total</b>				<b>1,06E-05</b>		<b>2,61E-05</b>

## ANNEXE 4

**Tableau 8** : Empreinte carbone et empreinte eau rareté dans la ferme (triage) à Souk Ahras

Données de cycle de vie dans la ferme S.AHRAS			Empreinte Carbone		Empreinte eau Rareté	
Input	Quantity according FU	UNIT	Factor Kg P eq/unit	Impact Kg P eq/unit	factor Aware	Impact RARETE
Figue de barbarie	1,5983E+00	Kg	5,07E-03	8,10E-03	6,45E+01	0,00E+00
Eau contenu dans le fruit	1,0656E+00	L	0,00E+00	0,00E+00	6,45E+01	0,00E+00
Eau	3,0209E+00	L	1,59E-07	4,79E-07	6,45E+01	1,02E-05
Electricité	6,3933E-03	Kw	7,34E-04	4,69E-06	6,45E+01	4,73E-02
Outputs	Quantity according FU					
Eaux usées	2,6436E+00	L	1,11E-06	2,93E-06	6,45E+01	7,15E-05
Déchet organique	1,5983E-01	Kg	1,57E-05	2,51E-06	6,45E+01	1,01E-03
<b>Total</b>				<b>8,11E-03</b>		<b>4,84E-02</b>

**Tableau 9** : l'impact d'eutrophisation et écotoxicité d'eau douce (étape de séparation)

Données de cycle de vie			Eutrophisation		Ecotoxicité eau douce	
Input	Quantity according FU		Factor Kg P eq/unit	Impact Kg P eq/unit	Factor CTUe/unit	Impact CTUe
Emballage	1,3E-03	Kg	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00
Electricité	6,9E-05	KWh	7,3E-04	5,1E-08	4,4E-04	3,0E-08
Eau	1,3E+00	L	1,6E-07	2,1E-07	1,1E-06	1,4E-06
Acide peracetique	8,0E-04	Kg	5,1E-03	4,1E-06	4,1E-03	3,3E-06
Outputs	Quantity according FU					
Pulpe	1,0E+00	Kg	1,6E-05	1,6E-05	9,5E-05	9,8E-05
Eau usée	1,3E+00	L	1,1E-06	1,5E-06	1,8E-06	2,5E-06
<b>Total</b>				<b>2,2E-05</b>		<b>1,1E-04</b>

## ANNEXE 5

**Tableau 10** : l’empreinte carbone et empreinte eau rareté (étape de séparation)

Données de cycle de vie			Empreinte carbone		Empreinte eau Rareté	
			Factor Kg P eq/unit	Impact Kg P eq/unit	Factor Aware	Impact rareté
Input	Quantity according FU	UNIT				
Emballage	1,33E-03	Kg		0,00E+00	6,4E+01	8,6E-02
Electricité	6,94E-05	KWh	2,00E+00	1,39E-04	6,4E+01	4,5E-03
Eau	1,33E+00	Kg	1,00E-02	1,33E-02	6,4E+01	8,6E+01
acide peracétique	8,00E-04	Kg	1,00E+00	8,00E-04	6,4E+01	5,2E-02
Outputs	Quantity according FU	UNIT				
Pulpe	1,03E+00	Kg	1,00E-05	1,03E-05	6,4E+01	6,6E+01
eau usée	1,33E+00	L	0,00E+00	0,00E+00	6,4E+01	8,6E+01
<b>Total</b>				<b>1,43E-02</b>		<b>2,4E+02</b>

**Tableau 11** : l’impact d’eutrophisation et écotoxicité d’eau douce (étape de séchage)

Données de cycle de vie			Eutrophisation		Ecotoxicité eau douce	
			Factor Kg P eq/unit	Impact Kg P eq/unit	Factor CTUe/unit	Impact CTUe
Input	Quantity according FU	UNIT				
Emballage	1,5015E-02	Kg		0,00E+00		0,00E+00
Electricité	7,8078E-04	KwH	7,34E-04	5,73E-07	4,38E-04	3,22E-07
Outputs	Quantity according FU	UNIT				
Eau évaporée	3,00E-02	Kg	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
<b>Total</b>				<b>5,73E-07</b>		<b>3,22E-07</b>

## ANNEXE6

**Tableau 12** : l’empreinte carbone et empreinte eau rareté (étape de séchage)

Données de cycle de vie			Empreinte carbone		Empreinte eau Rareté	
			Factor Kg P eq/unit	Impact Kg P eq/unit	Factor Aware	Impact rareté
Input	Quantity according FU	UNIT				
Emballage	1,5015E-02	Kg		0,00E+00	6,45E+01	0,00E+00
Electricité	7,8078E-04	KWh	2,00E+00	1,56E-03	6,45E+01	2,82E-02
Outputs	Quantity according FU	UNIT				
Graines sèches	3,75E-01	Kg	1,00E-01	3,75E-02	6,45E+01	0,00E+00
<b>Total</b>				<b>3,91E-02</b>		<b>2,82E-02</b>

**Tableau 13**: l’impact d’eutrophisation et écotoxicité d’eau douce (étape d’extraction et mise en emballage vrac)

Données de cycle de vie			Eutrophisation		Ecotoxicité eau douce	
			Factor Kg P eq/unit	Impact Kg P eq/unit	Factor CTUe/unit	Impact CTUe
Input	Quantity according FU	UNIT				
Emballage multicouche	1,50E-02	Kg		0,00E+00		0,00E+00
Electricité	7,81E-04	KWh	7,34E-04	5,73E-07	4,38E-04	3,42E-07
Eau	1,50E+01	Kg	1,59E-07	2,39E-06	1,07E-06	1,61E-05
Acide peracetique	9,01E-03	Kg	5,01E-04	4,52E-06	4,13E-03	3,72E-05
Outputs	Quantity according FU	UNIT				
Tourteaux	3,60E-01	Kg	1,57E-05	5,67E-06	5,29E-05	1,91E-05
Eau usée	1,50E+01	Kg	1,11E-06	1,67E-05	1,84E-06	2,76E-05
<b>Total</b>				<b>2,98E-05</b>		<b>1,00E-04</b>

## ANNEXE 7

**Tableau 14** : l'impact d'eutrophisation et écotoxicité d'eau douce (étape d'extraction et mise en emballage flacon)

Données de cycle de vie			Eutrophisation		Ecotoxicité eau douce	
Input	Quantity according FU	UNIT	Factor Kg P eq/unit	Impact Kg P eq/unit	Factor CTUe/unit	Impact CTUe
Emballage flacon	1,33E-03	Kg				
Electricité	6,94E-05	KWh	7,34E-04	5,09E-08	4,38E-04	3,04E-08
Eau	1,33E+00	Kg	1,59E-07	2,12E-07	1,07E-06	1,43E-06
Acide peracetique	8,00E-04	Kg	5,01E-04	4,01E-07	4,13E-03	3,30E-06
Outputs	Quantity according FU	UNIT				
Déchets minéraux	1,03E+00	Kg	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
Eau usée	1,33E+00	Kg	1,11E-06	1,48E-06	1,84E-06	2,45E-06
<b>Total</b>				<b>2,15E-06</b>		<b>7,22E-06</b>

**Tableau 15** : l'empreinte carbone et empreinte eau rareté (étape d'extraction et mise en emballage flacon)

Données de cycle de vie			Empreinte carbone		Empreinte eau rareté	
Input	Quantity according FU	UNIT	Factor Kg P eq/unit	Impact Kg P eq/unit	Factor Aware	Impact rareté
Emballage flacon	1,50E-02	Kg				
Electricité	7,81E-04	KWh	2,000E+00	1,56E-03	6,98E+00	5,12E-03
Eau	1,50E+01	Kg	1,00E-02	1,50E-01	6,98E+00	1,11E-06
acide peracetique	9,01E-03	Kg	1,00E-01	9,01E-04	6,98E+00	3,50E-03
Outputs	Quantity according FU	UNIT				
Déchets minéraux	1,50E-02	Kg	1,00E-05	1,50E-07	6,98E+00	0,00E+00
Eau usée	1,50E+01	Kg	0,00E+00	0,00E+00	6,98E+00	7,75E-06
<b>Total</b>				<b>1,53E-01</b>		<b>8,63E-03</b>

## ANNEXE 8

**Tableau 16** : l'impact d'eutrophisation et écotoxicité d'eau douce (étape de séparation)

Données de cycle de vie			Eutrophisation		Ecotoxicité eau douce	
INPUT	QUANTITY according FU	UNIT	Factor Kg P eq/unit	Impact Kg P eq/unit	Factor CTUe/unit	Impact CTUe
Emballage	1,5919E-03	Kg	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
Electricité	8,2781E-05	KWh	7,34E-04	6,08E-08	4,38E-04	3,63E-08
Eau	1,5919E+00	L	1,58E-07	2,52E-07	1,07E-06	1,70E-06
Acide peracetique	9,5516E-04	Kg	5,10E-03	4,88E-06	4,13E-03	3,94E-06
OUTPUTS	QUANTITY according FU					
Pulpe	1,23E+00	Kg	1,57E-05	1,93E-05	9,53E-05	1,17E-04
Eau usée	1,59E+00	L	1,11E-06	1,77E-06	1,84E-06	2,93E-06
<b>Total</b>				<b>2,63E-05</b>		<b>1,26E-04</b>

**Tableau 17** : l'impact d'effet de serre et empreinte eau rareté (étape de séparation)

Données de cycle de vie			Empreinte carbone		Empreinte eau Rareté	
Input	Quantity according FU	UNIT	Factor Kg P eq/unit	Impact Kg P eq/unit	factor Aware	Impact RARETE
Emballage	1,6E-03	Kg		0,0E+00	6,4E+01	1,0E-01
Electricité	8,3E-05	KWh	2,0E+00	1,7E-04	6,4E+01	5,3E-03
Eau	1,6E+00	Kg	1,0E-02	1,6E-02	6,4E+01	1,0E+02
Acide peracetique	9,6E-04	Kg	1,0E+00	9,6E-04	6,4E+01	6,2E-02
Output	Quantity according FU					
Pulpe	1,2E+00	Kg	1,0E-05	1,2E-05	6,4E+01	7,9E+01
Eau usée	1,6E+00	L	0,0E+00	0,0E+00	6,4E+01	1,0E+02
<b>Total</b>				<b>1,7E-02</b>		<b>2,8E+02</b>

## ANNEXE 9

**Tableau 18** : l'impact d'eutrophisation et écotoxicité d'eau douce (étape de séchage)

Données de cycle de vie			Eutrophisation		Ecotoxicité eau douce	
			Factor Kg P eq/unit	Impact Kg P eq/unit	Factor CTUe/unit	Impact CTUe
Input	Quantity according g FU	UNIT				
Emballage	1,7918E-02	Kg		0,00E+00		0,00E+00
Electricité	9,3172E-04	KWh	7,34E-04	6,84E-07	4,38E-04	3,22E-07
Output	Quantity according g FU	UNIT				
Eau évaporée	3,5835E-02	Kg	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
<b>Total</b>				<b>6,84E-07</b>		<b>3,22E-07</b>

**Tableau 19** : l'empreinte carbone et empreinte eau rareté (étape de séchage)

Données de cycle de vie			Empreinte carbone		Empreinte eau Rareté	
			Factor Kg P eq/unit	Impact Kg P eq/unit	Factor Aware	Impact rareté
Input	Quantity according FU	UNIT				
Emballage	1,7918E-02	Kg		0,00E+00	6,45E+01	0,00E+00
Electricité	9,3172E-04	KWh	2,00E+00	1,86E-03	6,45E+01	2,82E-02
Output	Quantity according FU	UNIT				
Graines sèches	4,4794E-01	Kg	1,00E-01	4,48E-02	6,45E+01	0,00E+00
<b>Total</b>				<b>4,67E-02</b>		<b>2,82E-02</b>

## ANNEXE 10

**Tableau 20** : l'impact d'eutrophisation et écotoxicité d'eau douce (étape de mise en emballage vrac/multicouche)

			Eutrophisation		Ecotoxicité eau douce	
Données de cycle de vie			Factor Kg P eq/unit	Impact Kg P eq/unit	Factor CTUe/unit	Impact CTUe
Input	Quantity according FU	UNIT				
Emballage multicouche	1,79E-02	Kg		0,00E+00		0,00E+00
Electricité	9,32E-04	KWh	7,34E-04	6,84E-07	4,38E-04	4,08E-07
Eau	1,79E+01	Kg	1,59E-07	2,85E-06	1,07E-06	1,92E-05
Acide peracetique	1,08E-02	Kg	5,01E-04	5,39E-06	4,13E-03	4,44E-05
Output	Quantity according FU	UNIT				
Tourteaux	4,30E-01	Kg	1,57E-05	6,76E-06	5,29E-05	2,27E-05
Eau usée	1,79E+01	Kg	1,11E-06	1,99E-05	1,84E-06	3,30E-05
<b>Total</b>				<b>3,56E-05</b>		<b>1,20E-04</b>

**Tableau 21** : L'empreinte carbone et empreinte eau rareté (étape de mise en emballage vrac/multicouche)

			Empreinte carbone		Empreinte eau Rareté	
Données de cycle de vie			Factor Kg P eq/unit	Impact Kg P eq/unit	Factor Aware	Impact rareté
Input	Quantity according FU	UNIT				
Emballage multicouche	1,79E-02	Kg		0,00E+00	6,45E+01	0,00E+00
Electricité	9,32E-04	KWh	2,00E+00	1,86E-03	6,45E+01	4,73E-02
Eau	1,79E+01	Kg	1,00E-02	1,79E-01	6,45E+01	1,02E-05
Acide peracetique	1,08E-02	Kg	1,00E-01	1,08E-03	6,45E+01	3,23E-02
Outputs	Quantity according FU	UNIT				
Tourteaux	4,30E-01	Kg	1,00E-05	4,30E-06	6,45E+01	1,01E-03
Eau usée	1,79E+01	Kg	0,00E+00	0,00E+00	6,45E+01	7,15E-05
<b>TOTAL</b>				<b>1,82E-01</b>		<b>8,07E-02</b>

## ANNEXE 11

**Tableau 22** : l'impact d'eutrophisation et écotoxicité d'eau douce (étape de mise en emballage flacon)

Données de cycle de vie			Eutrophisation		Ecotoxicité eau douce	
Input	Quantity according FU	UNIT	Factor Kg P eq/unit	Impact Kg P eq/unit	Factor CTUe/unit	Impact CTUe
Emballage flacon	1,79E-02	Kg	7,34E-04	1,31E-05	4,38E-04	7,85E-06
Electricité	9,32E-04	KWh	1,59E-07	1,48E-10	1,07E-06	9,97E-10
Eau	1,79E+01	Kg	5,01E-04	8,98E-03	4,13E-03	7,39E-02
Acide peracetique	1,08E-02	Kg				
Outputs	Quantity according FU	UNIT				
Déchets minéraux	1,03E+00	Kg	1,11E-06	1,14E-06	1,84E-06	1,90E-06
Eau usée	1,33E+00	Kg	1,11E-06	1,48E-06	1,84E-06	2,45E-06
<b>Total</b>				<b>9,00E-03</b>		<b>7,40E-02</b>

**Tableau 23** : l'impact d'effet de serre et empreinte eau rareté (étape de mise en emballage flacon)

Données de cycle de vie			Empreinte carbone		Empreinte eau Rareté	
INPUT	QUANTITY according FU	UNIT	Factor Kg P eq/unit	Impact Kg P eq/unit	Factor Aware	Impact rareté
Emballage flacon	1,50E-02	Kg		0,00E+00	6,98E+00	5,12E-03
Electricité	7,81E-04	KWh	2,000E+00	1,56E-03	6,98E+00	1,11E-06
Eau	1,50E+01	Kg	1,00E-02	1,50E-01	6,98E+00	3,50E-03
Acide peracetique	9,01E-03	Kg	1,00E-01	9,01E-04	6,98E+00	0,00E+00
OUTPUTS	QUANTITY according FU	UNIT				
Déchets organique	1,79E-02	Kg	1,00E-05	1,79E-07	6,98E+00	7,75E-06
Eau usée	1,79E+01	Kg	0,00E+00	0,00E+00	6,98E+00	7,75E-06
<b>Total</b>				<b>2,110E+00</b>		<b>8,64E-03</b>

## ANNEXE 12

**Tableau 24** : l'impact d'eutrophisation et écotoxicité d'eau douce (étape de distribution à Souk Ahras)

Données de cycle de vie dans la ferme SOUK AHRAS			Eutrophisation		Ecotoxicité eau douce	
Input	Quantity according FU	UNIT	Factor Kg P eq/unit	Impact Kg P eq/unit	Factor CTUe/unit	Impact CTUe
Kérosène reconverti en /diesel	1,0817E-04	L	4,4200E-05	4,7812E-09	5,7800E-03	6,2524E-07
Diesel	2,7625E+00	L	4,4200E-05	1,2210E-04	5,7800E-03	1,5967E-02
<b>SUB Total</b>				1,2211E-04		1,5968E-02

**Tableau 25** : L'empreinte carbone et empreinte eau rareté (étape de distribution à Souk Ahras)

Données de cycle de vie dans la ferme S.AHRAS			Empreinte carbone		Empreinte eau Rareté	
Input	Quantity according FU	UNIT	Factor Kg CO2 eq/unit	Factor Aware	Factor Aware	Impact CTUe
Kérosène	1,0817E-04	L	1,0000E+00	1,0817E-04	3,6210E+01	3,9169E-03
Diesel	2,7625E+00	L	1,0000E+00	2,7625E+00	3,6210E+01	1,0003E+02
<b>SUB Total</b>				2,7626E+00		1,0004E+02

**Tableau 26** : l'impact d'eutrophisation et écotoxicité d'eau douce (étape de distribution à Bejaia)

Données de cycle de vie dans la ferme BEJAIA			Eutrophisation		Ecotoxicité eau douce	
Input	Quantity according FU	UNIT	Factor Kg P eq/unit	Impact Kg P eq/unit	Factor CTUe/unit	Impact CTUe
Kérosène reconvert/diesel	9,0649E-05	L	4,4200E-05	4,0067E-09	5,7800E-03	5,2395E-07
Diesel	9,0036E-05	L	4,4200E-05	3,9796E-09	5,7800E-03	5,2041E-07
<b>SUB Total</b>	<b>2,7611E-01</b>			7,9863E-09		1,0444E-06

## ANNEXE 13

**Tableau 27:** l'empreinte carbone et d'empreinte eau rareté (étape de distribution à Bejaia)

			Empreinte carbone		Empreinte eau Rareté	
Données de cycle de vie dans la ferme BEJAIA			Factor Kg CO2 eq/unit	factor CTUe/unit	factor CTUe/unit	Impact CTUe
Input	Quantity according FU	UNIT				
Kérosène	9,0036E-05	L	1,0000E+00	9,0036E-05	3,6210E+01	1,6005E-03
Diesel	2,7611E-01	L	1,0000E+00	2,7611E-01	3,6210E+01	1,6005E-03
<b>SUB Total</b>				<b>2,7620E-01</b>		<b>3,2010E-03</b>

**Tableau 28:** l'impact d'eutrophisation et écotoxicité d'eau douce (étape d'utilisation à Paris)

			Eutrophisation		Ecotoxicité eau douce	
Données de cycle de vie à PARIS			Factor Kg P eq/unit	Impact Kg P eq/unit	Factor CTUe/unit	Impact CTUe
Input	Quantity according FU	UNIT				
Eau	2,00E+01	L	1,59E-07	3,18E-06	1,07E-06	2,14E-05
Détergent	1,12E+01	M <sup>3</sup> /Kg	5,00E-04	5,62E-03	4,10E-03	4,60E-02
Electricité	5,69E-03	M <sup>3</sup> /KWh	7,00E-04	3,98E-06	4,00E-04	2,28E-06
Outputs	Quantity according FU					
Eau usée	2,00E+01	L	1,11E-06	1,13E-05	1,84E-06	3,68E-05
Phosphate to water	5,00E-02	Kg	3,30E-01	0,00E+00	4,34E+02	2,17E+01
<b>Total</b>				<b>5,63E-03</b>		<b>2,17E+01</b>

## ANNEXE 14

**Tableau 29:** l’empreinte carbone et empreinte eau rareté (étape d’utilisation à Paris)

Données de cycle de vie à PARIS			Empreinte carbone		Empreinte eau Rareté	
Input	Quantity according FU	UNIT	Factor Kg P eq/unit	Impact Kg P eq/unit	factor CTUe/unit	Impact CTUe
Eau	2,00E+01	L	1,59E-07	3,18E-06	3,62E+01	5,76E-06
Détergent	1,12E+01	M <sup>3</sup> /Kg	5,00E-04	5,62E-03	3,62E+01	1,81E-02
Electricité	5,69E-03	M <sup>3</sup> /KWh	7,00E-04	3,98E-06	3,62E+01	2,53E-02
Outputs	Quantity according FU					
Eau usée	2,00E+01	l	1,11E-06	2,22E-05	3,62E+01	4,02E-05
Phosphate to water	5,00E-02	kg	3,30E-01	1,65E-02	3,62E+01	1,19E+01
<b>Total</b>				<b>2,21E-02</b>		1,20E+01

## ANNEXE 15

<b>Distance Bejaia-Alger A/R</b>	460	<b>Km</b>
<b>Souk Ahras - alger A/R</b>	1098,4	<b>Km</b>
<b>Alger Paris A 350</b>	1.347,47	<b>Km</b>
<b>Paris Reine camion A</b>	3,70E+02	<b>Km</b>
<b>Reine paris camion R</b>	3,70E+02	<b>Km</b>
<b>Capacité de camion</b>	2,00E+01	<b>Tonnes</b>
<b>Quantité de flacon de 15 ml distribués</b>	6,67E+03	<b>Flacons</b>
<b>Quantité de l'huile exportée</b>	1,00E+02	<b>L</b>
<b>Quantité de figues de barbarie</b>	2,70E+00	<b>Tonne</b>

## Résumé

L'agriculture est un enjeu majeur dans le développement durable. La prise de conscience accrue de l'importance de la protection de l'environnement a augmenté l'intérêt pour le développement de techniques pour mieux comprendre et remédier à ces impacts environnementaux, parmi ces techniques l'analyse de cycle de vie : ACV qui est une méthode d'évaluation des impacts pour toutes les étapes du cycle de vie, elle est normalisée par la norme ISO 14040 et ISO 14044. Pour illustrer la mise en œuvre d'une ACV, un exemple d'un produit agricole: la figue de barbarie de Bejaia et celle de Souk Ahras via une étude comparative , dans Le but de comprendre et d'évaluer l'ampleur et l'importance des impacts potentiels associés aux émissions de polluants et des utilisations de ressources répertoriés lors de l'inventaire, les données récoltés sont converties en fonction de l'unité fonctionnelle grâce a des facteurs de caractérisation propre pour chacun des impacts étudiés a savoir : empreinte eau rareté, empreinte carbone ,écotoxicité et eutrophisation. Nous constatons que la région de Bejaia est moins impactant que celle de Souk Ahras, dans les mêmes conditions de la ferme jusqu'à la fin de vie du produit. L'ensemble des résultats obtenus dans cette étude ne constitue qu'une ébauche dans le domaine de l'ACV, néanmoins cette évaluation environnementale permet de dresser un constat des effets réels ou potentiels sur l'environnement du système agricole étudié.

Mots clefs : agriculture, développement durable, ACV, ISO14040, ISO14044, figue de barbarie, Bejaia, Souk Ahras, empreinte eau rareté, empreinte carbone, écotoxicité, eutrophisation.

Agriculture is a major issue in sustainable development. Increased awareness of the importance of environmental protection has increased interest in the development of techniques to better understand and address these environmental impacts, among these life cycle analysis techniques: LCA which is an impact assessment method for all stages of the life cycle, it is standardized by ISO 14040 and ISO 14044. To illustrate the implementation of a LCA, an example of an agricultural product: Bejaia barbarity and that of Souk Ahras via a comparative study, in order to understand and assess the magnitude and significance of the potential impacts associated with pollutant emissions and resource uses identified in the inventory, harvested data are converted according to the functional unit thanks to specific characterization factors for each of the impacts studied, namely: water footprint rarity, carbon footprint ron, ecotoxicity and eutrophication. We find that the region of Bejaia is less impacting than that of Souk Ahras, under the same conditions of the farm until the end of life of the product. All of the results obtained in this study are only a rough draft in the field of LCA, nevertheless this environmental assessment makes it possible to draw a statement of the real or potential effects on the environment of the agricultural system studied.

Key words: agriculture, sustainable development, ACV, ISO14040, ISO14044, prickly pear, Bejaia, Souk Ahras, water footprint rarity, carbon footprint, ecotoxicity, eutrophication.